

169938

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Fahri KARAYAKAR

Brachidontes pharaonis'de AĞIR METAL, TOTAL PROTEİN VE MDA
DÜZEYLERİ İLE ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***Brachidontes pharaonis*'de AĞIR METAL, TOTAL PROTEİN VE MDA DÜZEYLERİ İLE ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

Fahri KARAYAKAR
DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 25 / 01 / 2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu İle Kabul Edilmiştir

İmza
Prof. Dr. Cahit ERDEM
JÜRİ BAŞKANI

İmza
Prof. Dr. Nevin ÜNER
ÜYE

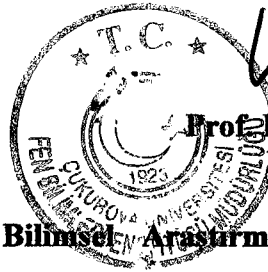
İmza
Prof. Dr. Ö. Osman ERTAN
ÜYE

İmza
Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK
ÜYE

İmza
Yrd. Doç. Dr. Özcan AY
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Biyoloji Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod no: 876



Prof. Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FEF2003D2

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
DOKTORA TEZİ

***Brachidontes pharaonis*'de AĞIR METAL, TOTAL PROTEİN VE MDA DÜZEYLERİ İLE ENZİM AKTİVİTELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

Fahri KARAYAKAR

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Cahit ERDEM

İkinci Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Yıl : 2005, Sayfa: 80

Jüri : Prof. Dr. Cahit ERDEM

Prof. Dr. Nevin ÜNER

Prof. Dr. Ö. Osman ERTAN

Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Yrd. Doç. Dr. Özcan AY

Bu araştırmada Mersin sahil şeridinde yaygın olarak bulunan *Brachidontes pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokularındaki Cu, Zn, Cd, Cr ve Pb birikim düzeyleri ile total protein, lipid peroksidasyonu ve antioksidant enzim aktivitelerinin mevsimlere bağlı incelenmesi ve çalışılan yörede bu türün biyoindikatör tür olma olasılığının saptanması amaçlanmıştır.

Araştırma 2002-2003 yıllarında Mersin kıyı şeridinde belirlenen 4 istasyonda aylık örneklemelerle yürütülmüştür. Belirlenen dokulardaki ağır metal düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometrik, biyokimyasal parametreler ise spektrofotometrik yöntemler kullanılarak saptanmıştır.

Dokulardaki metal düzeyleri ve MDA miktarının kışa doğru artma, yazın düşme, buna karşın total protein düzeyi ile antioksidant enzim aktivitelerinin yazın artma, kışın azalma gösterdiği saptanmıştır.

Kışın metal düzeyi ile MDA miktarındaki artış lipid peroksidasyonunun metal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Total protein düzeyi ve antioksidant enzim aktivitelerinde yaz mevsiminde belirlenen artış bölgedeki organik madde zenginliğinin bir göstergesi olabilir. Bu sonuçlar da *B. pharaonis*'in ortamda bulunan kirletici ajanlara karşı duyarlı bir tür olduğunu gösterir.

Anahtar Kelimeler: *Brachidontes pharaonis*, Doku Birikimi, Ağır Metal, Enzim, Protein

ABSTRACT

PhD THESIS

**SEASONAL CHANGES in LEVELS of HEAVY METALS,
TOTAL PROTEIN and MDA together with SOME ENZYME ACTIVITIES
in *Brachidontes pharaonis***

Fahri KARAYAKAR

UNIVERSITY of ÇUKUROVA

INSTITUTE of NATURAL and APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT of BIOLOGY

Supervisor: Prof.Dr. Cahit ERDEM

Vice Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK

Year : 2005, Page: 80

Jury : Prof. Dr. Cahit ERDEM

Prof. Dr. Nevin ÜNER

Prof. Dr. Ö.Ösman ERTAN

Assoc. Prof. Dr. Bedii CİCİK

Assoc. Prof. Dr. Özcan AY

Seasonal differences in accumulation of Cu, Zn, Cd, Cr and Pb in gill, hepatopancreas and muscle tissues of *Brachidontes pharaonis* and changes in levels of total protein and MDA with changes in antioxidant enzyme activity was studied to determine the possibility of the species to be an bioindicator of metal pollution in the area.

Monthly samples were collected from four stations on Mersin shoreline to determine the heavy metal and MDA levels and antioxidant enzyme activity using atomic absorption and spectrophotometric methods.

Tissue levels of heavy metals and MDA showed an increase in winter and a decrease in summer, and an inverse relationship was true for the total protein and antioxidant enzyme activities.

The increase in the amount of metal and MDA levels in winter might suggest that lipid peroxidation was a resultant of metal pollution. The increased levels of total protein and antioxidant enzyme activities in summer might reflect the organic richness of the environment. These results suggest that *B. pharaonis* is a sensitive species to environmental pollution.

Key Words: *Brachidontes pharaonis*, Tissue Accumulation, Heavy Metal, Enzyme, Protein

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocalarım Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Cahit ERDEM ve Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Bedii CİCİK'e,

Tezimin genel değerlendirilmesinde benden yardımlarını esirgemeyen Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Nevin ÜNER, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Yrd. Doç. Dr. Özcan AY, Arş.Gör. Sahire KARAYTUĞ, ve Arş.Gör. Yusuf SEVGİLER'e,

FEF-2003-D2 numaralı bu çalışmaya destekleri nedeni ile dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine, Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölüm Başkanlığı ve tüm personeline, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı ve tüm personeline,

Ağır metal analiz ölçümü için yardımlarını esirgemeyen Balıkesir Üniversitesi Temel Bilimler Araştırma Merkezi (BÜTAM) sorumlularına ve Yrd. Doç. Dr. Süphan KARAYTUĞ'a,

Maddi ve manevi desteklerinden dolayı eşim Serda KARAYAKAR, kızlarım Evrim ve Doğa'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER**SAYFA NO**

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.2 Yöntem	17
Cihazlar ve Diğer Gereçler	17
Kimyasal Maddeler	17
3.2.1. Metal Derişiminin Belirlenmesi	18
3.2.2. Biyokimyasal Analiz Yöntemleri	19
3.2.2.1. Süperoksit dismutaz Yöntemi	19
3.2.2.2. Glutasyon Peroksidaz Yöntemi	20
3.2.2.3. Katalaz Yöntemi	21
3.2.2.4. Malondialdehit Yöntemi	22
3.2.2.5. Protein Yöntemi	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
4.1. Bulgular	24
4.2. Tartışma	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	80

Çizelge 4.1.	Araştırma istasyonlarındaki fiziksel ve kimyasal özelliklerin mevsimsel değişimi	24
Çizelge 4.2.	Yaz aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.)	26
Çizelge 4.3.	Sonbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.)	26
Çizelge 4.4.	Kış aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.)	27
Çizelge 4.5.	İlkbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.)	27
Çizelge 4.6.	Yaz aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	28
Çizelge 4.7.	Sonbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	28
Çizelge 4.8.	Kış aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	29
Çizelge 4.9.	İlkbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	29
Çizelge 4.10.	Yaz aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	30
Çizelge 4.11.	Sonbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	30
Çizelge 4.12.	Kış aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	31
Çizelge 4.13.	İlkbahar aylarında örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.)	32

Çizelge 4.14.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	41
Çizelge 4.15.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	41
Çizelge 4.16.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	42
Çizelge 4.17.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	42
Çizelge 4.18.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	43
Çizelge 4.19.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	43
Çizelge 4.20.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	44
Çizelge 4.21.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	44
Çizelge 4.22.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler	45
Çizelge 4.23.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler	53

Çizelge 4.24.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler	53
Çizelge 4.25.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler	54
Çizelge 4.26.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas Total Protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler	56
Çizelge 4.27.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç Total Protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler	56
Çizelge 4.28.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas Total Protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler	57



Şekil 3.1.	Çalışma alanı yerleşim haritası	14
Şekil 4.1.	Örnekleme İstasyonlarında Ortalama (a) Sıcaklık, (b) Çözünmüş oksijen, (c) Tuzluluk, (d) İletkenlik ve (e) pH değerlerinin Mevsimsel Değişimi	25
Şekil 4.2.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in hepatopankreas dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler	33
Şekil 4.3.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler	34
Şekil 4.4.	Farklı istasyonlardan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in kas dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler	36
Şekil 4.5.	Karaduvar istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler	37
Şekil 4.6.	Deliçay istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler ..	38
Şekil 4.7.	Viranşehir istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler ..	39
Şekil 4.8.	Tece istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler ..	40
Şekil 4.9.	Karaduvar örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	45

Şekil 4.10.	Deliçay örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	46
Şekil 4.11.	Viranşehir örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	47
Şekil 4.12.	Tece örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	48
Şekil 4.13.	Karaduvar istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	49
Şekil 4.14.	Deliçay istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	50
Şekil 4.15.	Viranşehir istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler	51
Şekil 4.16.	Tece istasyonundan örneklenen <i>B. pharaonis</i> 'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler .	52
Şekil 4.17.	<i>B. pharaonis</i> 'in (a) Karaduvar, (b) Deliçay, (c) Viranşehir, (d) Tece örneklerinin solungaç, hepatopankreas ve kas dokusu MDA düzeyindeki mevsimsel değişimler	55
Şekil 4.18.	<i>B. pharaonis</i> 'in (a) Karaduvar, (b) Deliçay, (c) Viranşehir, (d) Tece örneklerinin solungaç, hepatopankreas ve kas dokusu total protein düzeyindeki mevsimsel değişimler	58

1. GİRİŞ

Su ortamına rüzgar erozyonu ve volkanik aktiviteler gibi doğal olaylar sonucu katılabilen ağır metaller, günümüzde aşırı nüfus artışı, endüstri kollarında ağır metallerin artan bir şekilde kullanımı, evsel ve endüstriyel atıkların su ortamına deşarj edilmesi ve kimyasal tarımın yaygınlaşması bu metallerin su ortamındaki derişimlerinde önemli artışa neden olmaktadır (Fergusson, 1990; Gregory ve ark., 2002). Organizmalar için belirli düzeylerde gereksinim duyulan bakır (Cu), çinko (Zn) ve demir (Fe) gibi elementlerle metabolik olaylarda işlevleri olmadığı bilinen civa (Hg), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi elementlerin belirtilen kaynaklardan su ortamına katılması, düşük derişimlerde metabolik aktif dokularda birikime, yüksek derişimlerde ise doğrudan mortaliteye ya da habitat değişimine neden olmaktadır (Hilmy ve ark., 1985; De Conto Cinier ve ark., 1999; Odzak ve ark. 2000).

Bivalvia türleri süzerek beslenmeleri, sesil olmaları ve ekolojik valanslarının geniş olması gibi nedenlerle kirlilik izleme programlarında biyoidikatör olarak kullanılmaktadırlar (Goldberg, 1975). Ayrıca yaşam ortamlarının littoral zon olması ve kirletici ajanların özellikle kıyısız kesimleri etkilemesi kirlilik çalışmalarındaki önemlerini artırmaktadır (Verriopoulos ve Dimas, 1988; Geret ve ark., 2002). Bu türler ağır metalleri, regölasyon mekanizmalarının yetersiz olması nedeniyle çevredeki derişimin birkaç katı fazlası ile dokularında biriktirebilirler (Puente ve ark., 1996; Gundacker, 1999; Chong ve Wang, 2001).

Mersin ili Doğu Akdeniz kıyı şeridinde, kuzey-güney doğrultusunda dar bir sahil şeridinde yer almaktadır. Doğusunda endüstriyel ve tarımsal, batısında ise turizm aktivitelerinin yoğun olduğu bir yerleşim bölgesidir. Kuzeyinin dağlık olması nedeniyle yoğun kimyasal tarım uygulamaları, liman şehri olması nedeniyle endüstri kuruluşlarının yoğunluğu ve yaz aylarında turizm nedeniyle nüfus artışı bölgede kirliliğe neden olan önemli etmenlerdir.

Bakır, tüm organizmalar için eser miktarlarda gereksinim duyulan temel bir elementtir. Omurgalıların kan plazmasında bulunan seruloplazmin, beyinde bulunan serebrokuproin, karaciğerde hepatokuproin ve omurgasız hayvanların solunum

pigmenti olan hemosiyanin bakır içeren proteinlerdir (George, 1991). Bunun dışında süperoksit dismutaz, askorbik asit oksidaz, sitokrom oksidaz gibi enzimler de aktiviteleri için prostetik grup olarak bakıra gereksinim duyarlar (Berman, 1980; Cousins, 1985).

Deniz organizmalarında bakırın solunumu etkilediği, yumurta üretimini düşürdüğü ve beslenme oranını azalttığı belirlenmiştir. Yüksek derişimlerdeki bakırın larval gelişim ve büyümeyi engellediği, ayrıca kortikosteroit düzeyinde değişikliğe, hemopolitik merkezlerin etkilenmesine ve bağışıklık inhibisyonuna neden olduğu saptanmıştır (Moraitou-Apostolopoulou ve Verripoulos, 1982). Hollanda'nın kuzey denizi kıyılarında 1965 yılında gözlenen bakır kirliliği besin zincirinin farklı halkalarında yüksek düzeyde mortaliteye neden olmuştur (Merlini, 1980).

Çinko organizmalarda büyüme, gelişme ve üreme gibi çeşitli metabolik ve fizyolojik olaylarda işlev yapan yaklaşık 300 kadar enzimin yapısal bileşiminde yer alan bir eser elementtir (Vallee ve Falchuk, 1993; Chan ve ark., 1998; Chen ve Young, 1998; Frederickson ve ark., 2000).

Organizmalarda çinkonun yüksek derişimleri başta antioksidant enzimler olmak üzere NADPH oksidaz, ksantin oksidaz, laktik dehidrojenaz, asit fosfataz (AcP) ve alkalen fosfataz (ALP) gibi bazı enzimlerin aktivitelerini etkileyerek metabolik bozukluklara neden olmaktadır (Eltohamy ve Younis, 1991; Afanas'ev ve ark., 1995).

Krom, sularda Cr III ve Cr VI formlarında bulunabilen bir elementtir. Krom boya üretiminde, deri ve rafineri sanayiinde, metal ve ahşap kaplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Krom doğada trivalent (Cr III) formunda bulunur ve yüksek organizasyonlu canlılarda glikoz metabolizmasında insülin hormonunun periferik aktivitesinde kofaktör olarak işlev yapar (Parlak ve ark., 1999). Heksavalent krom (Cr VI) krom III'e oranla daha toksiktir.

Kadmiyumun organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevi bilinmemekte olup çok düşük derişimlerde dokularda birikime ve toksik etkilere neden olmaktadır. Su ve sedimentde bulunan önemli akuatik kirleticilerden birini oluştururken sanayinin farklı bölümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Zelikoff ve ark., 1995). Doğada

kadmiyum cevher halinde bulunmayıp, çinko ve diğer metallerin bir ekstraksiyon ürünü olarak ortaya çıkar ve temel olarak metal kaplama, kimyasal stabilizatör, pigment ve pil üretiminde kullanılmaktadır (Fels ve ark., 1994; Coles ve ark., 1995).

Yüksek organizasyonlu canlılarda kadmiyum toksisitesinin en belirgin örneğini 1946 yılında Japonya'da kadmiyum kirlenmesi sonucu ortaya çıktığı saptanan İtai-itai hastalığı oluşturur (Nomiyama, 1980). Kadmiyum'un bivalvia'da membran bileşenlerinden fosfolipitlerle etkileşime girerek yapısal bütünlüğünü bozduğu ve hücre zarının seçici geçirgenlik özelliğini değiştirdiği saptanmıştır (Zakhartsev ve ark., 2000).

Kurşun da kadmiyum gibi organizmalarda metabolik işlevi olmayan bir elementtir. Endüstride kablo, boya, akümülatör, çini ve seramik üretiminde ve akaryakıt katkı maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Albert ve Badillo, 1991).

Su organizmalarında kurşunun özellikle beyin dokusunda yüksek derişimlerde biriktiği, monoamin oksidaz ve asetilkolin esterase enzimlerinin aktivitesini bloke ederek nöronlarda impuls iletimini engellediği belirlenmiştir (Katti ve Sathyanesan, 1983, 1986; Tulasi ve ark., 1992).

Ağır metaller bivalvlerde genellikle solungaç ve hepatopankreas gibi yumuşak dokularda yüksek derişimlerde birikebilmektedir. Bu dokuların yanı sıra kabuk, perikardiyal bezler, bisus iplikleri ve kas ağır metallerin biriktiği yapılarıdır (Gundacker, 1999). Omurgasızlarda solungaçların doğrudan ortamlarla etkileşim içerisinde olması, hepatopankreasın ise besin dönüşümünün yanı sıra toksik etkili bileşiklerin detoksifiye edildikleri merkez olması nedeni ile bu dokular ağır metal çalışmalarında hedef doku olarak seçilmektedir (Wilhelm-Filho ve ark., 2001). Bu dokulardaki yüksek birikimin nedeni metalin solungaç ve hepatopankreas hücrelerinin lizozomları tarafından fagosite edilerek depo edilmesi ve metal bağlayıcı proteinler tarafından esterleştirilerek alıkonmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Dimitriadis ve ark., 2003). Dokulardaki metal birikimi metale (Nicholson ve Szefer, 2003), organizmanın biyolojik özelliklerine (Liang ve ark., 2004) ve ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine (Licata ve ark., 2004) bağlı olarak değişim gösterir.

Su ortamında yaşayan organizmalarla yapılan araştırmalarda metabolik olayların, gonad gelişimi ve beslenme rejiminin mevsimlere bağlı değişim gösterdiği ve buna bağlı olarak toksik madde regülasyonunun değiştiği saptanmıştır (Livingstone ve Clarke, 1983). Bu durum ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki mevsimsel değişime ek olarak tarım, turizm gibi antropojenik etkilerdeki değişimlerden de kaynaklanır. Midyelerde metal birikiminin sıcaklıkla doğru, tuzlulukla ters orantılı olması, filtrasyon oranının bu faktörlere bağlı olarak değişiminin sonucudur (Wong ve ark., 2000). Bivalvia'da metal birikiminin gonadal gelişim ve yumurta bırakma nedenleri ile mevsimsel değişim gösterdiği belirlenmiştir (Regoli ve Orlando, 1994).

Su organizmalarında ağır metal etkisi serbest oksijen radikallerinin oluşumunu arttırarak oksidatif strese neden olmaktadır (Kelly ve ark., 1998). Oksidatif stres sonucu ortaya çıkan toksik etkili serbest oksijen radikallerinin (SOR) derişimindeki artış süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1), katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) ve glutatyon peroksidaz (GPx; EC 1.11.1.9) gibi enzimlerin aktivitesini arttırmaktadır (Winston ve Di Giulio, 1991).

Bir metalloprotein olan SOD, enzimatik aktivite için stoplazmada bakır (Cu) ve çinko (Zn) iyonlarına, mitokondride ise manganaz (Mn) iyonuna gereksinim duymaktadır (Banarjee ve ark., 1999). Bu elementler eser miktarlarda serbest oksijen radikallerinin yanı sıra SOD enzim aktivitesini arttırarak yine toksik etkili hidrojen peroksidin (H_2O_2) oluşumu ile oksidatif stresin ortaya çıkmasını engellerler. Kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) gibi toksik etkili metallerin hücre içi derişimlerdeki artış ise SOR oluşumunu artırırken, SOD aktivitesinde inhibisyona neden olmaktadır. SOD aktivitesi sonucu derişimi artan H_2O_2 , CAT ve GPx enzimlerinin aktivasyonu ile su ve oksijene dönüştürülerek etkisiz hale getirilir (Diguiseppi ve Fridovich, 1984; Regoli ve Principato, 1995). Ağır metaller gibi toksik etkili bileşikler hücre metabolizmasının yanı sıra DNA, lipid ve protein gibi hücre bileşenlerini etkileyerek yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olmakta ve SOR derişimini arttırmaktadırlar (Halliwell, 1994).

Ağır metallerin toksik etkilerinden biri de membran lipidlerinde peroksidasyon sonucu permeabilite değişimine neden olmalarıdır (Livingstone, 1993). Lipid

peroksidasyonunun en belirgin göstergesi MDA düzeyindeki kantitatif değişimlerdir. Bivalvia ile yapılan araştırmalarda Cu, Zn ve Cd'un düşük derişimlerinin kronik, yüksek derişimlerinin akut etkisinde yumuşak dokularda MDA düzeyini arttırdığı saptanmıştır (Viarengo ve ark., 1990).

Su omurgasızları ve balıklarda metallothionein ve glutatyon gibi metal bağlayıcı proteinler ağır metalleri bağlayarak toksik etkilerinin yok edilmesinde işlev yaparlar. Ağır metallerle yapılan çeşitli araştırmalarda hepatopankreas ve solungaç dokularında total protein düzeyinin önemli ölçüde arttığı ve bu artışın metal toksisitesinin bir göstergesi olabileceği belirtilmektedir (Viarengo, 1980; Viarengo ve ark., 1985; 1988).

Mersin sahil şeridi yoğun şehirleşme, tarımsal, endüstriyel ve benzeri aktiviteler nedeniyle yüksek düzeyde ağır metal kirliliğine açık olan bir bölgedir. Su süzerek beslenmeleri sonucu ortamdaki kirlilik düzeyini yansıtmaları bakımından midyeler, kirlilik izleme programlarında biyoindikatör türler olarak kullanılmaktadırlar. Toksik maddelerin doku birikimi ve bunların protein ve antioksidant enzimler gibi biyokimyasal parametrelerde yapmış olduğu değişimler ortamdaki kirlilik düzeyini yansıtır. Bu nedenlerle bu araştırmada Mersin sahil şeridinde yoğun olarak bulunan lesepsiye tür *Brachidontes pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokularındaki Cu, Zn, Cd, Cr ve Pb birikim düzeyleri ile total protein, lipid peroksidasyonu ve antioksidant enzim aktiviteleri incelenerek bölgenin kirlilik düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Midyeler, süzerek beslendiklerinden kirleticileri, ortamdakinden çok daha yüksek düzeyde, vücutlarında biriktirebilmektedirler. Bu özellikleri nedeniyle de kıyısız bölgelerdeki kirliliğin biyoindikatörleri olarak yaygın bir şekilde kullanılırlar. Su ortamlarındaki önemli kirleticilerden biri ağır metaller olup, organizmalardaki birikimi, canlının biyolojik özelliklerinin yanı sıra ortamın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak da değişim gösterir (Philips ve Segar, 1986).

