

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**EGE BÖLGESİ MİDYELERİNDE
(*Mytilus galloprovincialis*) İZ ELEMENT
KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fahtih BAKIRCI

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 614.01.00

Sunuş tarihi: 22 / 07 / 2009

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülden OVA

Bornova-İzmir

III

Fahtih BAKIRCI tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak sunulan “**Ege Bölgesi Midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) İz Element Kirliliğinin Araştırılması**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22 / 07 / 2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği / ~~oy çokluğu~~ ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Gülden OVA

Raportör Üye : Prof. Dr.Yaşar HIŞIL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Can A. ATAMAN.....

ÖZET

EGE BÖLGESİ MİDYELERİNDE (*Mytilus galloprovincialis*) İZ ELEMENT KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

BAKIRCI, Fahtih

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Gülden OVA

Temmuz 2009, 134 sayfa

Bu çalışmada Ege Bölgesinde, İzmir Körfezinde doğal ortamda yetişen *M. galloprovincialis* tipi kara midyelerdeki arsenik (As), bakır (Cu), cıva (Hg), çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) birikimi 2008 yılı Ocak – Aralık döneminde altı ayrı istasyondan her ay örnek toplanarak izlenmiştir.

Alaçatı, Balıklıova, Bodrum, Bostanlı, Narlıdere ve Sasalı Bölgelerinden her ay toplanan midye örnekleri haşlanmış ve haşlanmamış olmak üzere iki farklı işlem uygulanarak incelenmiştir. Toplanan midye örnekleri ayıklandıktan sonra mikrodalga yakma sistemi ile ekstrakte edilerek ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) cihazında metal konsantrasyonları analiz edilmiştir.

VI

Yapılan analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmelere göre haşlama prosesinin arsenik (As) ve cıva (Hg) elementleri konsantrasyonlarını düşürdüğü, diğer elementler üzerinde ise herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür.

21.09.2008 tarih ve 27004 nolu resmi gazetede yayınlanan Su Ürünleri Yönetmeliğine göre midyelerde izin verilen toksik metal düzeyleri (Cd, Hg ve Pb) kuru madde bazında değerlendirildiğinde; bulunan değerlerin yasal limitler içerisinde olduğu ve halk sağlığı açısından tehlike oluşturmayacak düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yürürlükten kaldırılan yönetmelikte (10.03.1995 tarih ve 22223 sayılı resmi gazete) midyelerde aranan toksik metaller grubunda yer alan bakır (Cu) ve demir (Fe) konsantrasyonlarının yasal limitler içerisinde, arsenik (As) ve çinko (Zn) konsantrasyonlarının ise yasal limitlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Buna göre; ortalama kadmiyum konsantrasyonu $0,86 - 1,12 \mu\text{g g}^{-1}$; bakır konsantrasyonu $8,17 - 13,30 \mu\text{g g}^{-1}$; demir konsantrasyonu $192,77 - 252,65 \mu\text{g g}^{-1}$; kurşun konsantrasyonu $0,31 - 0,89 \mu\text{g g}^{-1}$; çinko konsantrasyonu $115,07 - 155,11 \mu\text{g g}^{-1}$; arsenikte haşlanmamış örneklerde $9,44 - 15,94$ iken haşlanmış örneklerde $6,31 - 10,11 \mu\text{g g}^{-1}$; cıvada haşlanmamış örneklerde $0,07 - 0,15 \mu\text{g g}^{-1}$ iken haşlanmış örneklerde $0,12 - 0,22 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Midye, *Mytilus galloprovincialis*, metal, iz element, ICP OES

ABSTRACT

**DETERMINATION OF TRACE ELEMENT CONCENTRATIONS
OF MUSSEL (*M. galloprovincialis*) IN AEGEAN SEA, TURKEY**

BAKIRCI, Fahtih

M.S Thesis, Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gülden OVA

July, 2009, 134 pages

This thesis aimed to investigate the arsenic (As), copper (Cu), mercury (Hg), zinc (Zn), iron (Fe), cadmium (Cd), lead (Pb) concentrations of *M. galloprovincialis* type black mussel in Aegean region in İzmir. The mussel samples have taken from six different stations from January to December in 2008.

The mussel samples, which were obtained in Alaçatı, Balıklıova, Bodrum, Bostanlı, Narlıdere and Sasalı stations and were collected each month, were analysed in two different applications. Some of the samples were boiled and the others were analysed uncooked. Firstly, samples were dissected and then samples digested with concentrated nitric acid by microwave digestion method. Heavy metal contaminant were determined by using ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) technique and the results are evaluated statistically.

VIII

The results are demonstrated that the boiling process decreased the level of arsenic and mercury in the samples, while the others have not been effected from the boiling application.