Midyelerde doku ve organlardaki birikim metale bağlı olarak değişim göstermektedir. İtalya’da deniz orjinli bir göl olan Faro gölünden 5 farklı istasyondan örneklenen *Mytilus galloprovincialis*’in yumuşak dokularında bütün bölgelerde temel metallerde Zn derişiminin Cu ve Se’den daha yüksek, toksik metallerde ise Pb>Cd>Hg şeklinde bir sıralama olduğu gözlenmiştir (Licata ve ark., 2004). *M. galloprovincialis*’in sindirim bezinde metal derişimi bakımından Zn>Cu>Pb>Cd>Cr şeklinde bir sıralama saptanmıştır (Kalpaxis ve ark., 2004). Bisuslar bir çok metalin detoksifikasyonunu gerçekleştirmesine karşın, yumuşak dokulara göre öncelikle Cu, Co, Ni, Cr, Mn ve Fe gibi temel metalleri Cd ve Pb gibi temel olmayan metallere göre daha fazla tuttuğunu göstermektedir (Nicholson ve Szefer, 2003). Metal birikimi bakımından *M. galloprovincialis*’in solungaç ve sindirim bezinde Zn>Cu>Cr>Cd şeklinde bir dizilim belirlenmiştir (Irato ve ark., 2003). Romeo ve ark., (2003)’da aynı türde benzer sonuçlar bulurken, Nasci ve ark., (1998) Zn>Pb>Cd>Cr şeklinde bir sıralama bulmuşlardır. Cd, Cu ve Pb’un farklı derişim ve sürelerde bir bivalvia türü olan *Ruditapes philippinarum*’un sindirim bezi, solungaç, ayak ve yumuşak dokularında, kontrole göre tüm sürelerde Cd ve Cu için en yüksek derişim sindirim bezinde, Pb için ise solungaç dokusunda, en düşük birikimin ise ayakta olduğu belirlenmiştir (Blasco ve Puppo, 1999). *Dreissena polymorpha*’nın solungaç dokusunda Zn>Cu>Pb>Cd, total yumuşak dokularında ise Zn>Cu>Cd>Pb şeklinde bir sıralama olduğu saptanmıştır (Gundacker, 1999).

Midyelerde metal birikimi türe bağlı olarak değişim göstermektedir. Çin’in Bohai denizi kıyılarında 8 istasyondan toplanan iki gastropod (*Rapana venosa* ve *Neverita didyma*) ve üç bivalve türünde (*M. edulis*, *Crassostrea talienwhanensis* ve

R. philippinarum) yapılan çalışmalar sonucunda Cu ve Zn'nun en fazla *C. talienwhanensis*'te, Cd'un *R. venosa*'da, Ni'in ise *R. philippinarum*'da biriktiği belirlenmiştir (Liang ve ark., 2004). Cr, Cu, Zn ve Cd derişimlerinin *M. galloprovincialis*'in sindirim bezinde, *Scapharca inaequivalvis*'de ise Cu dışında solungaçlarda yüksek olduğu saptanmıştır (Irato ve ark., 2003). *M. edulis*'de metal derişimi bakımından Zn>Cu>Ni>Pb>Cd şeklinde bir sıralama bulunurken, *Arenicola marina*'da Zn>Ni>Cu>Pb>Cd şeklinde olduğu belirlenmiştir (Zauke ve ark., 2003). İstiridyelerdeki Cu, Zn, ve Ag derişimleri midyelerdekenden önemli düzeyde yüksek iken Pb için bu değerin tam tersi bir ilişki gösterdiği saptanmıştır. İstiridye ve midyelerdeki bu derişimler eser metalleri aynı oranda biriktirebilme yeteneğine sahip olmadıklarını göstermiştir (Franco ve ark., 2002). *Mytilus trossulus* ve *Crenomytilus grayanus* türlerinin tüm yumuşak dokularında Fe, Mn, Cu, Zn gibi temel metallerin *M. trossulus*'da daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Kavun ve ark., 2002).

Omurgasızlarda ağır metal birikimi doku ve organa bağlı olarak değişim göstermektedir. *M. galloprovincialis* dokularında incelenen Cr, Cu, Zn, Cd metal derişimlerinin solungaçlara göre sindirim bezinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Irato ve ark., 2003). California körfezinden örneklenen *Vesicomys gigas*'ın farklı dokularında yapılan çalışmada Cu ve Pb için en yüksek birikimin manto'da, Cd, Fe, Hg, Mn ve Zn'nun ise solungaç dokusunda olduğu saptanmıştır (Ruelas-Inzunza ve ark., 2003). Malezya yarımadasının batı kıyıları boyunca 11 farklı bölgeden elde edilen *Perna viridis*'in total yumuşak doku ve bisuslarında Cd, Pb ve Zn derişimlerinin bütün örnekleme alanlarında bisuslardaki birikimin total yumuşak dokularından daha fazla olduğu belirlenmiştir (Yap ve ark., 2003). Laboratuvar koşullarında *M. galloprovincialis* dokularında en yüksek birikim bakımından sindirim bezi>solungaç>manto şeklinde bir sıralama belirlenmiştir (Labonne ve ark., 2002). Japonya ve Kore'de sanayi bölgelerine yakın kıyı sularından örneklenen *M. edulis*'de Cu, Pb, Co, Ni, Cr, Mn ve Fe gibi metallerin bisus ipliklerinde yüksek değerler sergilediği gözlenmiştir (Szefer ve ark., 1997a). Bu metaller için Yemen ve Meksika kıyı sularından elde edilen *P. perna* ve *Mytella strigata* türlerinde de yumuşak dokulara oranla bisuslarda daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir (Szefer ve ark., 1997b, 1998, 1999). *M. edulis*'de kromun farklı formları ve

tabakhane deşarjı olan yerden alınan örneklerde en fazla birikim sindirim bezinde olurken bunu sırasıyla, solungaç, böbrek, manto ve kas dokusunun izlediği belirlenmiştir (Walsh ve O'Halloran, 1997). İspanya'nın Galiza kıyılarından toplanan *M. galloprovincialis*'de, Cu, Pb ve Zn'nun en fazla yumuşak dokularda, Co ve Ni'in ise kabuklarda biriktiği, Cr'un ise her iki dokuda da benzer sonuçlar gösterdiği saptanmıştır (Puente ve ark., 1996).

Omurgasızlarda metal birikimi mevsime bağlı olarak değişim göstermektedir. Mevsimlere bağlı olarak istiridye ve midyelerde temel ve temel olmayan metal derişimlerinin (Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Hg, As ve Ag) sonbahar-kış mevsimlerindeki ortalama metal derişimlerinin ilkbahar-yaz mevsimine göre daha yüksek olduğu, önemli farklılıkların sadece Zn, Ni, Ag ve Hg için bulunduğu saptanmıştır (Franco ve ark., 2002). *M. galloprovincialis*'de Cu, Zn, Cd ve Pb derişimlerinde sonbahar ve kış mevsimlerinde artış gözlenirken, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azalma olduğu belirlenmiştir (Labonne ve ark., 2001). Hong Kong'da farklı bölgelerden yaz ve kış mevsimlerinde toplanan *P. viridis*'de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn derişimlerinin incelenmesi sonucunda genel olarak tüm istasyonlardan toplanan midyelerde kış mevsiminde Cd ve Cu dışında diğer metal derişimlerinde önemli düzeyde bir azalma olduğu gözlenmiştir (Wong ve ark., 2000). Farklı bölgelerden elde edilen *M. galloprovincialis*'de metal derişimlerinin mevsimsel değişiklikleri üzerine yapılan çalışmalar sonucunda solungaç ve sindirim bezinde çalışılan metallerin (As, Cu, Fe, Mn, Pb, ve Zn) her iki organda yaz mevsimi boyunca sürekli bir azalma gözlenirken, kış mevsiminin sonunda ve ilkbahar mevsiminin başında maksimum değerler gösterdiği belirlenmiştir (Regoli, 1998). Baltık denizinin batısında bulunan Kiel körfezinde *Arctica islandica*'da Cu, Zn ve Cd'un yaz mevsimiyle karşılaştırıldığında kışın genelde düşük olduğu, Pb'da ise bunun tam tersi değerler sergilediği gözlenmiştir (Swaileh, 1996). Farklı mevsim ve farklı istasyonlardan toplanan *M. edulis*'de Cd ve Zn derişiminin mevsime bağlı olarak farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Aynı bölgeden örneklenen midyelerde Cu derişiminin önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır (Philips, 1976).

Midyelerde ağır metal birikimi tuzluluğa bağlı olarak değişim göstermektedir. *R. philippinarum* ve *P. perna*'da tuzluluk 30 ppt'den 15 ppt'ye düşürüldüğünde her

iki bivalv türünde Cd, Cr ve Zn'un alım oranlarının 1.3-3.4 kat arttığı belirlenmiştir (Chong ve Wang, 2001). *Potamocorbula amurensis* ve *Mocamo balthica* ile yapılan çalışmada tuzluluk 30 ppt'den 10 ppt'ye düşürüldüğünde Cd ve Cr alım oranlarının 1.5-2.2 kat arttığı belirlenmiştir (Lee ve ark., 1998). Laboratuvar koşullarında tuzluluk 34 ppt'den 15 ppt'ye düşürüldüğünde *M. edulis*'te Cd ve Zn'nun alım oranlarının 1.5-1.6 kat azaldığı saptanmıştır (Wang ve ark., 1996).

Midyelerde metal birikimi su derinliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Cu, Zn, Fe, Mn, Ni gibi temel metallerin doku derişiminin derinlik arttıkça daha düşük değerler gösterdiği belirlenmiştir (Kavun ve ark., 2002). Sığ bölgeden toplanan midyelerde Cu, Zn ve Cd derişiminin derin bölgelerden toplanan örneklere oranla daha yüksek değerler sergilediği belirlenmiştir (Philips, 1976).

Omurgasızlarda ağır metal birikimi örnekleme alanına bağlı olarak değişim göstermektedir. Karadeniz kıyılarından örneklenen *M. galloprovincialis* 'ın yumuşak dokularında birikim bakımından Cu, Co ve Ni'in Rize, Zn, Cd ve Pb'un Amasra, Mn'in ise en fazla Sinop istasyonu örneklerinde olduğu saptanmıştır (Topçuoğlu ve ark., 2002). Temiz ve kirli bölgeden toplanan *Mytella guyanensis*'in sindirim bezinde, kirli bölgelerden toplanan midyelerle kontrol bölgesinden toplananlar karşılaştırıldığında eser metal derişimlerinde kontrole göre artan değerler bulunduğu belirlenmiştir (Torres ve ark., 2002). Hong Kong'da üç farklı bölgeden örneklenen *P. viridis*'de Cr, Cu, Pb ve Ni derişimleri üç istasyonda da bir azalma gösterirken Cd derişiminde bir artış belirlenmiştir. Cr ve Cu derişimleri III. bölgede diğer bölgelere oranla daha az birikirken, en fazla Pb derişimi bu bölgede bulunmuş, Ni düzeyinde ise tüm bölgeler arasında önemli bir fark gözlenmemiştir (Chiu ve ark., 2000). Baltık ve Norveç denizinden örneklenen *Mya arenaria* ve *Astarte borealis*'de belirli ağır metallerin (Al, Fe, Co, Ni, Pb, Zn, Cu, Cr) toplam derişimlerinin Baltık denizi örneklerinde daha yüksek değerler gösterdiği saptanmıştır (Pempkowiak ve ark., 1999).

Doku ve organlardaki antioksidant enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyonu, ortamda bulunan metale bağlı olarak değişim gösterir. *P. perna*'nın sindirim bezinde belirli sürelerde Cd ve Cu metallerinin ayrı ayrı uygulanmasından sonra MDA düzeylerinde ve CAT aktivitesinde artış, GPx aktivitelerinde ise azalma olduğu

gözlenmiştir (Almeida ve ark., 2004). Bir midye türü olan *Bathymodiolus azoricus*'un solungacında Cd'un lipid peroksidasyonunu arttırdığı, Cu'nın azalttığı, her iki metalin de SOD ve CAT enzim aktivitelerini düşürdüğü bildirilmiştir (Company ve ark., 2004). *Unio tumidus*'ta Cu etkisinde CAT ve GPx enzim aktivitesi kontrole göre sindirim bezi ve solungaç dokusunda azalırken, SOD enzim aktivitesinde değişiklik gözlenmemiştir (Doyotte ve ark., 1997). Farklı sürelerde Cd etkisinde bırakılan tatlı su yengeci *Barytelphusa guerini*'nin antioksidant enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu ölçümü sonucunda hem solungaçlarda hem de hepatopankreasta uygulanan tüm sürelerde antioksidant enzim aktivitesi ve lipid peroksidasyonunda önemli bir artış olduğu belirlenmiştir (Venugopal ve ark., 1997). *P. viridis*'de Cd ve Hg'nın glutatyona irreversibl bir şekilde bağlanarak glutatyon salınımını stimüle eden MDA derişimini arttırdığı saptanmıştır (Prakash ve Jagannatha, 1995). Laboratuvar koşullarında Cu uygulanan *M. galloprovincialis*'in sindirim bezindeki antioksidant enzim aktiviteler kararlı veya azalış içinde iken solungaçlarda artış olduğu belirlenmiştir (Regoli ve Principato, 1995). *M. galloprovincialis*'de Cu'nın lipid peroksidasyonunu arttırdığı, Cd'un glutatyon içeriğini azaltırken, Zn'nun bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Viarengo ve ark., 1990). Midye dokularında Cd'un lipid peroksidasyonunu arttırdığı bildirilmiştir (Viarengo ve ark., 1988).

Organizmalarda antioksidant enzim aktiviteleri türe bağlı olarak değişim göstermektedir. Urdaibai ve Plentzia haliçlerinde balık ve bivalvia örnekleriyle yapılan çalışmada balık karaciğerinin, bivalve sindirim bezinden daha yüksek bir CAT aktivitesi gösterdiği ve bivalvler arasında en yüksek aktivitenin istiridyelerde bulunduğu belirlenmiştir (Orbea ve ark., 2002). Midyelerdeki CAT aktivitesinin istiridyelerdekini hemen hemen yarısı kadar olduğu bildirilmiştir (Sole ve ark., 1994).

Omurgasızlarda antioksidant enzim aktivitesi doku ve organa bağlı olarak değişim gösterir. *M. edulis*'de GPx enzim aktivitesinin solungaçlarda sindirim bezinden 2-3 kat daha yüksek olduğu gözlenirken, SOD enzim aktivitesinde ise sindirim bezinde solungaçtan daha yüksek aktivite gösterdiği saptanmıştır (Manduzio ve ark., 2004). *P. viridis*'de SOD, CAT enzim aktiviteleri ve MDA düzeyi

bakımından solungaç dokusunun total vücut dokularından daha yüksek aktiviteler sergilediği belirlenmiştir (Lau ve Wong, 2003). *M. galloprovincialis*'in dokuları arasında en yüksek GST aktiviteleri sindirim bezi>manto>kas>solungaç şeklinde olurken, *P. perna*'da sindirim bezi>kas>manto>solungaç şeklinde olduğu saptanmıştır (Kaaya ve ark., 1999). *U. tumidus*'un sindirim bezi ve solungaç dokusunda SOD enzim aktivitesi her iki dokuda benzerlik gösterirken, sindirim bezindeki CAT aktivitesinin solungaç dokusundakinden çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Cossu ve ark., 1997). *U. tumidus*'da CAT ve GPx enzim aktivitelerinde sindirim bezi solungaç dokusundan daha yüksek aktivite gösterirken, SOD enzim aktivitesinde solungaç dokusunda sindirim bezinden daha yüksek bir aktivite göstermiştir (Doyotte ve ark., 1997). Antartik deniz tarağı türü olan *Adamussium colbecki* ve Akdeniz sularında yaşayan *Pecten jacobaeus*'ta serbest radikal temizleyicilerinin (total glutasyon, vitamin E, total karotenoidler) düzeylerinin belirlenmesi ve antioksidant enzim aktivitelerinin (SOD, CAT ve GPx) değerlendirilmesi sonucunda bu aktivitelerin solungaçlara göre sindirim bezinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Viarengo ve ark., 1995).

Midyelerde antioksidant enzim aktivitesi sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermektedir. *Modiolus modiolus*'ta 5 ve 15 °C sıcaklıklarda yapılan çalışma sonucunda yaz mevsiminde total SOD aktivitelerinin 5°C'ye göre 15°C'de önemli bir şekilde yüksek olduğu, kış mevsiminde ise sıcaklıklar arasındaki aktivitelerde önemli bir ayrımın olmadığı belirlenmiştir (Lesser ve Kruse, 2004). *M. galloprovincialis* ve *P. perna*'da en yüksek aktivitelerin 30°C'de olduğu saptanmıştır (Kaaya ve ark., 1999).

Omurgasızlarda antioksidant enzim aktiviteleri mevsime bağlı olarak değişim göstermektedir. *P. viridis*'in total yumuşak dokularında SOD enzim aktivitesinin genelde ilkbahar ve yaz aylarında düşük, sonbahar ve kış aylarında yüksek bulunduğu, CAT aktivitesinin ise solungaç ve total yumuşak dokularda yaz mevsiminde minimum değer gösterdiği, MDA düzeylerinde genel olarak sonbahar ve kış aylarında artış olduğu bildirilmiştir (Lau ve ark., 2004). *M. edulis*'in solungaç dokusunda GPx enzim aktivitesi kış mevsiminde azalırken, sindirim bezinde mevsimsel dalgalanmalar olduğu belirlenmiştir (Manduzio ve ark., 2004).

Antioksidant enzim aktivitelerinden özellikle CAT'ın yaz aylarında yüksek değerler sergilediği belirlenmiştir (Orbea ve ark., 2002). Bununla ilgili diğer araştırmacılar da ilkbahar-yaz aylarında yüksek antioksidant aktiviteler bulduklarını bildirmişlerdir (Viarengo ve ark., 1991; Power ve Sheehan, 1996; Cancio ve ark., 1999; Sheehan ve Power, 1999). *P. perna*'nın sindirim bezinde mevsimsel değişimlerin antioksidant ve detoksifiye edici enzimler (SOD, CAT ve glutatyon S-transferaz (GST)), enzimatik olmayan antioksidantlar (redükte glutatyon (GSH), okside glutatyon (GSSG) ve total glutatyon (TG)), tiyobarbitürik aside reaktif madde (TBARS) miktarı ve oksijen tüketimi üzerine yapılan çalışmada Mayıs ve Aralık aylarında yapılan analizler sonunda antioksidant ve detoksifiye edici enzimlerin Mart ve Eylül aylarına göre daha yüksek değerler verdiği saptanmıştır (Wilhelm-Filho ve ark., 2001). *M. galloprovincialis* ve *P. perna*'da GST aktivitelerinin en yüksek düzeyleri yaz ve sonbahar mevsiminde olurken, en düşük düzeylerinin ise kış ve ilkbahar mevsiminde olduğu bildirilmiştir (Kaaya ve ark., 1999). *M. galloprovincialis*'in yumuşak dokularında yaz mevsiminde eser metal derişimleri düşükken, antioksidant enzim aktivitelerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Regoli, 1998). *Mytilus sp.*'lerin sindirim bezinde mevsimsel değişikliklerinin değerlendirilmesi sonucunda SOD aktivitesinin, sonbahar-kış ayları boyunca düşük bir değer sergilediği, ilkbahar aylarında artmaya yaz aylarında ise maksimum değere ulaştığını gösteren sonuçlar elde edilmiştir. CAT ve GPx aktivitelerinde ise sonbahardan kışa kadar bir azalma gözlenirken, ilkbaharda tekrar artışa ve mayıs ayında maksimum değere varan bulgular saptanmıştır. Lipid peroksidasyon ürünlerinin birikimi ile antioksidant savunma sistemleri arasında ise ters bir ilişki belirlenmiştir (Viarengo ve ark., 1991).

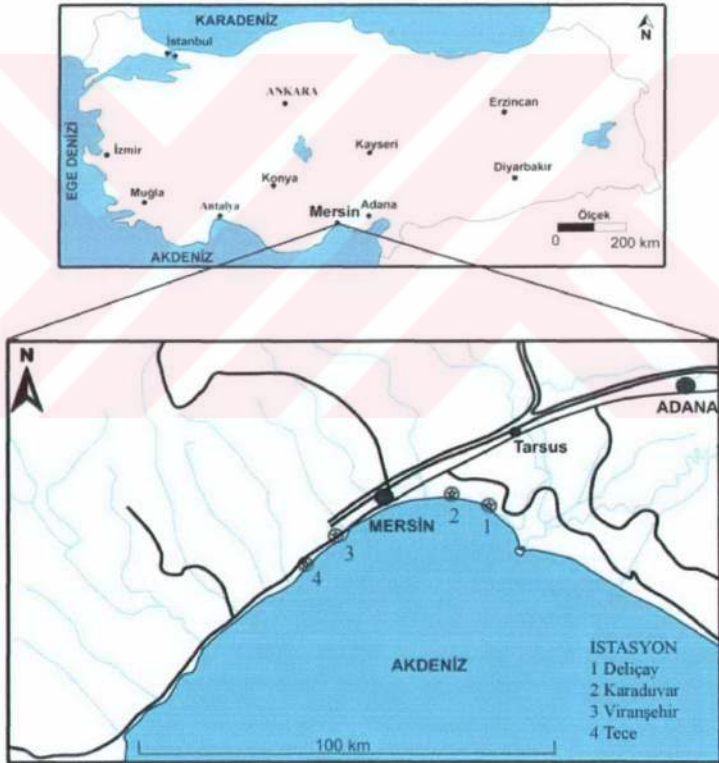
Omurgasızlarda antioksidant enzim aktiviteleri örnekleme alanına bağlı olarak değişim göstermektedir. Farklı bölgeden toplanan bir midye türü olan *M. guyanensis*'in sindirim bezinde farklı antioksidant savunmalar, lipid peroksidasyonu ve DNA hasarının çalışılması sonucunda kirli olan bölgelerde lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA düzeyinde ve antioksidant enzimlerden SOD dışında CAT ve GPx aktivitelerinde bir artış olduğu saptanmıştır (Torres ve ark., 2002).

Omurgasızlarda doku ve organlardaki metal birikimi, metallothionein üzerine metallerin etkisi, MDA ve protein düzeyleri, tür ve süreye bağlı olarak değişim göstermektedir. *P. viridis*'in solungaç ve total yumuşak dokularında protein düzeylerinin ilkbahar-yaz aylarında sonbahar-kış mevsimine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Lau ve ark., 2004). *M. galloprovincialis*'in sindirim bezinde metallothionein (MT) düzeylerinde ilkbahar ve yaz aylarında azalma gözlenirken, sonbaharda artış olduğu saptanmıştır (Kalpaxis ve ark., 2004). *M. galloprovincialis*'in sindirim bezi ve solungaç dokusunda metallothionein düzeylerinde mevsimsel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir (Domouhtsidou ve ark., 2004). 4 ve 21 gün süre ile metal uygulandıktan sonra midye (*M. edulis*) ve istiridye (*Crassostrea gigas*)'nin MDA düzeyleri ve metallothionein üzerine metallerin (Ag, Cd, Cu, Hg ve Zn) etkilerini ve bununla birlikte toplam protein düzeylerinin incelenmesi sonunda, 4 gün metal uygulanan her iki organizmada Cd ve Hg derişimlerinin solungaç ve sindirim bezinde artmasına karşın toplam protein düzeyinde önemli bir değişiklik gözlenmezken, 21 günlük metal etkisinden sonra metallerin her iki molluskun sindirim bezi ve solungaçlarında biriktiği saptanmıştır. Toplam protein derişimlerinde istiridyenin solungaçlarında ve midyenin sindirim bezinde bir azalma, her iki organizmanın solungaçlarında metallothionein derişimlerinde bir artış gözlenmiştir. Aynı gün aynı süre (21 gün) metallerin etkisinde bırakılan istiridyelerin solungaçlarında MDA düzeylerinde bir azalma gözlenirken, 21 gün hem Cd, Ag hem de Hg uygulanan midyelerin sindirim bezi ve solungaçlarında MDA düzeylerinde bir artış belirlenmiştir (Geret ve ark., 2002). Cd, Cu, Cr, Zn, Pb uygulanan *Anodonta cygnea*'da total protein düzeylerinin kontrole göre önemli düzeyde düşük olduğu gözlenmiştir (Moura ve ark., 2000).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılan *B. pharaonis* Mersin ili Karaduvar, Deliçay, Mezitli ve Tece kasabalarının sahil şeridinde yer alan 4 istasyondan toplanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışma alanı yerleşim haritası

Anılan istasyonlardan Karaduvar ve Deliçay il merkezinin doğusundadır. Bu bölgede Ataş rafinerisi, Toros gübre (Akgübre), Serbest Bölge, Soda Sanayi ve Kromsan gibi sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Ataş rafinerisi; ham petrolü işleyerek kurşunsuz, süper ve normal benzin, gazyağı, dizel, kalorifer yakıtı ve fuel-oil üretmektedir. Toros gübre (Akgübre); kimyasal gübre üretmek üzere kurulmuştur. Bu tesis Amonyum Nitrat (%26-%33 Azot içeren) ve Diamonyum Fosfat (%18 Azot-%46 P2O5) gübreleri ile bu gübrelerin üretiminde ara girdi olan Sülfürik Asit, Fosforik Asit ve Nitrik Asit üretimi yapmaktadır. Serbest Bölge; başta petrokimya ve enerji sektörü olmak üzere, her çeşit sektörün yapılandığı bölgedir. Soda Sanayi; ağır soda, hafif soda, sodyum silikat, rafine sodyum bikarbonat besin türü, rafine sodyum bikarbonat teknik türü gibi ürünleri, Kromsan ise sodyum bikromat, kromik asit, deri kimyasalları gibi ürünleri üretmektedir. Ayrıca bu bölgelerde tarımsal faaliyetler de gerçekleştirilmektedir.

Mersin Limanında, ham petrol ve diğer ürünlerin gemilerden tahliyesi ve rafineri ürünlerinin yüklenmesi gerçekleştirilmekte olup, balıkçı teknelerinin yanaşabileceği bir iskele bulunmaktadır. Yerleşim alanları ise daha çok il merkezinin batısında olup Viranşehir ve Tece bu bölgede yer almaktadır. Belirtilen özellikler nedeniyle anılan istasyonlardan denize, doğuda endüstriyel ve tarımsal, batıda ise evsel atık deşarjı söz konusudur.

Araştırma Haziran 2002 - Mayıs 2003 tarihlerini kapsayan bir yıllık dönemde aylık örneklemler yapılarak yürütülmüştür. Araştırma materyali olarak seçilen *B. pharaonis* dalgalarından korunmuş, sert zeminlere tutunarak yaşayan bir tür olup, ülkemiz Akdeniz kıyılarını 1869'da açılan Süveyş Kanalı aracılığı ile Kızıldeniz'den geçerek istila eden yaygın İndo-Pasifik bir türdür (Rilov ve ark., 2002).

Midyeler sudaki asılı partikülleri filtre ederek beslenen organizmalar olup, vücut içerisine su giriş ve çıkışı, besin partiküllerinin filtre edilmesi ve solunum üzeri kirpikli epitel ile kaplı, yaprak şeklinde bir çift solungaç ile sağlanmaktadır. Atıkların vücuttan uzaklaştırılmasında ise boşaltım organı olan bir çift nefridyum görev almaktadır. Ayrı eşeyli olan midyelerde yumurtlama dönemleri genel olarak bölgesel farklılık göstermekte olup, tropik midyelerde yumurtlama tüm yıl boyunca, Avrupa'da ise ilkbahar ve yaz mevsimi başlangıcında, Akdeniz ve İspanya'nın

Atlantik kıyılarında da ilkbahar ve sonbaharda gerçekleşmektedir (Mader, 1996; Kumlu, 1997).

Belirlenen her istasyondan aylık olarak 35.0 ± 5.0 mm boy ve 4.2 ± 0.7 g ağırlığındaki 50 adet midye örneği toplanmıştır. Toplanan örnekler, ortam suyu içeren, ısı yalıtımlı 30x40x30 cm boyutlarındaki özel taşıma kapları ile laboratuvara getirilmiştir. Her istasyondan alınan 50 bireylik örnek 10'ar bireylik 5 gruba ayrılarak, deneyler beş tekrarlı olarak yürütülmüş, sonuçlar mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Araştırmalar süresince toplam 2400 adet midye kullanılmıştır.

Laboratuvara getirilen midyelerin solungaç, kas ve hepatopankreas dokuları disekte edilerek Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimi, total protein, MDA miktarı ile SOD, GPx ve CAT enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Cihazlar ve Diğer Gereçler

1.	Analitik Terazı	Sartorius CP – 224S
2.	Derin Dondurucu	NEW BRUNSWICK SCIENTIFIC LOZONE CFC FREEFREEZER
3.	Benmari	Nüve BM – 302
4.	Buz Makinesi	Scotsman AF – 20
5.	Distile Su Cihazı	Şimşek Laborteknik SS – 200
6.	Homojenizatör	Janke&Kunkel IKA-Labortechnik ULTRA TURRAX T25
7.	Otomatik Pipetler	Gillman
8.	Manyetik Karıştırıcı	HOT&STIR MS – 300
9.	Dijital pH metre	WTW Multiline P3/LF – SET
10.	Soğutmalı Santrifüj	JOUAN MR – 23i
11.	Santrifüj	Hettich EBA 8 S
12.	Hot Plate	TSEK ELEKTRO-MAG
13.	UV-VIS Spektrofotometre	SHIMADZU UV mini 1240
14.	ICP-AES	PERKIN ELMER OPTIMA 3100 XL
15.	Etüv	Nüve EN – 400
16.	Oksijenmetre	Mettler Toledo MO128
17.	Konduktometre	Schott Gerate Handylab LF1

Kimyasal Maddeler

di-Potasyum Hidrojen Fosfat	K_2HPO_4	Merck
di-Sodyum Hidrojen Fosfat	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	Merck
Etilendiamin Tetraasetik Asit	EDTA	Sigma
Folin-Ciocalteu Fenol Ayracı		Sigma
Glutasyon	GSH	Sigma

Glutasyon Redüktaz	GR	Sigma
Hidrojen Peroksit	H ₂ O ₂	Merck
Ksantin		Merck
Ksantin Oksidaz	XOD	Sigma
Lauril Sülfat	SDS	Sigma
Piridin		Merck
p-İyodonitrotetrazolyum	INT	Sigma
Potasyum Dihidrojen Fosfat	KH ₂ PO ₄	Merck
Potasyum Klorür	KCl	Merck
Sığır Serum Albumini		Sigma
Sodyum Dihidrojen Fosfat	NaH ₂ PO ₄ .2H ₂ O	Merck
Sodyum Hidroksit	NaOH	Merck
Sodyum Karbonat	Na ₂ CO ₃	Merck
Sodyum Klorür	NaCl	Merck
Sodyum Potasyum Tartarat		Sigma
t-Butil Hidroperoksit		Sigma
Tris Baz	Tris baz	Sigma
Tris Hidroklorit	Tris HCl	Sigma
1-Butanol		Merck
1,1,3,3 Tetrametoksipropan		Sigma
2-Tiyobarbitürik Asit	TBA	Merck
3-(Sikloheksilamino)-1-propan sülfanik Asit	CAPS	Sigma
β-Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat	β-NADPH	Sigma
Nitrik Asit	HNO ₃	Merck
Perklorik Asit	HClO ₄	Merck

3.2.1. Metal Değişiminin Belirlenmesi

Örneklerin solungaç, hepatopankreas ve kas dokularındaki Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimleri Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometre (ICP-AES) yöntemi ile saptanmıştır. Bu amaçla disekte edilen doku örnekleri petri

kaplarına konulmuş ve 150°C ayarlı etüvde 72 saat süre ile bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir (Cicik, 1991). Kuru ağırlıkları belirlenen doku örnekleri deney tüplerine aktararak üzerlerine nitrik asit (HNO_3 , %65, Ö.A.: 1.40, Merck) ve perklorik asit (HClO_4 , %60, Ö.A.:1.53, Merck) karışımı (2:1 v/v) eklenmiş (Muramoto, 1983; Elliot ve ark., 1986; Cicik, 1991) ve 8 saat süre ile 120°C'lik hotplate'de yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlanan örnekler, polietilen tüplere aktararak toplam hacim deiyonize su ile 5 mL'ye tamamlanmış ve analize hazır duruma getirilmiştir. Örneklerdeki ağır metal derişimleri Perkin Elmer Optima (3100 XL) ICP-AES ile saptanmıştır.

3.2.2. Biyokimyasal Analiz Yöntemleri

Total protein, MDA miktarı ve enzim aktivitesi belirlenecek doku örnekleri disekte edildikten sonra analizlere kadar -85°C'de saklanmıştır. Belirtilen biyokimyasal parametreler spektrofotometrik yöntemlerle saptanmıştır. Bu amaçla dokular % 1.15 KCl çözeltisi içerisinde (1/10 w/v) 10.000 rpm'de 3 dakika süre ile homojenize edilmiştir. Homojenatlar + 4 °C'de 10.000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüjlenerek, elde edilen süpernatant CAT, GPx, SOD enzim aktiviteleri ile MDA ve Protein derişimlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.2.1. Süperoksit dismutaz Yöntemi

Aktivite ölçmek için kör ve örnek olmak üzere iki farklı tüp hazırlanır. Bunlardan kör tüpüne 25 µL fosfat tamponu, 850 µL substrat karışımı; örnek tüpüne ise 25 µL aktivitesi ölçülecek süpernatant, 850 µL substrat karışımı konulur. Küvet içerisinde çalkalandıktan sonra 125 µL ksantin oksidaz ortama eklenir. Tekrar çalkalandıktan 30 saniye sonra kör veya örnek küvetlerinin 37°C'de 505 nm dalga boyunda 0. (A_1) ve 3. (A_2) dakikalardaki absorbans değerleri havaya karşı okunur. Örneklerin SOD aktiviteleri aşağıdaki şekilde hesaplanır (McCord ve Fridovich, 1969).

$$\Delta A / \text{dakika} = \frac{A2 - A1}{3}$$

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{\Delta A / \text{dak}_{\text{örnek}}}{\Delta A / \text{dak}_{\text{kör}}} \times 100$$

Elde edilen % inhibisyon değeri standart eğriden değerlendirilir.

$$\text{SOD Spesifik Aktivitesi (U/mg protein)} = \frac{\text{SOD Aktivitesi (U / mL)}}{\text{Protein Miktarı (mg / mL)}}$$

Ayırıcılar

1. CAPS Tamponu (pH : 10.2)
2. Stok Substrat Karışımı (0.05 mM Ksantin ile 0.025 mM INT, 10 mL CAPS tamponunda çözülerek hazırlanır).
3. 80 U/L Ksantin Oksidaz
4. 0.01 M Fosfat Tamponu (pH : 7.0)
5. Substrat Karışımı (Analiz sırasında taze olarak hazırlanır).

3.2.2.2. Glutasyon peroksidaz Yöntemi

GPx aktivitesini ölçmek üzere 660 µL saf su, 100 µL tris tamponu, 20 µL GSH, 100 µL GR, 100 µL β-NADPH ve 10 µL GPx aktivitesi ölçülecek süpernatant kuvvet içerisine pipetlendikten sonra 37°C’de 10 dakika inkübe edilir. Süre sonunda 10 µL t-butilhidroperoksit eklenir ve kör olarak kullanılan saf suya karşı, oluşan tepkime 37°C’de 340 nm dalga boyunda 0., 2.5, 5. dakikalardaki absorbens değerleri okunur. Örneklerin aktivite değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanır (Beutler, 1984).

$$\text{GPx Aktivitesi (U/mL)} = \frac{\Delta OD}{t} \times \frac{V_t}{6.22} \times V_0$$

ΔOD = Zamana göre absorbens değişimi

t = Zaman

V_t = Toplam Hacim

V_0 = Örnek Hacmi

6.22 = 1 mmol NADPH’ın 1 cm’lik ışık yolunda verdiği OD değeridir.

$$\text{GPx Spesifik Aktivitesi (U / mg protein)} = \frac{\text{GPxAktivitesi(U / mL)}}{\text{ProteinMiktarı(mg / mL)}}$$

Ayırıcılar

1. Tris Tampon (pH = 8.0)
2. 0.1 M GSH
3. 100 U/mL GR
4. 2 mM NADPH
5. 7 mM t-butil hidroperoksit

3.2.2.3. Katalaz Yöntemi

Kör ve örnek olmak üzere farklı iki tüp hazırlanır. Kör ve örnek tüpüne 50 µL Tris tamponu konduktan sonra kör tüpüne 930 µL saf su, örnek tüpüne ise 900 µL H₂O₂ ve 30 µL saf su ilave edilir. Her iki tüp 37°C'de 10 dakika inkübe edildikten sonra her birine aktivitesi ölçülecek olan süpernatanttan 20 µL eklenir. Örnek konulduktan sonra kuvvetler çalkalanır ve her bir örneğin 230 nm dalga boyunda 0., 2.5. ve 5. dakikalardaki absorbans değerleri köre karşı ölçülür. H₂O₂ 230 nm dalga boyunda ışığı absorbladığı için spektrofotometrede bu dalga boyunda ölçüm yapılır (Beutler, 1984). Yöntem zamana karşı H₂O₂'in absorbansındaki azalmanın ölçümüne dayanmaktadır. Süpernatantların aktivite değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Katalaz Aktivitesi (U/mL)} = \Delta\text{OD} \times \frac{V_t}{0.071} \times V_ö$$

ΔOD = Zamana göre absorbans değişimi

V_t = Toplam Hacim

$V_ö$ = Örnek Hacmi

0.71 = H₂O₂'nin 230 nm'deki mM ekstinksiyon katsayısı

$$\text{Katalaz Spesifik Aktivitesi (U/mg protein)} = \frac{\text{KatalazAktivitesi(U / mL)}}{\text{ProteinMiktarı(mg / mL)}}$$

Ayır  lar

1. Tris Tampon (pH : 8.0)
2. 1 M Fosfat Tamponu (pH : 7.0)
3. 10 mM H₂O₂

3.2.2.4. Malondialdehit Yöntemi

 rnek ve k r tüplerine 200  L SDS, 1500  L asetik asit, 1500  L TBA eklenir. Bunlardan  rnek tüpüne 700  L saf su ve MDA miktarı hesaplanacak süpernatanttan 100  L ilave edilir. K r tüpüne ise 800  L saf su eklenir. Tüpler benmaride 95 C’de 30 dakika inkübe edildikten sonra soğutulur. Her tüpe 1000  L saf su ve 5000  L n-Butanol/Piridin karışımından eklenir. Tüpler kuvvetli bir şekilde çalkalanır ve 4000 rpm’de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki organik kısım alınıp 532 nm dalga boyunda absorbands değerleri okunur (Ohkawa ve ark., 1979).  ıkan sonuç standart grafikten değerlendirilir.

$$\text{MDA Miktarı (nmol/mg protein)} = \frac{\text{MDA Miktarı (nmol / mL)}}{\text{Protein Miktarı (mg / mL)}}$$

Ayır  lar

1. % 8.1’lik Sodyum Dodesil Sülfat (SDS)
2. % 20’lik Asetik asit (HAc) (pH : 3.5)
3. % 0.8’lik Tiyobarbitürik asit (TBA) (pH : 3.5)
4. 14 mL n-Butanol / 1 mL Piridin   zeltisi (nBu - Pri) (15/1)
5. Sok Standart : 1,1,3,3 tetramethoksiopropan (yoğunluk : 0.99 g/mL)

3.2.2.5. Protein Yöntemi

Protein miktarını belirlemek üzere k r ve örnek küvetlerine 3000  L günlük alkali çözeltisi eklendikten sonra k r tüpüne 300  L saf su, örnek tüpüne ise 300  L protein miktarı ölçülecek süpernatanttan konur. Tüpler oda sıcaklığında 15 dakika

bekletildikten sonra her birine 300 μ L Folin-Ciocalteu's ayıracından eklenir. Oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda örneklerin köre karşı absorbans değeri okunur (Lowry ve ark.,1951). Örneklerin içerdiği protein miktarı sığır serum albumini kullanılarak çizilen standart eğriden değerlendirilir.

Ayırıcılar

1. Alkali Na_2CO_3 çözeltisi
2. Bakır Sülfat - Sodyum Potasyum Tartarat çözeltisi
% 1 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
% 2 Na – K Tartarat

Bu çözeltiler kullanılacağı zaman eşit hacimde (1 : 1) karıştırılarak hazırlanır.

3. Günlük Alkali Çözeltisi
50 mL % 2'lik Na_2CO_3
0,5 mL % 1'lik $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
0,5 mL % 2'lik Na – K Tartarat
4. Folin – Ciocalteu Çözeltisi
1 mL Folin – Ciocalteu, 1,5 mL saf su olacak şekilde hazırlanır.
5. Standart Sığır Albumin Çözeltisi

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bulgular

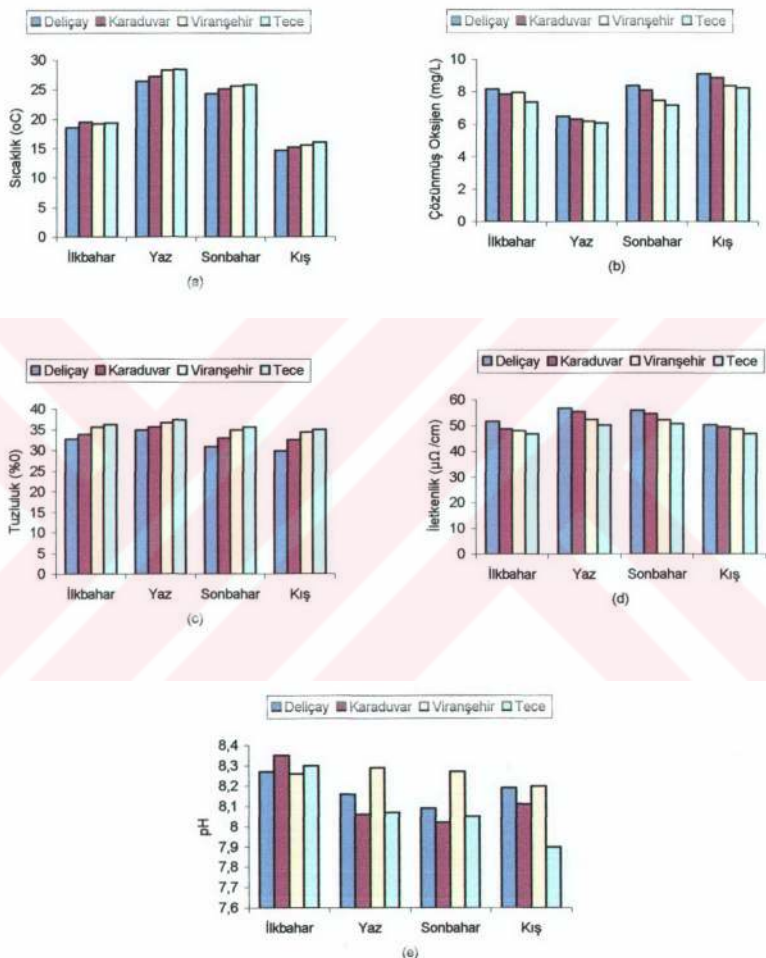
Örnekleme istasyonlarındaki suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri enstrümantal olarak belirlenmiş, elde edilen veriler Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Araştırma istasyonlarındaki fiziksel ve kimyasal özelliklerin mevsimsel değişimi.

Mevsim	YAZ	SONBAHAR	KIŞ	İLKBAHAR
Fiziksel ve kimyasal özellikler				
pH	8.16 ± 0.08	8.09 ± 0.05	8.19 ± 0.05	8.27 ± 0.04
Sıcaklık (°C)	28.00 ± 1.60	25.50 ± 0.40	15.23 ± 0.90	19.59 ± 0.16
Tuzluluk ‰	36.40 ± 0.90	36.22 ± 0.50	34.32 ± 0.70	35.65 ± 0.60
İletkenlik µΩ/cm	52.30 ± 2.40	52.60 ± 2.10	47.40 ± 3.20	48.60 ± 1.90
Çözünmüş oksijen mg/L	6.28 ± 0.21	7.12 ± 0.25	8.56 ± 0.32	7.62 ± 0.24

Karaduvar, Deliçay, Mezitli ve Tece istasyonlarından örneklenen *B. pharaonis*’in hepatopankreas dokusunda mevsimsel olarak belirlenen Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimlerinin aritmetik ortalamaları ile istatistik analiz sonuçları sırası ile Çizelge 4.2 – 4.5’de sunulmuştur

Yaz boyunca örneklenen *B. pharaonis*’in hepatopankreas dokusundaki Cd ve Zn derişimleri istasyonlar arasında önemli bir istatistik ayrım göstermemiştir (Çizelge 4.2). Viranşehir istasyonundan örneklenen midyelerin hepatopankreas dokusunda Cu derişimi artarken Pb derişimi azalmış, Deliçay’da ise Cr derişimi artmıştır.



Şekil 4.1. Örnekleme İstasyonlarında Ortalama (a) Sıcaklık, (b) Çözünmüş oksijen, (c) Tuzluluk, (d) İletkenlik ve (e) pH değerlerinin Mevsimsel Değişimi.

Çizelge 4.2. Yaz aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	1.19 $\pm$ 0.02 as	3.15 $\pm$ 0.23 as	31.58 $\pm$ 3.55 at	1.12 $\pm$ 0.12 as	67.38 $\pm$ 1.32 ax
Tece	1.21 $\pm$ 0.13 as	3.62 $\pm$ 0.35 as	27.4 $\pm$ 4.52 at	1.59 $\pm$ 0.09 as	68.37 $\pm$ 7.69 ax
Deliçay	1.50 $\pm$ 0.19 as	6.37 $\pm$ 0.35 bs	33.00 $\pm$ 5.16 at	1.30 $\pm$ 0.29 as	85.57 $\pm$ 11.13 ax
Viranşehir	1.48 $\pm$ 0.22 as	3.08 $\pm$ 0.46 as	58.70 $\pm$ 2.01 bt	0.46 $\pm$ 0.10 bs	93.4 $\pm$ 4.55 ax

* SNK; a ve b istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Hepatopankreas dokusunda sonbaharda Cd derişimi istasyonlar arasında ayırım göstermezken, Cu, Pb ve Zn'nun en yüksek derişimleri Karaduvar örneklerinde saptanmıştır (Çizelge 4.3). Bu dokudaki en yüksek Cr derişimi ise Deliçay örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Sonbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	2.62 $\pm$ 0.13 as	3.81 $\pm$ 0.42 abs	55.55 $\pm$ 2.13 at	3.87 $\pm$ 0.68 as	110.83 $\pm$ 12.47 ax
Tece	2.41 $\pm$ 0.13 as	3.55 $\pm$ 0.43 abs	34.04 $\pm$ 2.41 bt	0.52 $\pm$ 0.03 bs	80.88 $\pm$ 9.03 abx
Deliçay	2.61 $\pm$ 0.18 as	5.26 $\pm$ 0.64 bs	39.34 $\pm$ 2.72 bt	2.33 $\pm$ 0.14 cs	83.28 $\pm$ 7.83 abx
Viranşehir	2.41 $\pm$ 0.10 as	3.01 $\pm$ 0.46 as	35.11 $\pm$ 2.32 bt	0.52 $\pm$ 0.05 bs	66.77 $\pm$ 7.02 bx

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Kış mevsimi örneklerinin hepatopankreasında en düşük Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn derişimleri sırasıyla Deliçay, Viranşehir-Tece, Deliçay, Karaduvar-Viranşehir ve Deliçay istasyonlarında saptanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kış aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.).

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	3.11 $\pm$ 0.18 as	4.82 $\pm$ 0.69 as	62.58 $\pm$ 5.07 At	0.52 $\pm$ 0.05 as	98.62 $\pm$ 4.36 ax
Tece	3.33 $\pm$ 0.27 as	1.50 $\pm$ 0.48 bs	49.31 $\pm$ 2.39 Bt	2.58 $\pm$ 0.15 bs	85.78 $\pm$ 9.22 abx
Deliçay	1.87 $\pm$ 0.17 bs	4.71 $\pm$ 0.09 as	30.80 $\pm$ 1.80 Ct	1.59 $\pm$ 0.18 cs	64.57 $\pm$ 1.57 cx
Viranşehir	2.67 $\pm$ 0.31 as	0.96 $\pm$ 0.04 bs	46.67 $\pm$ 2.20 Bt	0.73 $\pm$ 0.11 as	76.25 $\pm$ 5.42 bcx

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

B. pharaonis'in hepatopankreas dokusundaki Pb ve Zn derişimleri ilkbaharda Karaduvar, Tece ve Deliçay istasyonları arasında ayırım göstermezken Viranşehir örneklerinde Pb derişimi azalmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. İlkbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal/g k.a.).

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	2.30 $\pm$ 0.15 as	4.14 $\pm$ 0.19 as	26.22 $\pm$ 4.05 at	1.05 $\pm$ 0.06 as	88.19 $\pm$ 5.25 ax
Tece	1.53 $\pm$ 0.07 bs	2.66 $\pm$ 0.13 bs	27.68 $\pm$ 3.44 at	0.98 $\pm$ 0.06 as	86.15 $\pm$ 5.46 ax
Deliçay	2.27 $\pm$ 0.08 as	4.88 $\pm$ 0.14 cs	42.62 $\pm$ 3.47 bt	1.06 $\pm$ 0.05 as	83.50 $\pm$ 2.16 ax
Viranşehir	1.57 $\pm$ 0.05 bs	1.38 $\pm$ 0.07 ds	58.71 $\pm$ 1.58 ct	0.53 $\pm$ 0.03 bs	85.07 $\pm$ 2.59 ax

* SNK; a, b, c ve d istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Tece, Deliçay ve Viranşehir istasyonlarından yaz mevsiminde örneklenen midyelerin solungaç dokusundaki metal düzeylerinin Karaduvar örneklerindeki orana daha yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Yaz aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	2.70 $\pm$ 0.10 as	4.76 $\pm$ 0.68 as	78.43 $\pm$ 4.00 at	0.75 $\pm$ 0.10 as	77.51 $\pm$ 3.53 at
Tece	3.99 $\pm$ 0.32 bs	5.65 $\pm$ 0.48 as	131.17 $\pm$ 10.29 bt	2.53 $\pm$ 0.63 bs	185.78 $\pm$ 6.95 bx
Deliçay	3.67 $\pm$ 0.20 bs	15.77 $\pm$ 0.80 bs	151.62 $\pm$ 2.84 bct	2.36 $\pm$ 0.38 bs	184.79 $\pm$ 12.11 bx
Viranşehir	4.92 $\pm$ 0.34 cs	11.23 $\pm$ 0.51 cs	164.24 $\pm$ 11.52 ct	1.02 $\pm$ 0.14 as	208.51 $\pm$ 12.14 bx

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Sonbahar mevsiminde *B. pharaonis*'in solungaç dokusundaki Cd, Zn ve Cu derişimleri belirlenen istasyonlar arasında ayırım göstermezken, Cr derişimi Deliçay istasyonu, Pb derişimi ise Karaduvar-Tece istasyonları örneklerinde diğer istasyonlara oranla önemli düzeyde yüksektir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Sonbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	5.35 $\pm$ 0.20 as	8.98 $\pm$ 1.62 as	200.94 $\pm$ 6.45 at	6.94 $\pm$ 0.81 as	207.97 $\pm$ 14.71 at
Tece	5.42 $\pm$ 0.19 as	7.30 $\pm$ 0.61 acs	161.26 $\pm$ 10.52 bt	7.85 $\pm$ 0.31 as	180.49 $\pm$ 10.00 ax
Deliçay	5.52 $\pm$ 0.26 as	18.39 $\pm$ 0.67 bs	187.92 $\pm$ 9.10 abt	5.34 $\pm$ 0.35 bs	199.03 $\pm$ 13.90 at
Viranşehir	4.97 $\pm$ 0.20 as	5.08 $\pm$ 1.05 cs	173.04 $\pm$ 7.16 abt	3.23 $\pm$ 0.21 cs	193.52 $\pm$ 6.74 ax

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Solungaç dokusundaki Cd ve Pb derişimleri kış mevsiminde en yüksek düzeyde Tece istasyonu örneklerinde saptanırken diğer istasyonlar arasında ayırım yoktur (Çizelge 4.8). İncelenen diğer metallerden Cr Deliçay-Karaduvar, Cu Karaduvar-Tece, Zn ise Deliçay dışındaki istasyonlarda yüksek düzeydedir.

Çizelge 4.8. Kış aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	5.87± 0.19 as	8.10± 1.43 As	243.25±8.19 at	1.73 ± 0.14 as	238.11 ± 5.93 at
Tece	7.99± 1.00 bs	4.74± 0.23 Bs	234.64± 9.66 at	4.00 ± 0.19 bs	226.63±16.08 at
Deliçay	4.16± 0.24 as	8.16± 1.02 As	125.30± 7.73 bt	1.27 ± 0.09 as	138.01 ± 5.28 bx
Viranşehir	5.15± 0.20 as	3.43± 0.20 Bs	176.01± 6.62 ct	1.35 ± 0.10 as	211.80 ± 5.06 ax

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

İlkbahar mevsiminde solungaç dokusundaki Cd düzeyi Karaduvar, Zn düzeyi ise Tece istasyonu dışındaki örneklerde istatistik ayırım göstermemiştir (Çizelge 4.9). Bu mevsimde solungaç dokusundaki Pb derişimi belirlenen tüm istasyonlar arasında ayırım gösterirken, Cr ve Cu derişimleri Karaduvar-Deliçay istasyonu örneklerinde yüksektir.

Çizelge 4.9. İlkbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	4.23 ± 0.08 as	4.92 ± 0.14 as	97.08 ± 3.22 abt	0.98± 0.05 as	142.53±6.11 ax
Tece	3.48 ± 0.08 bs	3.78 ± 0.08 bs	91.85 ± 2.76 at	0.44± 0.02 bs	116.53± 4.20 bx
Deliçay	3.76 ± 0.09 bs	5.15 ± 0.25 as	103.86±2.05 bt	1.43± 0.06 cs	145.24± 8.22 ax
Viranşehir	3.47 ± 0.13 bs	3.29 ± 0.12 cs	92.90 ± 3.35 at	0.78± 0.03 ds	149.29± 6.90 ax

* SNK; a, b, c ve d istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Yaz mevsiminde toplanan *B. pharaonis*'in kas dokusundaki Cu ve Cd düzeyleri Viranşehir istasyonunda, Cr ve Zn ise Deliçay istasyonu örneklerinde diğer istasyonlara oranla daha yüksektir (Çizelge 4.10). Bu mevsimde kas dokusundaki Pb

derişimi Tece. Deliçay ve Viranşehir istasyonları örnekleri arasında ayırım göstermeyip Karaduvar örneklerine oranla yüksek düzeydedir.

Çizelge 4.10. Yaz aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	0.77 $\pm$ 0.06 as	3.09 $\pm$ 0.47 as	22.75 $\pm$ 3.26 at	0.55 $\pm$ 0.05 as	49.13 $\pm$ 3.59 ax
Tece	0.86 $\pm$ 0.10 as	2.85 $\pm$ 0.37 as	23.12 $\pm$ 1.53 at	2.00 $\pm$ 0.26 bs	49.39 $\pm$ 2.23 ax
Deliçay	0.86 $\pm$ 0.09 as	8.61 $\pm$ 0.52 bt	26.78 $\pm$ 1.26 ax	1.79 $\pm$ 0.14 bs	104.65 $\pm$ 3.39 by
Viranşehir	1.16 $\pm$ 0.08 bs	2.78 $\pm$ 0.32 as	43.49 $\pm$ 1.28 bt	1.98 $\pm$ 0.19 bs	94.01 $\pm$ 2.63 cx

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t, x ve y harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Sonbaharda kas dokusu Cr derişimi Deliçay, Pb derişimi Tece, Zn derişimi ise Karaduvar-Viranşehir örneklerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksektir (Çizelge 4.11). Cd derişimi Tece'ye oranla Deliçay'da, Cu derişimi ise Viranşehir'e oranla Karaduvar örneklerinin kas dokusunda yüksektir.

Çizelge 4.11. Sonbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	1.44 $\pm$ 0.10 abs	3.29 $\pm$ 0.18 as	32.97 $\pm$ 2.64 at	1.34 $\pm$ 0.10 as	69.31 $\pm$ 4.09 ax
Tece	1.18 $\pm$ 0.08 as	2.33 $\pm$ 0.16 abs	18.28 $\pm$ 2.17 bct	1.90 $\pm$ 0.05 bs	50.02 $\pm$ 3.13 bx
Deliçay	1.65 $\pm$ 0.09 bs	7.13 $\pm$ 0.79 ct	27.16 $\pm$ 1.93 acx	1.42 $\pm$ 0.10 as	55.67 $\pm$ 2.24 by
Viranşehir	1.38 $\pm$ 0.07 abs	1.59 $\pm$ 0.17 bs	23.60 $\pm$ 1.19 ct	0.94 $\pm$ 0.08 cs	71.63 $\pm$ 2.40 ax

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t, x ve y harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Kış mevsiminde örneklenen midyelerin kas dokusundaki metal düzeyleri Cu dışında Karaduvar ve Tece istasyonları arasında ayrım göstermemiştir (Çizelge 4.12). Örneklerin kas dokusundaki Cu, Pb ve Cr derişimleri Deliçay ve Viranşehir istasyonlarında ayrım göstermezken, bu istasyonlarda Cd ve Zn derişimleri Deliçay'a oranla Viranşehir'de yüksektir.

Çizelge 4.12. Kış aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_x^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	1.75 $\pm$ 0.06 as	2.52 $\pm$ 0.35 as	39.16 $\pm$ 1.81 at	1.72 $\pm$ 0.17 as	77.33 $\pm$ 1.80 acx
Tece	2.02 $\pm$ 0.15 acs	1.86 $\pm$ 0.16 abs	23.25 $\pm$ 1.59 bt	1.46 $\pm$ 0.07 as	67.79 $\pm$ 5.22 ax
Deliçay	1.11 $\pm$ 0.09 bs	2.31 $\pm$ 0.22 abs	24.61 $\pm$ 2.92 bt	0.84 $\pm$ 0.10 bs	45.14 $\pm$ 1.66 bx
Viranşehir	2.15 $\pm$ 0.10 cs	1.57 $\pm$ 0.16 bs	26.62 $\pm$ 1.20 bt	0.65 $\pm$ 0.04 bs	81.85 $\pm$ 3.81 cx

SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Kas dokusundaki metal derişimi ilkbaharda istasyonlar arasında metale bağlı değişimler göstermiştir. Bu mevsimde en yüksek Cd, Cr, ve Cu derişimi sırasıyla Karaduvar, Deliçay, Viranşehir-Deliçay örneklerinde saptanmıştır (Çizelge 4.13). Kas dokusu Zn derişimi belirlenen istasyonlar arasında, Pb derişimi ise Viranşehir dışındaki istasyonlar arasında ayrım göstermemiştir.

Çizelge 4.13. İlkbahar aylarında örneklenen *B. pharaonis*'in kas dokusundaki ağır metal derişimleri (μg metal /g k.a.).

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}^*$					
Metal İstasyon	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
Karaduvar	1.52 $\pm$ 0.10 as	1.21 $\pm$ 0.04 as	18.64 $\pm$ 1.60 at	0.92 $\pm$ 0.04 as	62.36 $\pm$ 5.17 ax
Tece	1.11 $\pm$ 0.05 bs	1.13 $\pm$ 0.04 as	24.91 $\pm$ 3.72 abt	0.98 $\pm$ 0.04 as	72.01 $\pm$ 3.50 ax
Deliçay	1.29 $\pm$ 0.06 bs	4.49 $\pm$ 0.14 bs	33.62 $\pm$ 2.89 bct	1.02 $\pm$ 0.03 as	67.60 $\pm$ 3.83 ax
Viranşehir	1.24 $\pm$ 0.04 bs	1.14 $\pm$ 0.04 as	41.79 $\pm$ 3.67 ct	0.52 $\pm$ 0.02 bs	77.4 $\pm$ 4.05 ax

SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri metaller arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

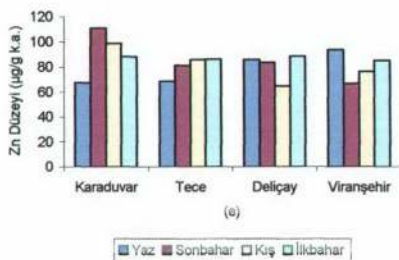
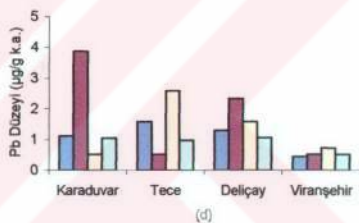
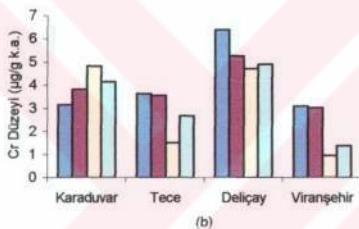
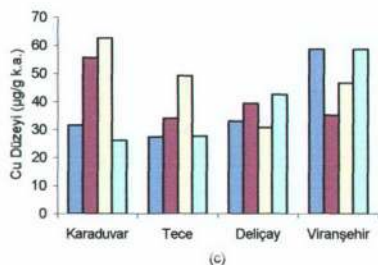
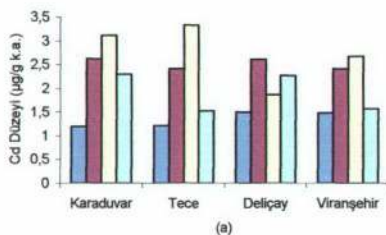
$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata

Örnekleme istasyonlarından toplanan *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusundaki ağır metal düzeylerinin mevsimsel değişimleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Karaduvar istasyonu örneklerinin hepatopankreasında Cd, Cr ve Cu düzeyleri yaz aylarından kışa doğru artma gösterirken ilkbaharda azalmıştır. Bu istasyonda Pb ve Zn düzeyleri sonbahar mevsiminde maksimum değerlere ulaşmıştır.

Tece istasyonu örneklerinde Cd, Cu ve Zn düzeyleri de benzer değişim göstermiş, en yüksek Pb ve en düşük Cr derişimleri kış aylarında saptanmıştır.

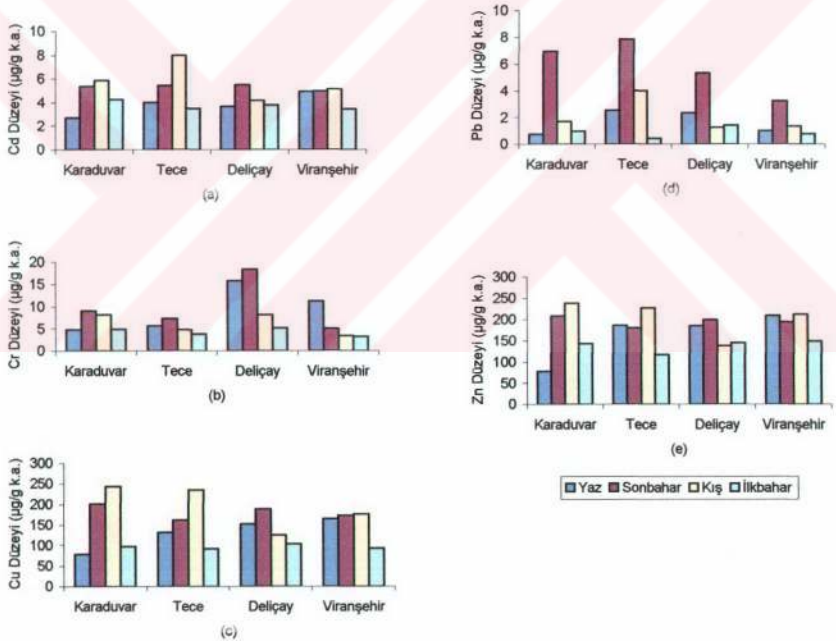
Deliçay istasyonu örneklerinde Cd, Cu ve Zn'nun hepatopankreas derişimleri ilk ve sonbaharda yaz ve kışa oranla yüksektir. Hepatopankreas Cr ve Pb derişimleri ise sırasıyla yaz ve sonbaharda en yüksek düzeyine ulaşmıştır.

Viranşehir örneklerinin hepatopankreasında Cu ve Zn düzeyleri sonbahardan yaza kadar bir artış göstermiştir. Bu istasyonda Pb derişiminde mevsimsel değişim gözlenmezken, Cr derişiminde kıştan yaza doğru bir artma, Cd derişiminde ise azalma vardır.



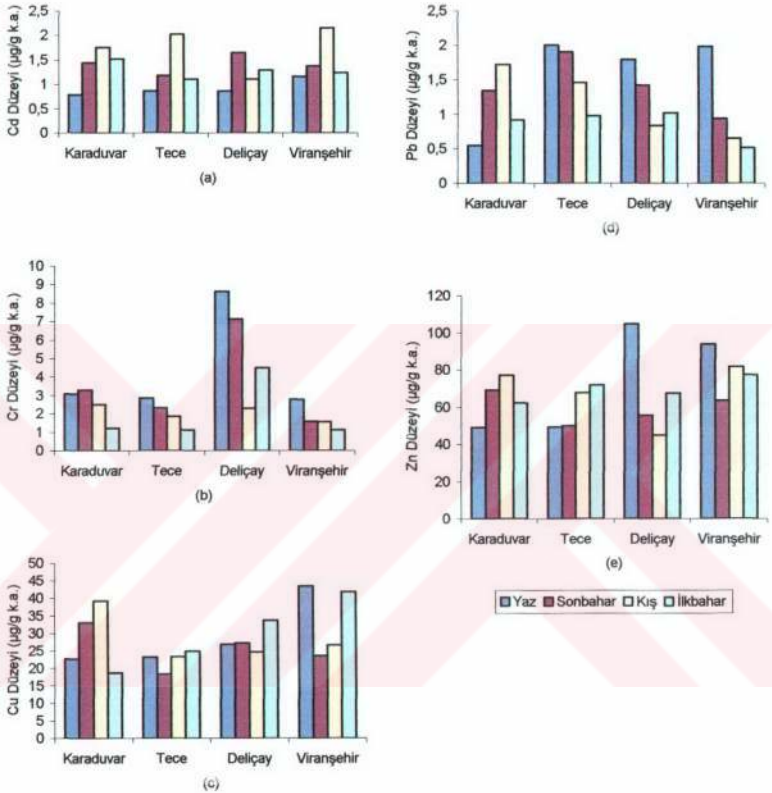
Şekil 4.2. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler.

Karaduvar ve Tece istasyonundan örneklenen midyelerin solungaç dokusunda Pb dışındaki metallerin düzeyi yaz aylarından kışa doğru artış gösterip ilkbaharda azalırken, sonbaharda maksimuma ulaşmıştır (Şekil 4.3.). Solungaç dokusu metal düzeyleri Deliçay istasyonunda yaz mevsiminde yüksek olup sonbaharda maksimuma ulaşmış, kış ve ilkbahar aylarında azalma göstermiştir. Yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde Viranşehir istasyonundan örneklenen midyelerin solungaç dokusu Cd, Cu ve Zn derişimleri aynı düzeyde olup ilkbaharda düşme gözlenmiştir. Bu istasyonda en yüksek solungaç Pb düzeyi sonbaharda gözlenirken, Cr derişimi yaz aylarında maksimum olup giderek azalmıştır.



Şekil 4.3. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler.

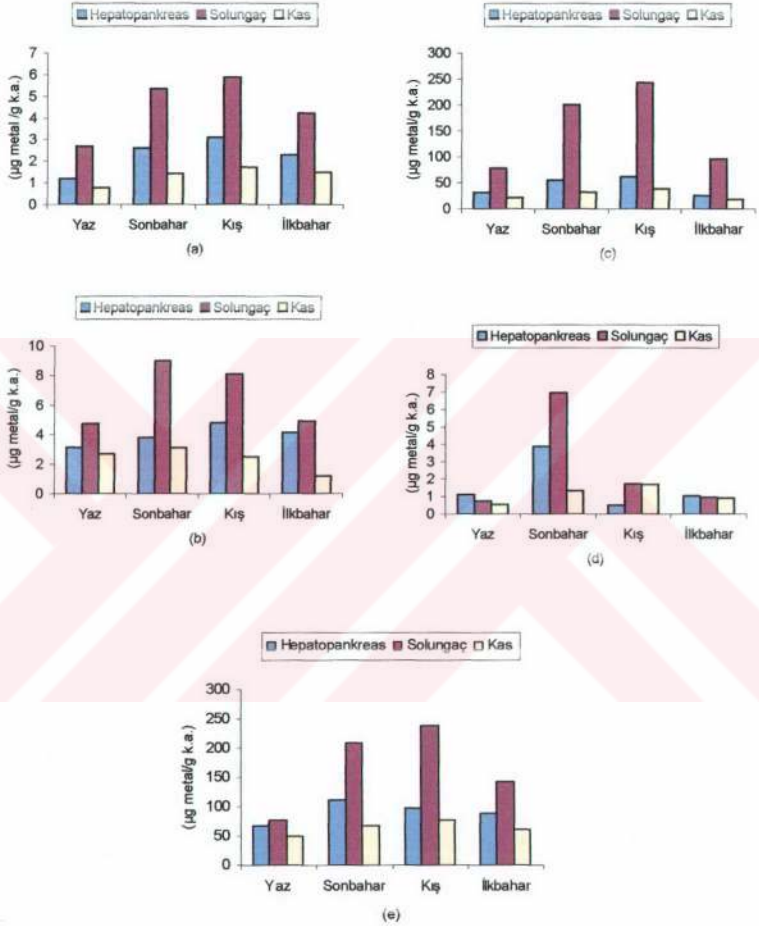
B. pharaonis'in kas dokusu ağır metal derişimlerinin mevsimsel değişimleri şekil 4.4'de gsterilmiştir. Karaduvar örneklerinin kas dokusundaki metal düzeyleri Cr dışında kiş aylarına doğru artarken ilkbaharda azalmıştır. Tece istasyonu örneklerinin kas dokusu Cr ve Pb düzeyleri yaz mevsiminden ilkbahar aylarına doğru azalırken Cd düzeyi kiş aylarında maksimum düzeye ulaşmıştır. Kastaki Cu ve Zn düzeyleri kiş ve ilkbahar aylarında artmıştır. Deliçay örneklerinin kas dokusundaki metal düzeyleri Cd dışında kiş aylarına doğru azalırken ilkbaharda artmış, Cd düzeyi ise sonbahar mevsiminde maksimum düzeye ulaşmıştır. Viranşehir istasyonundan toplanan midyelerin kas dokusu Cr ve Pb düzeyleri yaz mevsiminden başlayarak azalmıştır. Cu ve Zn düzeyleri ilkbahar ve yaz aylarında yüksek olup, en yüksek Cd derişimi kiş mevsiminde saptanmıştır.



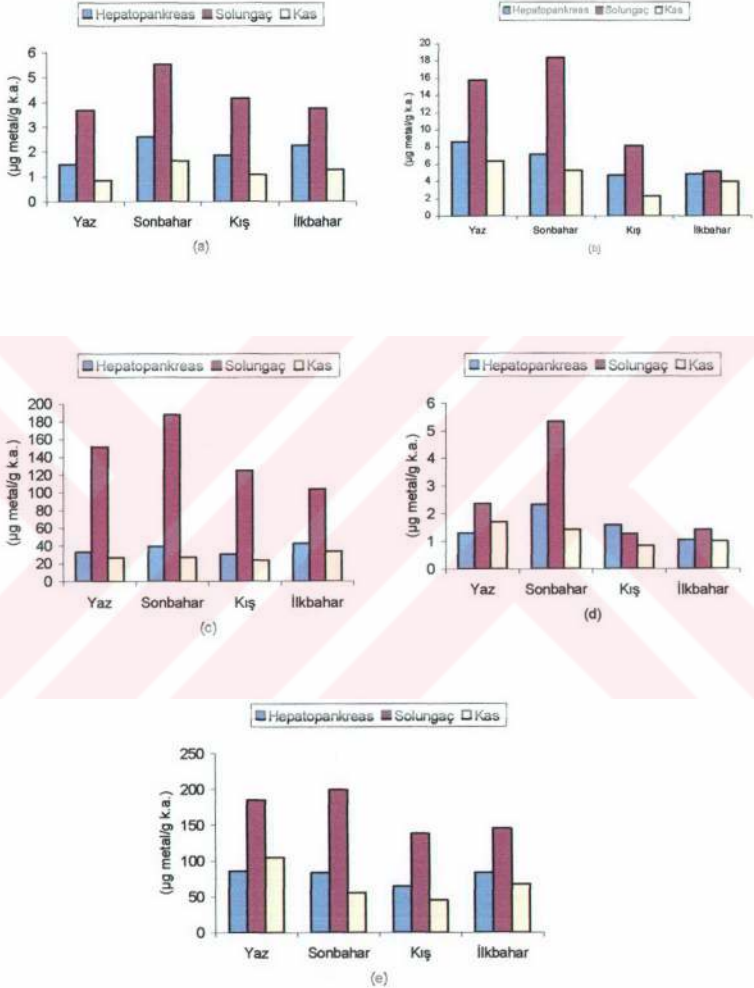
Şekil 4.4. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas dokusu Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki ($\mu\text{g metal/g k.a.}$) mevsimsel değişimler.

Belirlenen istasyonlardan örneklenen midyelerdeki metal düzeyleri dokulara bağlı olarak değişim göstermiştir (Şekil 4.5 – 4.8). İncelenen metal düzeyleri bakımından çalışılan dokur arasında aşağıdaki ilişki belirlenmiştir.

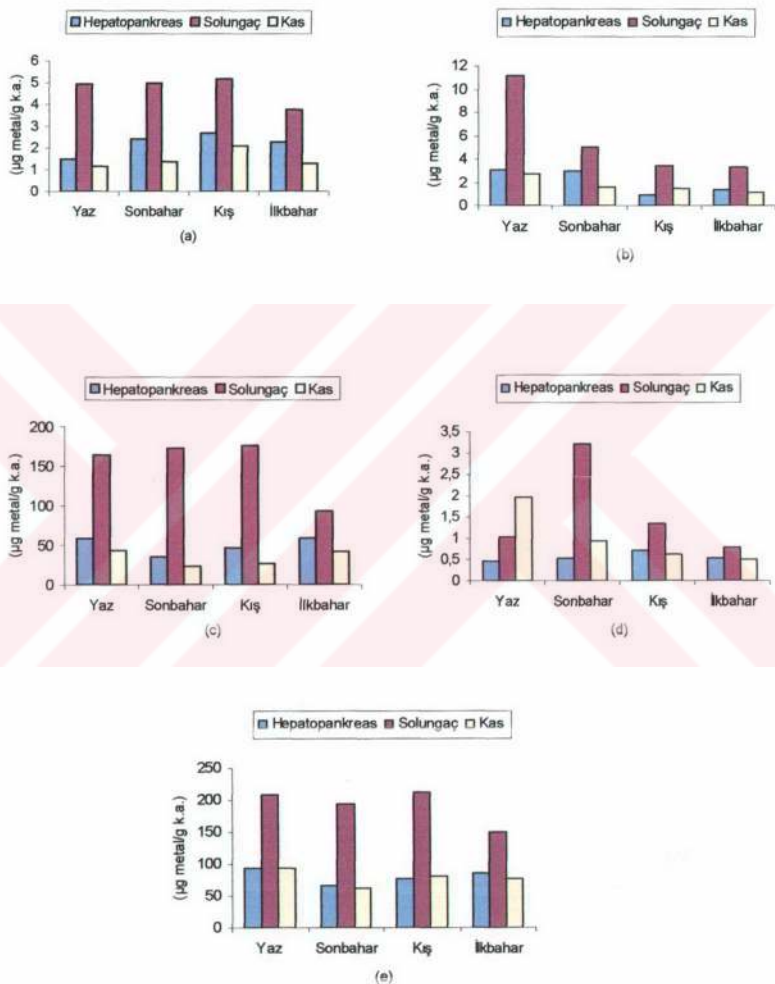
Solungaç > Hepatopankreas > Kas



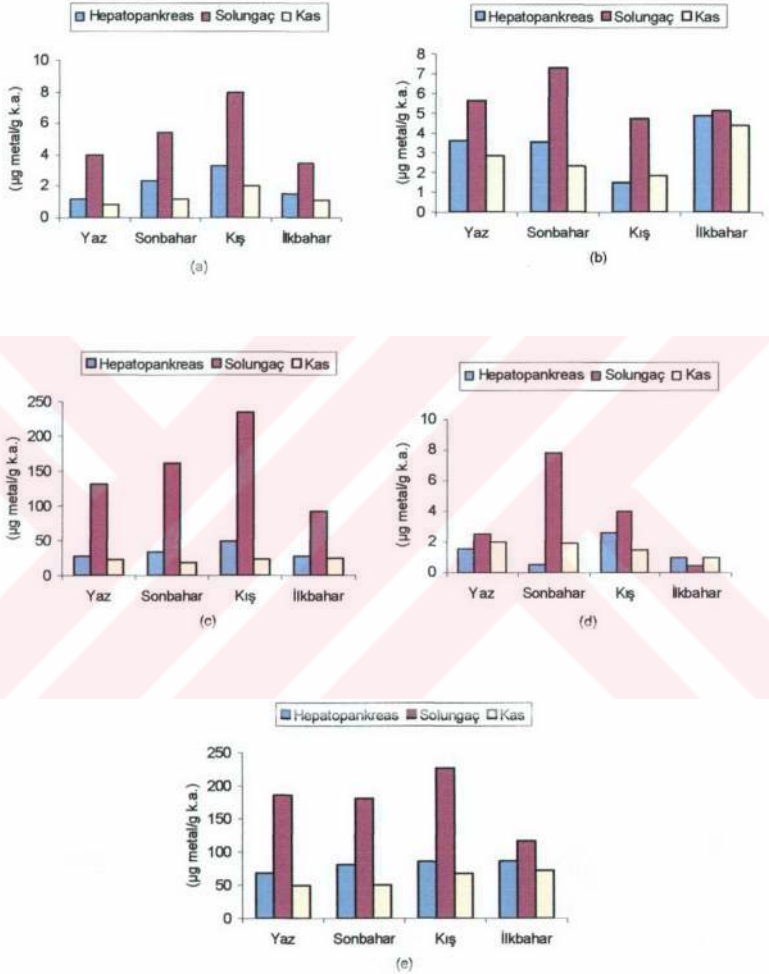
Şekil 4.5. Karaduvar istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki $\mu\text{g metal/g k.a.}$ mevsimsel değişimler.



Şekil 4.6. Deliçay istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler.



Şekil 4.7. Viranşehir istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki (µg metal/g k.a.) mevsimsel değişimler.



Şekil 4.8. Tece istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokuları Cd (a), Cr (b), Cu (c), Pb (d) ve Zn (e) düzeylerindeki mevsimsel değişimler.

B. pharaonis'in hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki antioksidant enzimlerden SOD, CAT ve GPx aktivitelerinde gözlenen mevsimsel ve istasyonlar arasındaki değişimler Çizelge 4.14 - 4.22, Şekil 4.9 – 4.12’de verilmiştir. Çalışılan tüm istasyonlarda örneklenen midyelerin dokularında, kas CAT aktivitesi dışında, antioksidant enzim aktivitesi yaz aylarında yükselirken kış aylarında düşmüştür.

Çizelge 4.14. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$				
Mevsim \ İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	2.70 ± 0.19 as	1.54 ± 0.19 at	1.33 ± 0.12 at	2.19 ± 0.14 ax
Deliçay	2.31 ± 0.17 as	1.20 ± 0.10 at	0.71 ± 0.07 bx	2.39 ± 0.15 as
Viranşehir	2.08 ± 0.15 as	1.97 ± 0.18 bs	0.57 ± 0.05 bt	2.15 ± 0.12 as
Tece	2.28 ± 0.18 as	1.45 ± 0.15 at	1.21 ± 0.08 at	2.01 ± 0.12 as

* SNK; a, ve b istasyonlar, s, t ve x harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.15. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$				
Mevsim \ İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	65.11 ± 2.07 as	53.02 ± 1.59 at	36.02 ± 2.40 abx	51.26 ± 1.83 at
Deliçay	50.09 ± 1.79 bs	46.77 ± 2.43 abs	34.76 ± 2.00 abt	39.32 ± 1.66 bt
Viranşehir	46.16 ± 1.81 bst	50.43 ± 1.56 abs	40.46 ± 1.97 at	44.46 ± 1.97 bst
Tece	50.51 ± 1.98 bs	43.97 ± 2.85 bs	31.53 ± 1.74 bt	44.16 ± 1.93 bs

* SNK; a, ve b istasyonlar, s, t ve x harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.16. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	0.27 ± 0.01 as	0.09 ± 0.007 at	0.11 ± 0.007 at	0.16 ± 0.01 ax
Deliçay	0.24 ± 0.01 as	0.11 ± 0.007 abt	0.09 ± 0.007 at	0.16 ± 0.01 ax
Viranşehir	0.23 ± 0.02 as	0.10 ± 0.007 at	0.08 ± 0.008 at	0.17 ± 0.01 ax
Tece	0.22 ± 0.01 as	0.13 ± 0.009 bt	0.09 ± 0.008 ax	0.17 ± 0.008 ay

* SNK; a, ve b istasyonlar; s, t, x ve y harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.17. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	6.33 ± 0.37 as	5.16 ± 0.24 ast	4.41 ± 0.36 at	6.22 ± 0.43 as
Deliçay	5.87 ± 0.38 as	3.88 ± 0.26 bt	3.30 ± 0.26 bt	4.88 ± 0.36 bx
Viranşehir	5.16 ± 0.41 as	4.23 ± 0.30 abt	2.44 ± 0.26 bx	6.36 ± 0.29 ay
Tece	5.83 ± 0.41 as	4.25 ± 0.30 abt	3.35 ± 0.24 bt	5.79 ± 0.35 abs

* SNK; a, ve b istasyonlar; s, t, x ve y harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.18. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	37.88 ± 1.89 as	26.48 ± 1.83 at	23.92 ± 0.64 at	31.60 ± 1.28 ax
Deliçay	32.57 ± 2.15 as	22.69 ± 1.66 atx	18.22 ± 0.98 bt	24.42 ± 1.24 bcx
Viranşehir	33.76 ± 1.57 as	22.56 ± 1.31 at	13.17 ± 0.57 cx	28.67 ± 1.45 aby
Tece	23.54 ± 1.61 bs	16.34 ± 0.88 bt	15.04 ± 0.94 ct	22.56 ± 1.48 cs

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t, x ve y harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.19. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	0.25 ± 0.01 absx	0.22 ± 0.01 ast	0.20 ± 0.01 at	0.27 ± 0.02 ax
Deliçay	0.21 ± 0.01 ast	0.25 ± 0.01 at	0.19 ± 0.01 as	0.25 ± 0.02 at
Viranşehir	0.28 ± 0.01 bs	0.17 ± 0.01 bt	0.15 ± 0.01 bt	0.36 ± 0.02 bx
Tece	0.26 ± 0.01 bs	0.21 ± 0.01 at	0.19 ± 0.01 at	0.32 ± 0.002 bx

* SNK; a ve b istasyonlar; s, t ve x harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.20. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas SOD spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_x$				
Mevsim	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Istasyon				
Karaduvar	1.90 ± 0.15 as	1.58 ± 0.12 ast	1.31 ± 0.12 at	1.63 ± 0.11 ast
Deliçay	1.43 ± 0.12 bs	1.21 ± 0.10 abs	1.22 ± 0.08 abs	1.08 ± 0.05 bs
Viranşehir	1.19 ± 0.11 bs	1.23 ± 0.09 abs	0.97 ± 0.06 bs	1.26 ± 0.08 bs
Tece	1.63 ± 0.64 abs	1.13 ± 0.08 bt	0.97 ± 0.06 bt	1.24 ± 0.08 bt

* SNK; a, ve b istasyonlar; s ve t harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P< 0.05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.21. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas CAT spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_x$				
Mevsim	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Istasyon				
Karaduvar	14.24 ± 0.74 as	9.41 ± 0.71 at	7.18 ± 0.64 ax	5.69 ± 0.58 ax
Deliçay	13.59 ± 0.83 as	11.73 ± 0.84 as	6.36 ± 0.68 abt	5.52 ± 0.63 at
Viranşehir	8.26 ± 0.65 bst	10.14 ± 0.74 at	5.61 ± 0.66 abx	6.41 ± 0.70 asx
Tece	4.07 ± 0.34 cs	4.34 ± 0.50 bs	4.28 ± 0.52 bs	5.64 ± 0.75 as

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P< 0.05 düzeyinde istatistik ayrım vardır.

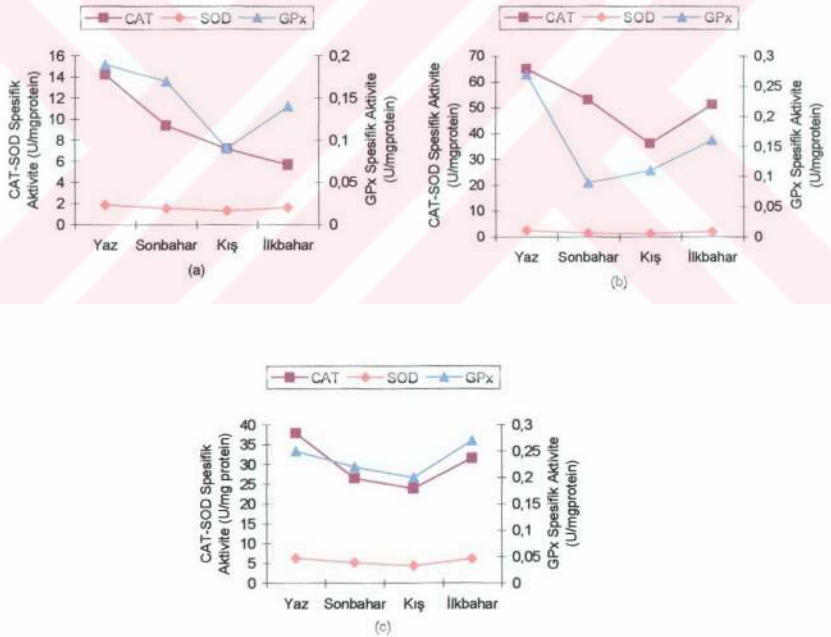
$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.22. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas GPx spesifik enzim aktivitesindeki (U/mg protein) mevsimsel değişimler.

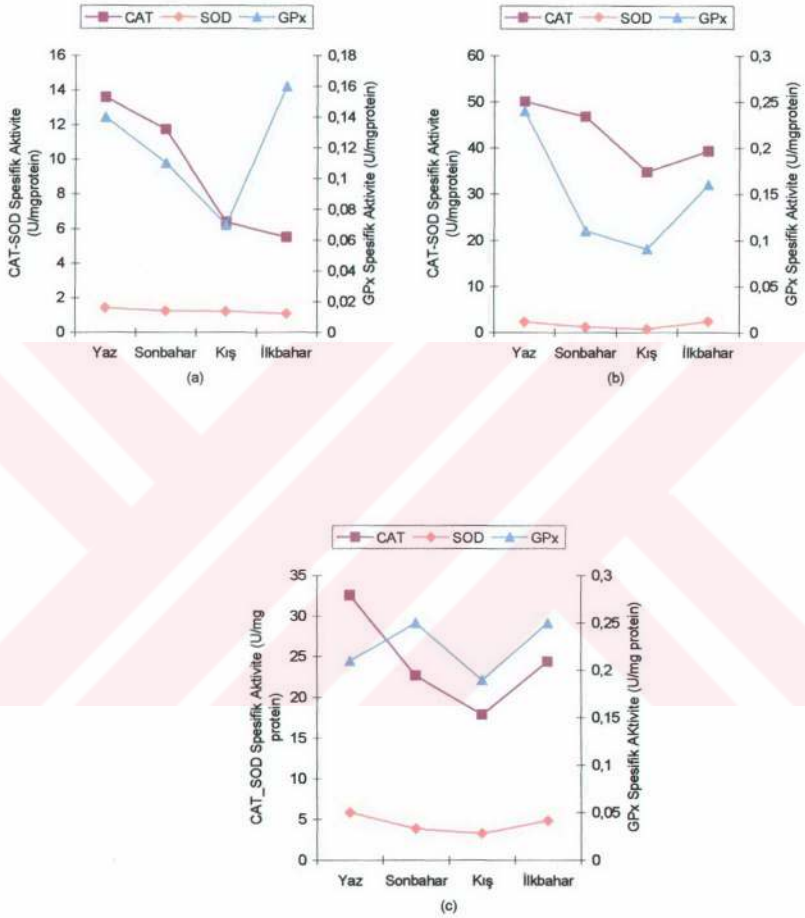
Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	0.19 $\pm$ 0.004 as	0.17 $\pm$ 0.004 at	0.09 $\pm$ 0.003 ax	0.14 $\pm$ 0.003 ay
Deliçay	0.14 $\pm$ 0.004 bs	0.11 $\pm$ 0.003 bt	0.07 $\pm$ 0.003 bx	0.16 $\pm$ 0.003 by
Viranşehir	0.13 $\pm$ 0.003 bs	0.12 $\pm$ 0.003 bt	0.07 $\pm$ 0.003 bx	0.12 $\pm$ 0.002 ct
Tece	0.12 $\pm$ 0.003 cs	0.11 $\pm$ 0.004 bs	0.06 $\pm$ 0.002 bt	0.10 $\pm$ 0.003 dx

* SNK; a, b, c ve d istasyonlar; s, t, x ve y harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrımı vardır.

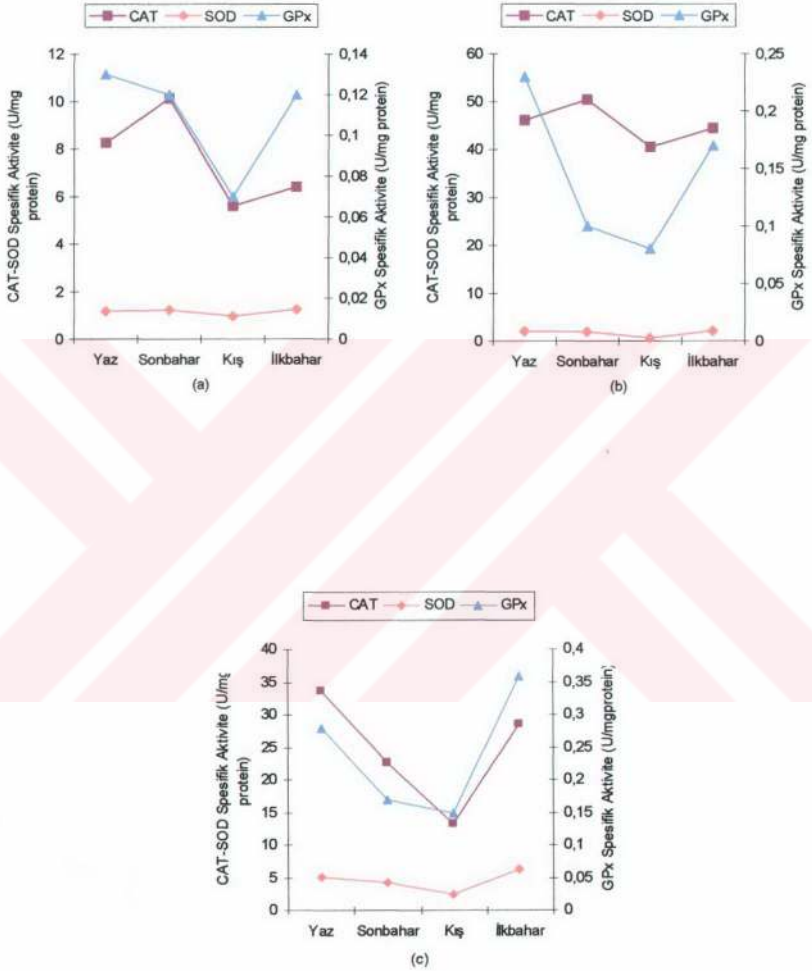
$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama $\pm$ Standart hata



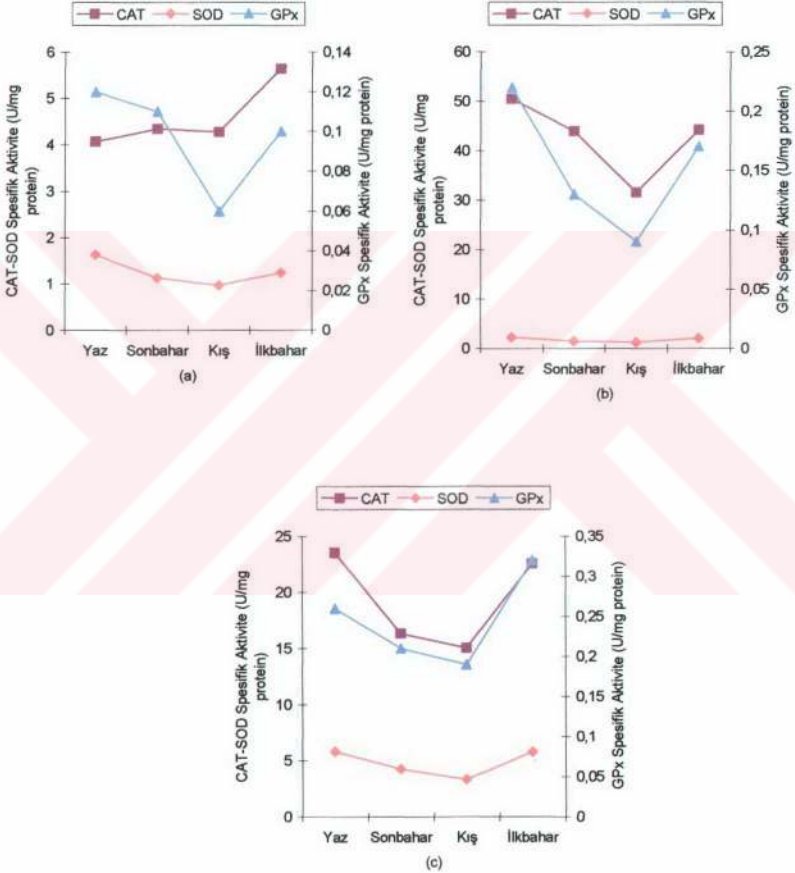
Şekil 4.9. Karaduvar örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.



Şekil 4.10. Deliçay örneklereinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değışimler.

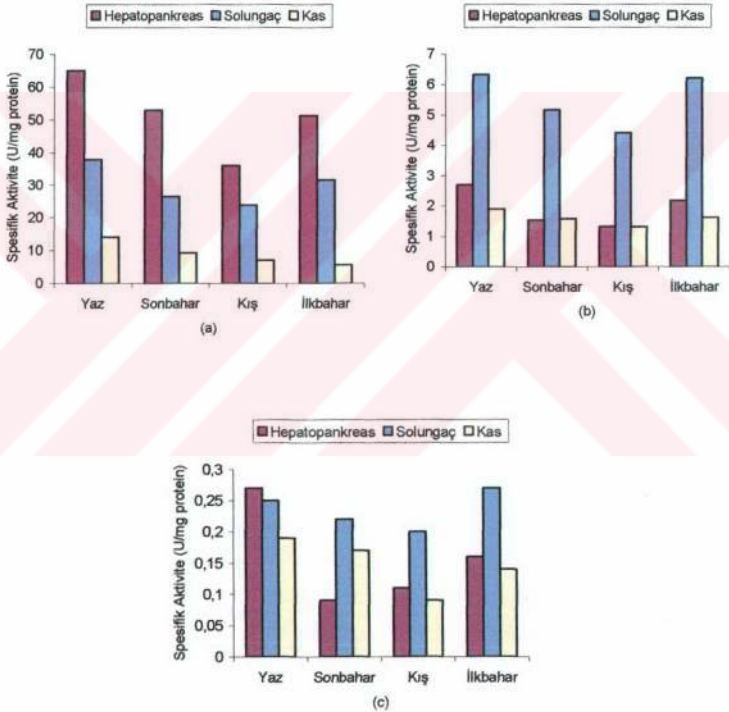


şekil 4.11. Viranşehir örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.

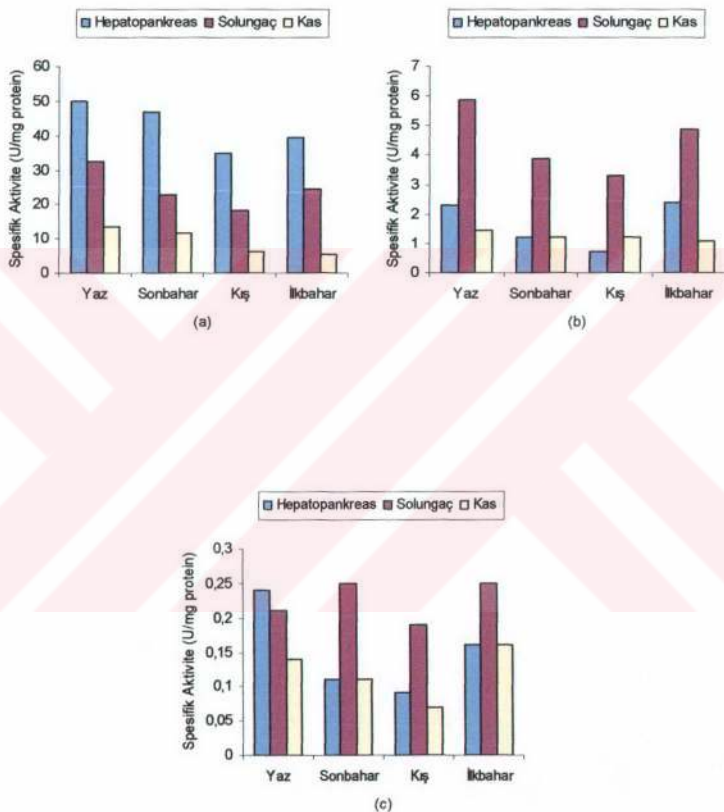


Şekil 4.12. Tece örneklerinin (a) kas, (b) hepatopankreas ve (c) solungaç dokularında antioksidant enzim aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.

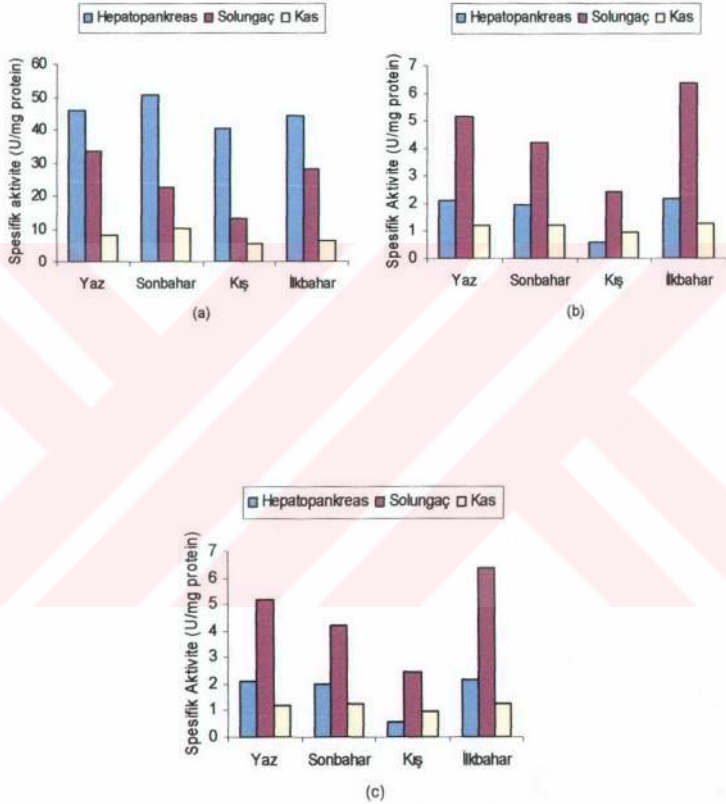
B. pharaonis örneklerinde incelenen antioksidant enzimlerin aktivitesi dokuya bağlı olarak değişim göstermiştir (şekil 4.13 – 4.16). CAT aktivitesi bakımından dokular arasındaki ilişki hepatopankreas > solungaç > kas şeklinde bulunurken, SOD ve GPx aktivitelerinde bu sıralama solungaç > hepatopankreas > kas olarak belirlenmiştir.



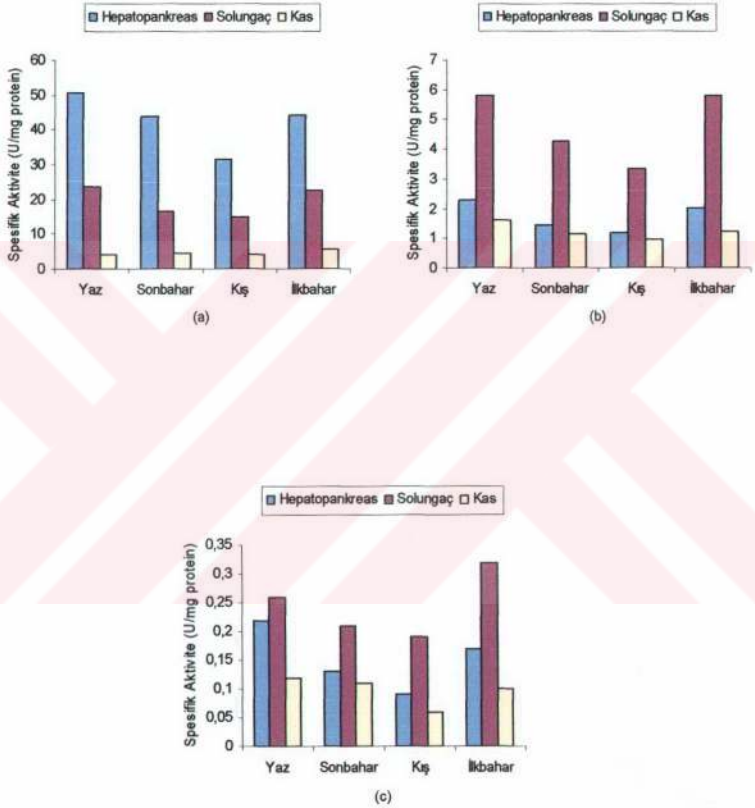
şekil 4.13. Karaduvar istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.



Şekil 4.14. Deliçay istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.



Şekil 4.15. Viranşehir istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.



Şekil 4.16. Tece istasyonundan örneklenen *B. pharaonis*'de (a) CAT, (b) SOD, (c) GPx enzimlerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki spesifik aktivitelerindeki mevsimsel değişimler.

Çalışılan tüm istasyonlarda incelenen dokulardaki MDA miktarı yaz aylarında düşme gösterirken, kış aylarında artmıştır (Çizelge 4.23 – 4.25).

Çizelge 4.23. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_x^*$				
Mevsim İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	12.68 ± 1.17 as	20.87 ± 1.05 at	30.49 ± 1.22 ax	19.54 ± 1.20 at
Deliçay	12.99 ± 1.21 as	19.68 ± 1.23 at	28.22 ± 1.13 ax	20.25 ± 1.45 at
Viranşehir	14.64 ± 1.15 as	21.27 ± 1.13 at	24.47 ± 0.93 bt	17.77 ± 1.36 as
Tece	16.03 ± 1.23 as	21.97 ± 1.19 at	23.75 ± 1.18 bt	17.70 ± 1.09 as

* SNK; a, ve b istasyonlar, s, t ve x harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.24. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler.

$\bar{X} \pm S_x^*$				
Mevsim İstasyon	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	13.58 ± 0.82 as	23.37 ± 1.13 at	35.34 ± 1.03 ax	23.33 ± 1.90 at
Deliçay	12.96 ± 0.83 as	21.81 ± 1.10 at	36.30 ± 1.09 ax	25.81 ± 1.53 ay
Viranşehir	15.59 ± 0.90 abs	24.92 ± 1.00 at	28.44 ± 1.12 bx	21.65 ± 1.22 ay
Tece	17.19 ± 1.14 bs	24.43 ± 1.26 at	26.42 ± 1.23 bt	22.50 ± 1.97 at

* SNK; a, ve b istasyonlar, s, t, x ve y harfleri mevsimler arası ayrımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayrım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.25. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas MDA düzeyindeki (nmol/mg protein) mevsimsel değişimler.

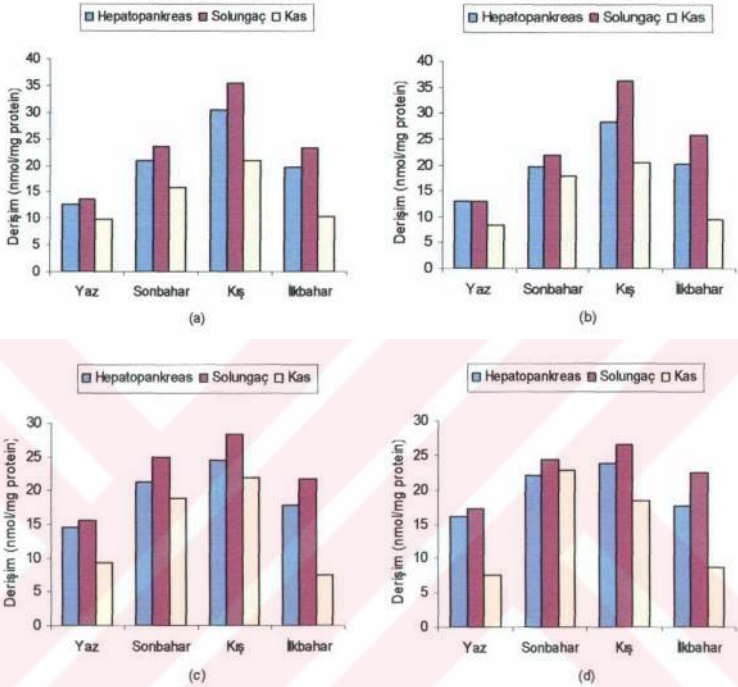
Mevsim İstasyon	$\bar{X} \pm S_x^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	9.92 ± 0.97 as	15.81 ± 1.03 at	20.83 ± 1.06 ax	10.24 ± 0.96 as
Deliçay	8.47 ± 0.87 as	17.80 ± 0.93 at	20.48 ± 1.03 ax	9.49 ± 0.80 as
Viranşehir	9.36 ± 0.77 as	18.88 ± 1.02 at	21.83 ± 1.01 ax	7.46 ± 0.50 as
Tece	7.64 ± 0.80 as	22.92 ± 1.06 bt	18.48 ± 1.42 ax	8.78 ± 0.74 as

* SNK; a, ve b istasyonlar; s, t ve x harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_x$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Belirlenen tüm istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in incelenen dokularında, lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA derişimi, dokuya bağlı olarak değişim göstermiştir (Şekil 4.17). MDA düzeyi bakımından incelenen dokular arasında aşağıdaki ilişki saptanmıştır.

Solungaç > Hepatopankreas > Kas



şekil 4.17. *B. pharaonis*'in (a) Karaduvar, (b) Deliçay, (c) Viranşehir, (d) Tece rneklerinin solungaç, hepatopankreas ve kas dokusu MDA düzeyindeki mevsimsel değişimler.

Çalışılan dokulardaki protein düzeyleri hepatopankreas dokusunda istasyon ve mevsimler arasında dalgalanma gösterirken, solungaç dokusunda değişim göstermemiş, kas dokusunda ise kiş aylarında azalmıştır (izelge 4.26 – 4.28).

Çizelge 4.26. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in hepatopankreas total protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler.

Mevsim Istasyon	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	1.36 ± 0.02 as	1.47 ± 0.04 abs	1.42 ± 0.02 as	1.40 ± 0.05 as
Deliçay	1.23 ± 0.06 acs	1.40 ± 0.05 as	1.41 ± 0.04 as	1.43 ± 0.05 as
Viranşehir	1.49 ± 0.05 bst	1.56 ± 0.03 bs	1.38 ± 0.02 at	1.42 ± 0.03 at
Tece	1.18 ± 0.05 cs	1.47 ± 0.01 abt	1.44 ± 0.02 atx	1.35 ± 0.04 ax

* SNK; a, b ve c istasyonlar; s, t ve x harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.27. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in solungaç total protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler.

Mevsim Istasyon	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	0.65 ± 0.05 as	0.65 ± 0.02 as	0.64 ± 0.02 as	0.66 ± 0.02 as
Deliçay	0.77 ± 0.06 abs	0.63 ± 0.02 at	0.76 ± 0.02 bs	0.79 ± 0.04 bs
Viranşehir	0.93 ± 0.08 bs	0.74 ± 0.02 bt	0.66 ± 0.01 at	0.59 ± 0.03 at
Tece	0.74 ± 0.05 abs	0.65 ± 0.03 as	0.68 ± 0.02 as	0.69 ± 0.03 as

* SNK; a, ve b istasyonlar; s ve t harfleri mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Çizelge 4.28. Farklı istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'in kas total protein miktarındaki (mg/g y.a.) mevsimsel değişimler.

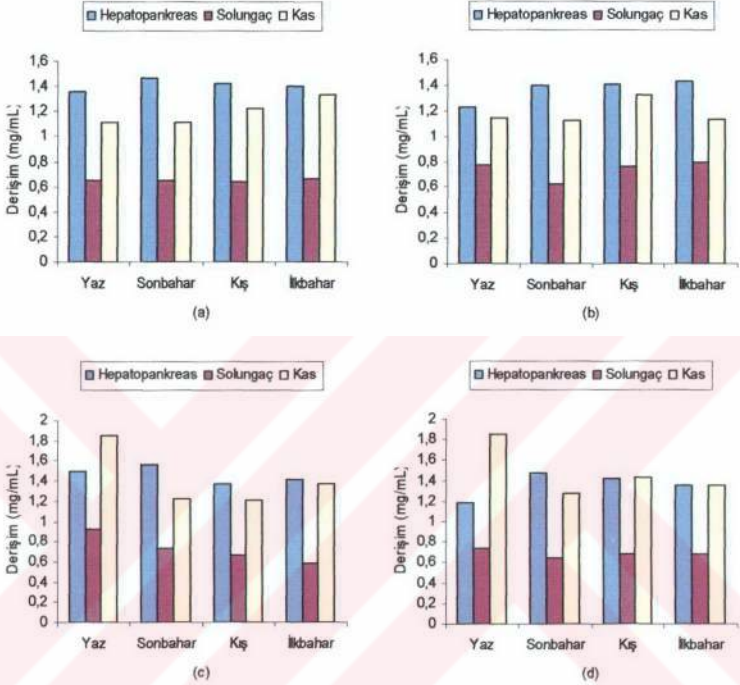
Istasyon \ Mevsim	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}^*$			
	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Karaduvar	1.11 ± 0.09 as	1.11 ± 0.06 as	1.23 ± 0.03 ast	1.34 ± 0.05 at
Deliçay	1.14 ± 0.07 as	1.12 ± 0.04 as	1.32 ± 0.03 as	1.13 ± 0.10 as
Viranşehir	1.85 ± 0.17 bs	1.22 ± 0.04 at	1.21 ± 0.05 at	1.38 ± 0.12 at
Tece	1.85 ± 0.23 bs	1.27 ± 0.04 at	1.44 ± 0.03 bt	1.35 ± 0.04 at

* SNK; a, ve b istasyonlar; s ve t harfi mevsimler arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Tüm istasyonlardan örneklenen *B. pharaonis*'de total protein düzeyi doku ve mevsime bağlı olarak değişim göstermiştir (Şekil 4.18). İncelenen dokular arasında total protein düzeyi bakımından aşağıdaki ilişki belirlenmiştir.

Kas > Hepatopankreas > Solungaç



Şekil 4.18. *B. pharaonis*'in (a) Karaduvar, (b) Deliçay, (c) Viranşehir, (d) Tece örneklerinin solungaç, hepatopankreas ve kas dokusu total protein düzeyindeki mevsimsel değişimler.

4.2. Tartışma

Su ortamlarında kirlenme öncelikle antropojenik faktörlerin doğrudan etkisinde olan kıyısız kesimlerde gözlenmektedir. Bu kesimlerde yaşayan su organizmaları genelde kirlenmeye hoşgörüsü yüksek türler olup, çeşitli metabolik ve davranışsal tepkilerle kirlenmenin negatif etkilerine direnç gösterirler. Bu özellikleri nedeniyle Mollusca ile ilgili doğal ortamlarda ağır metal birikiminin çalışıldığı çok sayıda araştırma vardır (Wong ve ark., 2000; Topcuoğlu ve ark., 2002; Yap ve ark., 2004). Örnekleme istasyonları çeşitli kirlenmelerin yoğun olarak deşarj edildiği Mersin sahil şeridinden seçilmiştir. Araştırmada çalışılan *B. pharaonis* ülkemiz Akdeniz kıyıları sığ kesimlerinde yayılma gösteren bir midye türüdür. *Bivalvia*'da vücut büyüklüğünün metal birikimine önemli etkisi nedeniyle (Chong and Wang, 2001) yaklaşık eşit boylu midyeler kullanılmıştır. Ortamın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile organizmanın biyolojik özellikleri ve kirlenmelerin ortama katılım düzeyleri mevsimlere bağlı değişim gösterdiğinden araştırma 2002-2003 yıllarında aylık örneklemeler yapılarak yürütülmüştür.

İstiridye ve midyelerde Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Hg, As ve Ag gibi ağır metal düzeylerinin mevsimlere bağlı olarak değişim gösterdiği sonbahar-kış mevsimlerinde ortalama metal derişimlerinin ilkbahar-yaz mevsimine göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Franco ve ark., 2002). Bu araştırmada da *B. pharaonis*'in dokularındaki Zn, Cu, Cr, Pb ve Cd düzeylerinin genelde tüm istasyonlarda sonbahar ve kış aylarında yükselme eğiliminde olduğu gözlenmiştir. Bu durum sonbahar ve kış mevsimlerinde gonadal gelişimin metali seyrelterek birikim düzeyini düşürebileceği ileri sürülse de (Regoli ve Orlando, 1994), gonad gelişimine paralel metabolik ve hacimsel artışla açıklanmaktadır (Wong ve ark., 2000).

Midyelerde ortam sıcaklığının artması ve su tuzluluğundaki azalma filtrasyon oranını hızlandırarak metal birikiminin artmasına neden olduğu belirtilmektedir (Kramer ve ark., 1989). *B. pharaonis*'le yapılan bu araştırmada Karaduvar, Tece ve Viranşehir istasyonu örneklerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularındaki Cd düzeyinin yaz aylarından kışa doğru artarken ilkbaharda düşme gösterdiği

saptanmıştır. Bu artış büyük bir olasılıkla, su sıcaklığındaki düşmeye karşın, mevsimsel yağıştaki artışa paralel tuzluluktaki azalma nedeniyledir. Wong ve ark., (2000)'da benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Deliçay istasyonu örneklerinin incelenen dokularındaki Cd düzeyinin ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde artış göstermesi ise bu dönemlerde Deliçay deresinin debisindeki artma nedeniyle istasyondaki tuzluluğu düşürmesinden kaynaklanabilir.

Midyelerde metal birikimi su derinliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Deniz ortamlarında kıyasal kesimler derinlere oranla kirleticilerin daha fazla etkisinde olup bu bölgede yaşayan organizmalar toksik etkili maddelerin daha yüksek derişimlerinin etkisinde kalmaktadırlar. Sığ bölgeden toplanan midyelerde Cu, Zn ve Cd derişiminin derin bölgelerden toplanan örneklere oranla daha yüksek değerler sergilediği belirlenmiştir (Philips, 1976). Bu araştırmada *B. pharaonis* örnekleri 0.5 – 1.0 m derinliklerden toplanmıştır.

Ağır metallerin su organizmalarının dokularındaki birikimi ortam derişimine bağlı olarak artar (Sharma, 1983; Cicek ve Erdem, 1992; Hollis ve ark., 2001). Endüstriyel atıkların yoğun olduğu bölgelerden örneklenen *M. gallaprovincialis*'in solungaç ve hepatopankreas dokularındaki Cu, Zn, Fe ve Mn düzeylerinin diğer istasyonlara oranla çok yüksek düzeylerde olduğu belirtilmektedir (Regoli, 1998). *M. arenaria* ve *A. borealis* açık ve kapalı denizlerden alınan örneklerinin hepatopankreas, solungaç ve kas dokularında metal düzeylerinin belirlenmesinin amaçlandığı bir araştırmada her iki istasyonda da çinko ve bakır düzeylerinin diğer metallere oranla daha yüksek olduğu ve antropojenik girdilerin fazla olması ve kapalı bir havza oluşturması nedeniyle kapalı denizde anılan metal düzeylerinin açığa oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır (Pempkowiak ve ark., 1999). Mersin kıyı şeridinde belirlenen tüm istasyonlardan alınan *B. pharaonis* örneklerinin yumuşak dokularındaki Zn ve Cu düzeyleri incelenen diğer metallerle kıyaslandığında daha yüksek düzeylerde dir. Süspansiyon halindeki besinleri süzerek beslenen midyelerin yumuşak dokularında Zn ve Cu'nın diğer metallere oranla yüksek düzeylerde bulunmaları bir detoksifikasyon mekanizması olan membran vesiküllerinin seçici olarak bu metalleri tutmasından kaynaklanabilir. Ek olarak yörede bu metaller bakımından

zengin endüstriyel, tarımsal ve evsel girdilerin bulunması, Zn ve Cu'nun ortamdaki derişimlerinin artmasına neden olmaktadır.

P. viridis'in doğal popülasyonlarında ağır metal düzeylerinin incelendiğı bir araştırmada kromun düşük düzeylerde olduğu belirtilmektedir (Nicholson, 2003). Bu araştırmada çalışılan dokulardaki en yüksek krom derişimleri yıl boyunca diğer istasyonlara oranla Deliçay örneklerinin dokularında saptanmıştır. Bu durum örnekleme istasyonu yakınlarındaki krom işletmesine bağılı olarak ortamdaki krom düzeyinin yüksek olması nedeniyle olabilir.

Ağır metallerin su omurgasızlarının yumuşak dokularındaki birikimi metale bağılı olarak değışim göstermektedir. *M. galloprovincialis*'in yumuşak dokularındaki metal düzeylerinin incelendiğı bir araştırmada eser elementlerden çinkonun bakıra oranla, toksik elementlerden de kurşunun kadmiyuma oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Licata ve ark., 2004). *P. viridis*'in yumuşak dokularındaki Cu, Zn, Pb ve Cd düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yürütölen bir araştırmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Yap ve ark., 2004). Ancak aynı türün Hong Kong kıyı şeridi örneklerinde çinko bakıra oranla daha yüksek düzeylerde bulunurken, Pb ve Cd düzeylerinde bir ayırım saptanmamıştır (Nicholson ve Szefer, 2003). Karaduvar dışındaki istasyonlardan örnekleme yapılan *B. pharaonis*'in yumuşak dokularındaki kadmiyum düzeyi kurşundan daha fazladır. Karaduvar istasyonu yakınında yer alan ATAŞ petrol rafinerisi bölgeye kurşun katkısında bulunan en önemli kaynaklardan birisidir. Çalışılan dokulardaki kurşun düzeyinin Karaduvar istasyonu örneklerinde sonbaharda yüksek bulunması ATAŞ rafinerisinin yanı sıra, bölgede bu mevsimde yürütölen yoğun balıkçılık aktivitesinden kaynaklanabileceğı düşünölmektedir. Diğer istasyonlarda Cd düzeyinin daha yüksek çıkması Toros Gübre, Soda Sanayi ve Cam Sanayi gibi endüstriyel işletme atıklarının denize deşarjı ve Mersin sahil şeridi boyunca akıntılarla taşınması ile açıklanabilir.

İngiltere'nin kuzeydoğusundaki 5 kıyı istasyonundan alınan *M. edulis* örneklerinin yumuşak dokularında ağır metal düzeyleri incelenmiş ve birikim bakımından metaller arasında $Fe > Zn > Cu > Pb > Mn > Ni > Cr > Ag \geq Cd$ ilişkisi saptanmıştır (Giusti ve ark., 1999). Midyelerin yumuşak dokularında metal

düzeyleri arasında benzer ilişki *P. viridis* ile yapılan bir araştırmada da belirtilmektedir (Nicholson, 1999). *B. pharaonis* ile yapılan bu araştırmada da hepatopankreas, solungaç ve kas dokularında metal düzeyi bakımından krom dışında benzer ilişki saptanmıştır. Çalışılan dokularda kromun kurşuna oranla yüksek düzeyde belirlenmesi büyük olasılıkla yörede yürütülen krom işletmeciliğinin bir sonucudur. *M. galloprovincialis*'le laboratuvar koşullarında yürütülen bir araştırmada solungaç dokusundaki krom düzeyinin kas ve hepatopankreasa oranla düşük olduğu belirlenmiştir (Parlak ve ark., 1999). Doğal koşullarda yürütülen bu araştırmada ise solungaç dokusunda hepatopankreas ve kasa oranla daha yüksek düzeylerde krom bulunması bu dokunun ortamda bulunan yüksek krom derişimleri ile doğrudan etkileşim içerisinde olmasından kaynaklanmaktadır.

Bivalvia'ler çeşitli metabolik olayları gerçekleştirmek amacıyla ortamdaki suyu süzdüğünden sudaki kirlilik düzeyini doğrudan yansıtan ve regülasyon yeteneklerinin sınırlı olması nedeniyle ağır metalleri özellikle yumuşak dokularında ortamdaki düzeyden çok daha yüksek derişimlerde biriktirebilirler (Puente ve ark., 1996; Blasco ve Puppo, 1999). *B. pharaonis*'in solungaç ve hepatopankreas dokularındaki Cu, Zn ve Cd düzeylerinin kasla kıyaslandığında yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Ag, Cd, Cu, Hg ve Zn'un subletal derişimlerinin kronik etkisinde bırakılan *M. edulis* ve *C. gigas* ile yapılan bir araştırmada da saptanmıştır (Bebiano ve Langston, 1991). Bu durum belirtilen dokularda birikimin metabolik aktivite ile ilişkili olması ile açıklanabilir.

Omurgasızlarda antioksidant enzim aktiviteleri mevsime bağlı olarak değişim gösterir. *M. galloprovincialis* yumuşak dokularında yaz mevsiminde çinko ve bakır gibi eser metal düzeyleri düşükken, kış mevsiminde maksimum değerlere ulaştığı, buna karşın antioksidant enzim aktivitelerinin yaz aylarında yüksek, kışın ise minimum düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Regoli, 1998). *B. pharaonis*'in yumuşak dokularındaki eser element düzeyleri yaz mevsiminde düşükken kışa doğru artış gösterdiği, SOD aktivitesinin ise tam tersi bir durum gösterdiği saptanmıştır. Yaz aylarında sıcaklıktaki artışa bağlı metabolik aktivitedeki artış, serbest oksijen radikallerinin oluşumunu artırarak SOD aktivitesini

indüklemektedir. Yaz mevsiminde eser element düzeyindeki düşme ile SOD aktivitesindeki artış, bakır ve çinkonun SOD aktivitesinde kofaktör olarak kullanımı ile açıklanabilir (Wilhelm- Filho ve ark., 2001). Düşük sıcaklıklarda Cu ve Zn düzeylerindeki artış ile SOD aktivitesindeki düşme ise metabolik aktivitedeki düşmeye bağlıdır.

Omurgasızlarda ağır metallerin solungaç ve hepatopankreas gibi metabolik olarak aktif organlarda yüksek düzeylerde birikmesi nedeniyle serbest radikallerin oluşması bu gibi organlarda daha yüksektir (Blasco ve Puppo, 1999; Kaaya ve ark., 1999). *B. pharaonis*'in solungaç ve hepatopankreasındaki SOD aktivitesinin kas dokusuna oranla yüksek olması, bu dokularda metabolik aktivitenin yüksek olması ile açıklanabilir.

B. pharaonis'de CAT ve GPx aktivitesinin hepatopankreas dokusunda, solungaç ve kasa oranla çalışılan tüm istasyonlarda yıl boyunca daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bivalviada normal koşullarda ve metal etkisinde CAT ve GPx aktiviteleri hepatopankreasta solungaca oranla daha yüksektir (Regoli ve Principato, 1995). Hepatopankreastaki yüksek enzim aktivitesi bu dokunun bir detoksifikasyon ve besin bileşenlerinin dönüşüm merkezi olması nedeniyledir.

Katalaz, hepatopankreas kökenli bir enzim olup, besin bileşenlerinin dönüşümü sırasında ortaya çıkan toksik etkili H_2O_2 'in su ve oksijene dönüşümünü katalizler (Halliwell ve Gutteridge, 1999). Bu çalışmada yaz mevsiminde Deliçay örneklerinin hepatopankreasında ağır metal derişimlerinin yüksek, CAT ve GPx aktivitelerinin düşük olması Karaduvar'da ise tam tersi bir durumun gözlenmesi, buradaki kirliliğin kimyasaldan çok organik kökenli olduğunu düşündürmektedir.

Yaz mevsiminde tüm dokularda maksimum düzeyde olan CAT ve GPx aktiviteleri, kış aylarına doğru azalma, ilkbaharda ise tekrar bir yükselme göstermiştir. Metal birikiminde ise bunun tam tersi bir durum olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, *M. galloprovincialis* ile yapılan bir çalışmada da saptanmıştır (Regoli, 1998). *M. galloprovincialis* (Orbea ve ark., 2002) ve *Corbicula fluminea*'da (Vidal ve ark., 2002) CAT ve GPx aktivitelerinin yaz aylarında maksimum, kış aylarında ise daha düşük düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Çeşitli Mollusca türleri ile yapılan çalışmalarda ilkbahar-yaz aylarında antioksidant

aktivitelerin yüksek olduğu bildirmiştir (Viarengo ve ark., 1991; Power ve Sheehan, 1996; Cancio ve ark., 1999). Kış mevsiminde metal birikimindeki artışa karşı CAT ve GPx aktivitelerinde gözlenen düşme, metabolik aktivitenin sıcaklığa bağlı olarak düşmesi ve metal birikim kapasitesinin enzim aktivitesini arttıracak substrat düzeyine erişememesinden kaynaklanabilir.

Metabolik olaylar sırasında ve bu olayları etkileyen faktörlerin etkisi ile açığa çıkan serbest oksijen radikallerinin neden olduğu oksidatif stres, hücrenin yapısal ve moleküler bileşenlerini değiştirerek toksik etkilere neden olmaktadır (Kelly ve ark., 1998). Hücre membranları lipoprotein yapısında olup, lipid fraksiyonları doymamış yağ asitleri içerir. Doymamış yağ asitlerinde zayıf hidrojen bağlarına serbest oksijen radikallerinin bağlanması peroksidasyona neden olur. Malondialdehit lipidlerin bileşiminde bulunan doymamış yağ asitlerinin moleküler yapılarındaki zayıf hidrojen bağlarının oksidasyonu sonucu oluşan bir bileşiktir. Bu nedenle, MDA düzeyindeki artış lipid peroksidasyonunun bir göstergesidir. Lipid peroksidasyonu, hücre membranının yapısal bütünlüğünde bozulmaya, kontrolsüz madde transportuna ve enerji üreten metabolik yollarda değişikliğe neden olur. *M. galloprovincialis* (Viarengo ve ark., 1991) ve *M. edulis*'de (Sheehan ve Power 1999) kış aylarında antioksidant enzim aktiviteleri düşerken MDA miktarının arttığı saptanmıştır. Antioksidant enzim aktivitesi ve MDA arasındaki bu ilişki kış mevsiminde metabolik aktivitedeki düşme, besin miktarındaki artış ve gonadal olgunlaşmayla ilişkilendirilmiştir. *B. pharaonis*'in kas, hepatopankreas ve solungaç dokularının MDA miktarı yaz aylarından kışa doğru artarken kış mevsiminde belirlenen tüm istasyonlarda maksimum değerlere ulaşmış, ilkbaharda ise düşme göstermiştir. Buna karşın antioksidant enzim aktivitelerinde ise bunun tam tersi bir durum gözlenmiştir.

B. pharaonis'le yapılan bu araştırmada solungaç, hepatopankreas ve kas dokularındaki protein düzeyi tüm istasyonlarda yaz mevsiminde artış kış mevsiminde ise azalma eğilimi göstermiştir. Solungaç ve hepatopankreas dokularında total protein düzeyi toksik kimyasalların etkisinde artma eğilimindedir. *M. edulis* ve *C. gigas*'ta Ag, Cd, Cu, Hg ve Zn 4 gün süre ile etkisinde Cd ve Hg'nın solungaç ve hepatopankreas dokuları yüksek düzeylerde birikiminin total

protein düzeyinde herhangi bir değişime neden olmamasına karşın etkide kalma süresinin uzamasıyla protein düzeyinin arttığı saptanmıştır (Geret ve ark., 2002). Bu araştırmada yaz aylarında dokulardaki metal düzeyinin kiş aylarına oranla düşük olması, bu mevsimde total protein düzeyindeki artışın metal etkisinden kaynaklanmadığını gösterir. Belirtilen dokularda yaz mevsimindeki artış büyük olasılıkla belirtilen dokularda antioksidant enzim aktivitelerindeki artış nedeni ile olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Mersin sahil şeridinde yoğun olarak bulunan *B. pharaonis*'in solungaç, hepatopankreas ve kas dokularındaki Cu, Zn, Cd, Cr ve Pb birikim düzeyleri ile total protein, lipid peroksidasyonu ve antioksidant enzim aktiviteleri incelenmiştir.

Genel olarak çalışılan tüm dokularda incelenen metal düzeyleri sonbahar ve kış aylarına doğru artış, yaz ve ilkbahar mevsimlerinde düşme göstermiştir. Total protein düzeyi yazın artma, kışın azalma gösterdi. Dokulardaki MDA miktarı kış mevsiminde belirlenen tüm istasyonlarda maksimum değerlere ulaşmış, ilkbaharda ise düşme göstermiştir. Buna karşın SOD, CAT ve GPx aktiviteleri kışın minimum yazın ise maksimum düzeylerdedir.

Kış aylarında metal birikim düzeyi ve MDA miktarındaki artış lipid peroksidasyonunun metal kaynaklı olduğunu göstermektedir. Total protein düzeyi ve antioksidant enzim aktivitelerinde yaz mevsiminde belirlenen artış bölgedeki organik madde zenginliğinin bir göstergesi olabilir.

KAYNAKLAR

- AFANAS'EV, I.B., SUSLOVA, T.B., CHEREMISINA, Z.P., ABRAMOVA, N.E., KORKINA, L.G., 1995. Study of Antioxidant Properties of Metal Aspartates. *Analyst* 120, 859-862.
- ALBERT, L.A., BADILLO, F., 1991. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Vol.117, Ware, G.W. (Ed.), Environmental Lead in Mexico Springer-Verlag, New York Inc.
- ALMEIDA, E.A., MIYAMOTO, S., BAINY, A.C.D., de MEDEIROS, M.H.G., Di MASCIIO, P., 2004. Protective Effect of Phospholipid Hydroperoxide Glutathione Peroxidase (PHGPx) against Lipid Peroxidation in Mussels *Perna perna* Exposed to Different Metals. *Marine Pollution Bulletin* 49, 386-392.
- BANARJEE, B.D., SETH, V., BHATTACHARYA, A., PASHA, S.T., CHAKRABORTY, A.K., 1999. Biochemical Effects of Some Pesticides on Lipid Peroxidation and Free Radical Scavengers. *Toxicology Letters*, 107, 33-47.
- BEBIANNO, M. J., LANGSTON, W. J., 1991. Metallothionein Induction in *Mytilus edulis* Exposed to Cadmium. *Mar. Biol.* 108, 91-96.
- BERMAN, E., 1980. Copper in "Toxic Metals and Their Analysis". Heyden and Son Ltd., London, 12, 293s.
- BEUTLER, E., 1984. Red Cell Metabolism: A manual of Biochemical Methods. Gruneand Starton, NewYork.
- BLASCO, J., PUPPO, J., 1999. Effect of Heavy Metals (Cu, Cd and Pb) on Alanine and Aspartate aminotransferase in *Ruditapes philippinarum* (Mollusca: Bivalvia). *Comp. Biochem. Physiol.* 122C, 253-263.
- CANCIO, I., IBABE, A., CAJARAVILLE, M.P., 1999. Seasonal Variation of Peroxisomal Enzyme Activities and Peroxisomal Structure in Mussels *Mytilus galloprovincialis* and its Relationship with the Lipid Content. *Comp. Biochem. Physiol.* 123C, 138-144.

- CHAN, S., GERSON, B., SUBRAMANIAM, S.,1998. The Role of Copper, Molybdenum, Selenium and Zinc in Nutrition and Health. Clin. Lab. Med. 18, 673-685.
- CHEN, S.M., YOUNG, T.K.,1998. Effects of Zinc Deficiency on Endogenous Antioxidant Enzymes and Lipid Peroxidation in Glomerular Cells of Normal and Five-Sixths Nephrectomized Rats. J. Formos. Med. Assoc. 97, 750-756.
- CHIU, S.T., LAM, F.S., TZE, W.L., CHAU, C.W., YE, D.Y., 2000. Trace Metals in Mussels from Mariculture Zones, Hong Kong. Chemosphere 41, 101-108.
- CHONG, K., WANG, W. X., 2001. Comparative Studies on the Biokinetics of Cd, Cr and Zn in the Green Mussel *Perna viridis* and the Manila clam *Ruditapes philippinarum* Environmental Pollution, 115, 107-121.
- CİCİK, B., 1991. *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein Değişimlerinin Etkileri. Master Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- CİCİK, B., ERDEM, C., 1992. *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein Değişimlerine Etkileri. Biyokimya Dergisi, XVII, 1, 51-64.
- COLES, J.A., FARLEY, S.R., PIPE, R.K., 1995. Alteration of the Immune Response of the Common Marine Mussel *Mytilus edulis* Resulting from Exposure to Cadmium. Diseases of Aquatic Organisms, 22, 59-65.
- COMPANY, R., SERAFIM, A., BEBIANNO, M.J., COSSON, R., SHILITO, B., FIALA-MEDIONI, A., 2004. Effect of Cadmium, Copper and Mercury on Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in the Gills of the Hydrothermal Vent Mussel *Bathymodiolus azoricus*. Marine Environmental Research 58, 377-381.
- COSSU, C., DOYOTTE, A., JACQUIN, M.C., BABUT, M., EXINGER, A., VASSEUR, P., 1997. Glutathione Reductase, Selenium-Dependent Glutathione Peroxidase, Glutathione Levels and Lipid Peroxidation in Freshwater Bivalves, *Unio tumidus*, as Biomarkers of Aquatic Contamination in Field Studies. Ecotoxicology and Environmental Safety, 38, 122-131.

- COUSINS, R.J., 1985. Absorption, Transport and Hepatic Metabolism of Copper and Zinc: Special Reference to Metallothionein and Ceruloplasmin. *Physiological Reviews*, 65, (2), 238-309.
- DE CONTO CINIER, C., PETIT-RAMEL, M., FAURE, R., GARIN, D. and BOUVET, Y., 1999. Kinetics of Cadmium Accumulation and Elimination in Carp *Cyprinus carpio* Tissues. *Comp. Biochem. Physiol.*, 122C: 345-352.
- DIGUISEPPI, J., FRIDOVICH, I., 1984. The Toxicology of Molecular Oxygen. *CRC Crit. Rev. Toxicol.* 12, 315-342.
- DIMITRIADIS, V.K., DOMOUHTSIDOU, G.P., RAFTOPOULOU, E., 2003. Localization of Hg and Pb in the Palps, the Digestive Gland and the Gills in *Mytilus galloprovincialis* (L.) Using Autometallography and X-Ray Microanalysis. *Environmental Pollution* 125, 345-353.
- DOMOUHTSIDOU, G.P., DAILIANIS, S., KALOYIANNI, M., DIMITRIADIS, V.K., 2004. Lysosomal Membrane Stability and Metallothionein Content in *Mytilus galloprovincialis* (L.), as Biomarkers Combination with Trace Metal Concentrations. *Marine Pollution Bulletin* 48, 572-586.
- DOYOTTE, A., COSSU, C., JACQUIN, M.C., BABUT, M., VASSEUR, P., 1997. Antioxidant Enzymes, Glutathione and Lipid Peroxidation as Relevant Biomarkers of Experimental or Field Exposure in the Gills and the Digestive Gland of the Freshwater Bivalve *Unio tumidus*. *Aquatic Toxicology*, 39, 93-110.
- ELLIOT, N.G., SWAIN, R., RITZ, D.A., 1986. Metal Interaction During Accumulation by the Mussel (*Mytilus edulis planulatus*). *Marine Biology*, 93, 359-399.
- ELTOHAMY, M.M., YOUNIS, M., 1991. Response of Testes, Epididymis and Seminal Vesicle of Rabbits to Zinc Deficiency. *Arch. Exp. Veterinarmed*, 45, 155-160.
- FELS, L.M., BUNDSCHUH, I., GWINER, W., JUNG, K.I. PERGAND, M., GRAUBAUM, H.J., PRICE, R.P., TAYLOR, S.A., DeBRUE, M.E., NUYTS, G.D., MUTTL, A., FRANCHINI, I., LAUWERYS, R., ROELS, H., BERNARD, A., GELPHI, E., ROSELLA, J., HOHU, G., STOLTE, H., 1994.

- Early Urinary Markers of Target Nephron Segments as Studies in Cadmium Toxicity. *Kidney International* 46 (Suppl. 47) S81-S88.
- FERGUSSON, J., 1990. *The Heavy Element: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Bergamon Press. Oxford 614s .
- FRANCO, J., BORJA, A., SOLAUN, O., PEREZ, V., 2002. Heavy Metals in Molluscs from the Basque Coast (Northern Spain): Results from an 11-Year Monitoring Programme. *Baseline/ Marine Pollution Bulletin* 44, 973-976.
- FREDERICKSON, C.J., SUH, S.W., SILVA, D., THOMPSON, R.B., 2000. Importance of Zinc in the Central Nervous System: the Zinc-Containing Neuron. *J. Nutr.* 130, 1471-1483.
- GEORGE, S.G., 1991. Cell Biochemistry and Transmembrane Transport of Some Metals (E.MERIAN ed.). *Metals and Their Compounds in the Environment*, NewYork, s.511-521.
- GERET, F., JOUAN, A., TURPIN, V., BEBIANNO, M.J. and COSSON, R.P., 2002. Influence of Metal Exposure on Metallothionein Synthesis and Lipid Peroxidation in Two Bivalve Mollusks the Oyster (*Crassostrea gigas*) and the Mussel (*Mytilus edulis*). *Aquat. Living Resour.* 15, 61-66.
- GIUSTI, L., WILLIAMSON, A.C., MISTRY, A., 1999. Biologically Available Trace Metals in *Mytilus edulis* from the Coast of Northeast England. *Environmental International*, Vol.25, No. 8, 969-981.
- GOLDBERG, E.D., 1975. The Mussel Watch: a First Step in Global Marine Monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 6, 111-132.
- GREGORY, M.A., MARSHALL, D.J., GEORGE, R.C., ANANDRAJ, A., McCLURG, T.P., 2002. Correlations Between Metal Uptake in the Soft Tissue of *Perna perna* and Gill Filament Pathology After Exposure to Mercury. *Marine Pollution Bulletin* 45, 114-125.
- GUNDACKER, C., 1999. Tissue-Specific Heavy Metal (Cd, Pb, Cu, Zn) Deposition in a Natural Population of the Zebra Mussel *Dreissena polymorpha* Pallas. *Chemosphere*, Vol. 38: No 14, 3339-3356.
- HALLIWELL, B., 1994. Free Radicals and Antioxidants: a Personal View. *Nutr. Rev.*, 52, 253-265.

- HALLIWELL, B., GUTTERIDGE, J.M.C., 1999. Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford University Press, London, 936pp.
- HILMY, A.M., SHABANA, M.B. and DAABES, A.Y., 1985. Bioaccumulation of Cadmium Toxicity in *Mugil cephalus*. Comp. Biochem. Physiol., 81C, 1: 139-143.
- HOLLIS, L., HOGSTRAND, C., WOOD, J.M., 2001. Tissue Specific Cadmium Accumulation Metallothionein Induction and Tissue Zinc and Copper Levels during Chronic Sublethal Cadmium Exposure in Juvenile Rainbow Trout. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 41(4), 468-474.
- IRATO, P., SANTOVITO, G., CASSINI, A., PICCINNI, E., ALBERGONI, V., 2003. Metal Accumulation and Binding Protein Induction in *Mytilus galloprovincialis*, *Scapharca inaequivalvis* and *Tapes philippinarum* from the Lagoon of Venice. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 44, 476-484.
- KAAYA, A., NAJIMI, S., RIBERA, D., NARBONNE, F., MOUKRIM, A., 1999. Characterization of Glutathione S-Transferases (GST) Activities in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* Used as a Biomarker of Pollution in the Agadir Marine Bay (South of Morocco). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 62, 623-629.
- KALPAXIS, D.L., THEOS, C., XAPLANTERI, M.A., DINOS, G.P., CATSIKI, A.V., LEOTSINIDIS, M., 2004. Biomonitoring of Gulf of Patras, N. Peloponnesus, Greece. Application of a Biomarker Suite Including Evaluation of Translation Efficiency in *Mytilus galloprovincialis* Cells. Environmental Research 94, 211-220.
- KATTI, S.R., SATHYANESAN, A.G., 1983. Lead Nitrate Induced Changes in Lipid and Cholesterol Levels in the Freshwater Fish (*Clarias batrachus*). Toxicology Letters, 19, 93-96.
- KATTI, S.R., SATHYANESAN, A.G., 1986. Lead Nitrate Induced Changes in the Brain Constituents of the Freshwater Fish *Clarias batrachus*. Neuro Toxicol., 3, 47-52

- KAVUN, V.Y., SHULKIN, V.M., KHRISTOFOROVA, N.K., 2002. Metal Accumulation in Mussels of the Kuril Islands, North-West Pacific Ocean. *Marine Environmental Research*, 53, 219-226.
- KELLY, S.A., HAVRILLA, C.M., BRADY, T.C., ABRAMO, K.H., LEVIN, E.D., 1998. Oxidative Stress in Toxicology: Established Mammalian and Emerging Piscine Model Systems. *Environmental Health Perspectives*, 106 (7), 375-384.
- KRAMER, K.J.M., JENNER, H.A., De ZWART, D., 1989. The Valve Movement Response of Mussels: a Tool in Biological Monitoring. *Hydrobiologia*, 188/189, 433-443.
- KUMLU, M., 1997. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Ders Kitabı, No 6, 205-209.
- LABONNE, M., OTHMAN, D.B., LUCK, J.M., 2001. Pb Isotopes in Mussels as Tracers of Metal Sources and Water Movements in a Lagoon (ThauBasin, S. France). *Chemical Geology* 181, 181-191.
- LABONNE, M., OTHMAN, D.B., LUCK, J.M., 2002. Use of non-Radioactive, Mono-Isotopic Metal Tracer for Studying Metal (Zn, Cd, Pb) Accumulation in the Mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Applied Geochemistry* 17, 1351-1360.
- LAU, P.S., WONG, H.L., 2003. Effect of Size, Tissue Parts and Location on Six Biochemical Markers in the Green-Lipped Mussel, *Perna viridis*. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1563-1572.
- LAU, P.S., WONG, H.L., GARRIGUES, Ph., 2004. Seasonal Variation in Antioxidative Responses and Acetylcholinesterase Activity in *Perna viridis* in Eastern Oceanic and Western Estuarine Waters of Hong Kong. *Continental Shelf Research*, 24, 1969-1987.
- LEE, B.-G., WALLACE, W.G., LUOMA, S.N., 1998. Uptake and Loss Kinetics of Cd, Cr and Zn in the Bivalves *Potamocorbula amurensis* and *Macoma balthica*: Effects of Size and Salinity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 175; 177-189.
- LESSER, M.P., KRUSE, V.A., 2004. Seasonal Temperature Compensation in the Horse Mussel, *Modiolus modiolus*: Metabolic Enzymes, Oxidative Stress and Heat Shock Proteins. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 137, 495-504.

- LIANG, L.N., HE, B., JIANG, G.B., CHEN, D.Y., YAO, Z.W., 2004. Evaluation of Mollusks as Biomonitors to Investigate Heavy Metal Contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Science of the Total Environment*, 324, 105-113.
- LICATA, P., TROMBETTA, D., CRISTANI, M., MARTINO, D., NACCARI, F., 2004. Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the Mussel *Mytilus galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, ITALY). *Environmental International*, 30, 805-810.
- LIVINGSTONE, D.R., CLARKE, K.R., 1983. Seasonal Changes in Hexokinase from the Mantle Tissue of the Common Mussel *Mytilus edulis* L Comp. *Biochem. Physiol.*, 74 B, 691-702.
- LIVINGSTONE, D.R., 1993. Biotechnology and Pollution Monitoring. Use of Molecular Biomarkers in the Aquatic Environment. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 57, 195-211.
- LOWRY, O.H., ROSENBOUGH, N.J., FARR, A.L., RANDALL, R.J., 1951. Protein Measurement with Folin Phenol Reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-275.
- MADER, S.S., 1996. *Biology*. Times Mirror Higher Education Group, Inc. Printed in the USA, 486-487
- MANDUZIO, H., MONSINJON, T., GALAP, C., LEBOULENGER, F., ROCHER, B., 2004. Seasonal Variations in Antioxidant Defences in Blue Mussels *Mytilus edulis* Collected from a Polluted Area: Major Contributions in Gills of an Inducible Isoform of Cu/Zn-Superoxide Dismutase and of Glutathione S-transferase. *Aquatic Toxicology*, 70, 83-93.
- McCORD, J.M. and FRIDOVICH, I., 1969. Superoxide Dismutase: An Enzymatic Function for Erythrocyte (Hemocytin). *Journal of Biological Chemistry*, 244, 6049.
- MERLINI, M., 1980. Some Consideration on Heavy Metals in the Marine Hydrosphere and Biosphere. *Thalassia Jugoslavica*, 16, (2), 367-376.

- MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, M., VERRIOPOULOS, G., 1982. Individual and Combined Toxicity of Three Heavy Metals: Cu, Cd and Cr for the Marine Copepod *Tisbe holothuriae*. *Hydrobiologia*, 87, 83-87.
- MOURA, G., VILARINHO, L., MACHADO, J., 2000. The Action of Cd, Cu, Cr, Zn and Pb on Fluid Composition of *Anodonta cygnea* (L.): Organic Components. *Comp. Biochem. and Phys., Part B*, 127, 105-112.
- MURAMOTO, S., 1983. Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long Term Exposure to EDTA and Freshwater. *J. Environ. Sci. Health*, A18, (3), 455-461.
- NASCI, C., Da ROS, L., CAMPESAN, G., FOSSATO, V.U., 1998. Assessment of the Impact of Chemical Pollutants on Mussel, *M. galloprovincialis*, from the Venice Lagoon, Italy. *Marine Environ. Research*, Vol.46, No 1-5, 279-282.
- NICHOLSON, S., 1999. Cytological and Physiological Biomarker Responses from Green Mussel, *Perna viridis* (L.) Transplanted to Contaminated Sites in Hong Kong Coastal Waters. *Marine Pollution Bulletin*, 39, 261-268.
- NICHOLSON, S., SZEFER, P., 2003. Accumulation of Metals in the Soft Tissues , Byssus and Shell of the Mytilid Mussel *Perna viridis* (Bivalvia : Mytilidae) from Polluted and Uncontaminated Locations in Hong Kong Coastal Waters. *Baseline/Marine Pollution Bulletin*, 46, 1035-1048.
- NOMIYAMA, K., 1980. Recent Progress and Perspectives in Cadmium Health Effects Studies. *The Science of the Total Environment*, 14, 199-232.
- ODZAK, N., ZVONARIC, T., KLJAKOVIC, Z.G., HORVAT, M., BARIC, A., 2000. Biomonitoring of Mercury in the Kastela Bay Using Transplanted Mussels. *The Science of the Total Environment*, 261, 61-68.
- OHKAWA, H., OHISHI, N., TAGI, K., 1979. Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction. *Analytical Chemistry*, 95, 351-358.
- ORBEA, A., ZARRAGOITIA, M.O., SOLE, M., PORTE, C., CAJARAVILLE, M.P. 2002. Antioxidant Enzymes and Peroxisome Proliferation in Relation to Contaminant Body Burdens of PAHs and PCBs in Bivalve Molluscs, Crabs and Fish from the Urdaibai and Plentzia Estuaries (Bay of Biscay). *Aquatic Toxicology*, 58; 75-98.

- PARLAK, H., KATALAY, S., BÜYÜKİŞİK, B., 1999. Accumulation and Loss of Chromium by Mussels (*Mytilus galloprovincialis*). Bull. Environ. Contam. Toxicol., 62; 286-292.
- PEMPKOWIAK, J., SIKORA, A., BIERNACKA, E., 1999. Speciation of Heavy Metals in Marine Sediments vs Their Bioaccumulation by Mussels. Chemosphere, Vol. 39, No 2, pp. 313-321.
- PHILIPS, D. J. H., 1976. The Common Mussel *Mytilus edulis* as an Indicator of Pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. I. Effects of Environmental Variables on Uptake of Metals. Marine Biology 38 : 59-69.
- PHILIPS, D. J. H., SEGAR, D.A., 1986. Use of Bioindicators in Monitoring Conservative Contaminants: Programme Design Imperatives. Marine Pollution Bulletin, 17: 10-17.
- POWER, A., SHEEHAN, D., 1996. Seasonal Variation in the Antioxidant System of Gill and Digestive Gland of the Blue Mussel *Mytilus edulis*. Comp. Biochem, Physiol., 114C, 99-103.
- PRAKASH, T., JAGANNATHA, R. K. J., 1995. Modulations in Antioxidant Enzymes in Different Tissues of Marine Bivalve *Perna viridis* During Heavy Metal Exposure. Mol.Cell. Biochem., 146, 107-113.
- PUENTE, X., VILLARES, R., CARRAL, E., CARBALLEIRA, A., 1996. Nacreous Shell of *Mytilus galloprovincialis* as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution in Galiza (NW Spain). The Science of the Total Environment, 183, 205-211.
- REGOLÌ, F., 1998. Trace Metals and Antioxidant Enzymes in Gills and Digestive Gland of the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, Volume 34, Issue 1, January, pp. 48-63.
- REGOLÌ, F., ORLANDO, E., 1994. Seasonal Variation of Trace Metal Concentrations (Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) in the Digestive Gland of the Mediterranean Mussel *Mytilus galloprovincialis*: Comparison between a Polluted and a non-Polluted Site. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 27, 36-43.

- REGOLÌ, F., PRINCIPATO, G., 1995. Glutathione, Glutathione-Dependent and Antioxidant Enzymes in Mussel, *Mytilus galloprovincialis* Exposed to Metals Under Field and Laboratory Conditions: Implications for the use of Biochemical Biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 31, 143-164.
- RILOV, G., GASITH, A., BENAYAHU, Y., 2002. Effect of an Exotic Prey on the Feeding Pattern of a Predatory Snail. *Marine Environ. Research* 54, 85-98.
- ROMEO, M., HOARAU, P., GARELLO, G., GNASSIA-BARELLI, M., GIRARD, J.P., 2003. Mussel Transplantation and Biomarkers as Useful Tools for Assessing Water Quality in the NW Mediterranean. *Environmental Pollution*, 122, 369-378.
- RUELAS-INZUNZA, J., SOTO, L.A., PAEZ-OSUNA, F., 2003. Heavy-Metal Accumulation in the Hydrothermal Vent Clam *Vesicomya gigas* from Guaymas Basin, Gulf of California. *Deep-Sea Research I*, 50, 757-761.
- SHARMA, R.P., 1983. Ligands Binding Cadmium, Zinc and Copper in a Species of New Zealand Oyster (*Ostrea lutaria*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 30, 428-434.
- SHEEHAN, D., POWER, A., 1999. Effects of Seasonality on Xenobiotic and Antioxidant Defence Mechanisms of Bivalve Mollusc. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 123, 193-199.
- SOLE, M., PORTE, C., ALBAIGES, J., 1994. Mixed-Function Oxygenase System Components and Antioxidant Enzymes in Different Marine Bivalves: Its Relation with Contaminant Body Burdens. *Aquat. Toxicol.*, 30, 271-281.
- SWAILEH, K.M., 1996. Seasonal Variations in the Concentrations of Cu, Cd, Pb and Zn in *Arctica islandica* L. (Mollusca : Bivalvia) from Kiel Bay, Western Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 631-635.
- SZEFER, P., IKUTA, K., KUSHIYAMA, S., SZEFER, K., FRELEK, K., GELDON, J., 1997a. Distribution and Association of Trace Metals in Soft Tissue and Byssus of *Mytilus edulis* from the East Coast of Kyushu Island, Japan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 32, 184-190.

- SZEFER, P., GELDON, J., ALI, A.A., BAWAZIR, A., SAD, M., 1997b. Distribution and Association of Trace Metals in Soft Tissue and Byssus of Mollusc *Perna perna* from the Gulf of Aden, Yemen. *Environment International*, 23, 53-61.
- SZEFER, P., GELDON, J., ALI, A.A., PAEZ-OSUNA, F., RUIZ-FERNANDES, A.C., GUERRERO GALVAN, S.R., 1998. Distribution and Association of Trace Metals in Soft Tissue and Byssus of *Mytella strigata* and Other Benthic Organisms from Mazatlan Harbour, Mangrove Lagoon of the Northwest Coast of Mexico. *Environment International*, 24, 359-374.
- SZEFER, P., IKUTA, K., FRELEK, K., ZDROJEWSKA, I., NABRZYSKI, M., 1999. Mercury and Other Trace Metals (Ag, Cr, Co and Ni) in Soft Tissue and Byssus of *Mytilus edulis* from the East Coast of Kyushu Island, Japan. *The Science of the Total Environment*, 229, 227-234.
- TOPÇUOĞLU, S., KIRBAŞOĞLU, Ç., GÜNGÖR, N., 2002. Heavy Metals in Organisms and Sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environmental International*, 27, 521-526.
- TORRES, M.A., TESTA, C.P., GASPARI, C., MASUTTI, M.B., PANITZ, C.M.N., CURI-PEDROSA, R., de ALMEIDA, E.A., di MASCIO, P., FILHO, D.W., 2002. Oxidative Stress in the Mussel *Mytella guyanensis* from Polluted Mangroves on Santa Catarina Island, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 44, (9), 923-932.
- TULASI, S.J., REDDY, P.U.M., ROMANA RAO, J.V., 1992. Accumulation of Lead and Effects on Total Lipids on Lipid Derivatives in the Freshwater Fish *Anabas testudineus* (Bloch). *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 23, 33-38.
- VALLEE, B. and FALCHUK, K., 1993. The Biochemical Basis of Zinc Physiology. *Physiol. Rev.*, 73, 79-118.
- VENUGOPAL, N.B.R.K., RAMESH, T.V.D.D., REDDY, D.S., REDDY, S.L.N., 1997. Effect of Cadmium on Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation in a Freshwater Field Crab, *Barytelphusa guerini*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 59, 132-138.

- VERRIOPOULOS, G., DIMAS, S., 1988. Combined Toxicity of Copper, Cadmium, Zinc, Lead, Nickel and Chrome to the Copepod *Tisbe holothuriae*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 41 : 378-384.
- VIARENGO, A., 1985. Biochemical Effects of Trace Metals. Ar. Poll. Bull. 16 (4), 153-158.
- VIARENGO, A., CANESI, L., GARCIA-MARTINEZ, P., PETERS, L.D., LIVINGSTONE, D.R., 1995. Pro-Oxidant Processes and Antioxidant Defence Systems in the Tissues of the Antarctic Scallop (*Adamussium colbecki*) Compared with the Mediterranean Scallop (*Pecten jacobaeus*). Comp. Biochem. Physiol., Vol. 111B, No 1, 119-126.
- VIARENGO, A., CANESI, L., PERTICA, M., LIVINGSTONE, D.R., 1991. Seasonal Variation in the Antioxidant Defence Systems and Lipid Peroxidation of the Digestive Gland of Mussels. Comp. Biochem. Physiol., 100C, 187-190.
- VIARENGO, A., CANESI, L., PERTICA, M., POLI, G., MOORE, M.N. and ORUNESU, M., 1990. Heavy Metal Effects on Lipid Peroxidation in the Tissues of *Mytilus galloprovincialis*. Lam. Comp. Biochem. Physiol., 97 C, 37-42.
- VIARENGO, A., PERTICA, M., CANESI, L., BIASI, F., CECCHINI, G., ORUNESU, M., 1988. Effects of Heavy Metals on Lipid Peroxidation in Mussel Tissues. Marine Environmental Research, 24: 354-358.
- VIARENGO, A., PERTICA, M., MANCINELLI, G., CAPELLI, R., ORUNESU, M., 1980. Effect of Copper on the Uptake of Amino Acids on Protein Synthesis and on ATP Content in Different Tissues of *Mytilus galloprovincialis*, Lam. Marine Environmental Research, 4, 145-152.
- VIDAL, M.L., BASSERES, A., NARBONNE, J.F., 2002. Seasonal Variations of Pollution Biomarkers in Two Populations of *Corbicula fluminea* (Muller). Comp. Biochem., and Physiol., 131C, 133-151.
- WALSH, A.R., O'HALLORAN, J., 1997. The Accumulation of Chromium by Mussels *Mytilus edulis* (L.) as a Function of Valency, Solubility and Ligation. Marine Environmental Research, Vol. 43, No 1/2, 41-53.

- WANG, W.-X, FISHER, N.S., LUOMA, S.N., 1996. Kinetic Determinations of Trace Elements Bioaccumulation in the Mussels *Mytilus edulis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 140, 91-113.
- WILHELM-FILHO, D., TRIBESS, T., GASPARI, C., CLAUDIO, F.D., TORRES, M.A., MAGALHAES, A.R.M., 2001. Seasonal Changes in Antioxidant Defenses of the Digestive Gland of the Brown Mussel (*Perna perna*). Aquaculture, 203, 149-158.
- WINSTON, G.W., DI GIULIO, R.T., 1991. Prooxidant and Antioxidant Mechanisms in Aquatic Organisms. Aquat. Toxicol., 19, 137-161.
- WONG, C.K.C., CHEUNG, R.Y.H., WONG, M.H., 2000. Heavy Metal Concentrations in Green-Lipped Mussels Collected from Tolo Harbour and Markets in Hong Kong and Shenzhen. Environ. Pollut., 109, 165-171.
- YAP, C.K., ISMAIL, A., TAN, S.G., 2003. Can the Byssus of Green-Lipped Mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from the West Coast of Peninsular Malaysia be a Biomonitoring organ for Cd, Pb, and Zn? Field and Laboratory Studies. Environmental International, 29, 521-528.
- YAP, C.K., ISMAIL, A., OMAR, H., TAN, S.G., 2004. Toxicities and Tolerances of Cd, Cu, Pb and Zn in a Primary Producer (*Isochrysis galbana*) and in a Primary Consumer (*Perna viridis*). Environmental International, 29, 1097-1104.
- ZAKHARTSEV, M.V., CHELOMIN, V.P., BELCHEVA, N. N., 2000. The Adaptation of Mussels *Crenomytilus grayanus* to Cadmium Accumulation Result in Alterations in Organization of Microsomal Enzyme-Membrane Complex (Non-Specific Phosphatase). Aquatic Toxicology, 50, 39-49.
- ZAUKE, G.P., CLASON, B., SAVINOV, V.M., SAVINOVA, T., 2003. Heavy Metals of Inshore Benthic Invertebrates from the Barents Sea. The Science of the Total Environment, 306, 99-110.
- ZELIKOFF, J.T., BOWSER, D., SQUIBB, K.S., FRENKEL, K., 1995. Immunotoxicity of Low Level Cadmium Exposure in Fish: An Alternative Animal Model for Immunotoxicological Studies. Journal of Toxicology and Environmental Health 45, 235-248.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Adana'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümüne girdim ve 1995 yılında "Biyolog" unvanı ile mezun oldum. 1996 yılında Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladım. Aynı yıl Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladım. 1998 yılında Yüksek Lisansımı tamamladım. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında Doktora başladım ve Doktoramı tamamlamak üzere Mersin Üniversitesinden Çukurova Üniversitesine 35. madde ile görevlendirildim. Görevime Araştırma Görevlisi olarak devam etmekteyim.