The data have been compared to Turkish sea food regulation which number is 27004, published at 21.09.2008. The result of this study shown that the heavy metal levels of mussel samples are in the permissible levels. These findings indicate that the levels of these element has not any affect to human health. Besides the regulation which is press 10.03.1995, although the copper and iron are in permissible levels, arsenic and zinc levels are out of the these limits. The ranges of concentrations of heavy metals found in collected samples were: cadmium ($0.86 - 1.12 \mu\text{g g}^{-1}$), copper ($8.17 - 13.30 \mu\text{g g}^{-1}$), iron ($192.77 - 252.65 \mu\text{g g}^{-1}$), lead ($0.31 - 0.89 \mu\text{g g}^{-1}$), zinc ($115.07 - 155.11 \mu\text{g g}^{-1}$). The arsenic and mercury level of the uncooked samples are found that $9.44 - 15.94$, $0.07 - 0.15 \mu\text{g g}^{-1}$. When the samples were cooked with boiling, the level of these element levels decreased to $6.31 - 10.11 \mu\text{g g}^{-1}$, $0.12 - 0.22 \mu\text{g g}^{-1}$.

Key words: mussel, *Mytilus galloprovincialis*, heavy metal, trace metal, ICP OES

IX

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca gösterdiği büyük ilgi, destek ve yardımlarından dolayı hocam Sayın Prof.Dr. Gülden OVA’ya;

Midye örneklerinin depolanması ve analizlerinin yapılabilirliğinin sağlanması amacı ile her türlü imkanı sağlayan, politikası sürekli gelişmek, yenilenmek ve gelecekte Araştırma Geliştirme merkezi olma yolunda çalışmalarını genişleterek sürdüren, yöneticisi olduğum AYBAK NATURA GIDA ANALİZ LABORATUVARI, genel müdürü Sayın Yunus AYDIN ve başta Laboratuvar Müdürüresi olmak üzere tüm personeline,

İlgi ve sevgisini hiçbir zaman eksik etmeyen hocam Sayın Prof. Dr. Yaşar HIŞIL’a;

Tezimin belirlenmesi, hazırlanması ve sunumuna kadar geçen sürede emeği olan herkese;

Ve hayatım boyunca bana güç veren, her zaman yanımda olan, sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili AİLEM; babam, kardeşlerim ve özellikle annem Kiraz BAKIRCI ve eşim Gözde TÜRKÖZ BAKIRCI’ya sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Fahtih BAKIRCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XV
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
3.1. Materyal	45
3.1.1 Araştırmada kullanılan midye örnekleri ve alındıkları yerler.....	45
3.1.2 Araştırmada kullanılan kimyasallar	45
3.1.3 Analiz için kullanılan cihazlar	46
3.2. YÖNTEM.....	54
3.2.1 Nem Tayini	54
3.2.2 Ekstraksiyon.....	55
3.2.3 Metot validasyonu.....	59
3.3. İstatistiksel Değerlendirmeler	65
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	66
4.1. Kadmiyum (Cd):	73
4.2. Bakır (Cu).....	80
4.3. Demir (Fe):.....	83

XII

4.4. Kurşun (Pb).....	87
4.5. Çinko (Zn).....	91
4.6. Arsenik (As):.....	94
4.7. Cıva (Hg)	100
5. SONUÇLAR	107
KAYNAKLAR	112
ÖZGEÇMİŞ	129

XIII

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa No</u>
3.1. ICP OES cihazı	46
3.2. Mikrodalga yakma sistemi	47
3.3. Ege Bölgesinde İzmir Yöresinde Midye Örneklerinin Toplandığı İstasyonlar.....	47
3.4. Ege Bölgesinde Bodrum Yöresinde Midye Örneklerinin Toplandığı İstasyon.....	48
3.5. Plazma bölümleri	49
3.6. Optik Yapı.....	51
3.7. Berghof marka MWS-3 model Mikrodalga Yakma Ünitesi	52
3.8. Politetrafloroetilen kaplar (TFE-PTFE)	53
3.9. Cıva standardına ait kalibrasyon grafiği	58
3.10. Arsenik, Kadmiyum, Çinko, Bakır, Kurşun ve Demir standartlarına ait kalibrasyon grafikleri	58
3.11. Arsenik için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri	62
3.12. Kadmiyum için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri	62
3.13. Bakır için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri	63
3.14. Demir için 20, 50 ve 100 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri	63
3.15. Cıva için 2, 5 ve 8 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri	64

XIV

3.16. Kurşun için 50, 100 ve 300 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri.....	64
3.17. Çinko için 100, 200 ve 500 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri.....	65
4.1. Bölgelere göre kadmiyum birikimi.....	74
4.2. Aylara göre ortalama kadmiyum birikimi	75
4.3. Bölgelere göre bakır birikimi.....	81
4.4. Aylara göre ortalama bakır birikimi	82
4.5. Bölgelere göre demir birikimi.....	85
4.6. Aylara göre ortalama demir birikimi	86
4.7. Bölgelere göre kurşun birikimi	88
4.8. Aylara göre ortalama kurşun birikimi.....	89
4.9. Bölgelere göre çinko birikimi	92
4.10. Aylara göre ortalama çinko birikimi.....	93
4.11. Bölgelere göre arsenik birikimi (haşlanmış).....	96
4.12. Bölgelere göre arsenik birikimi (haşlanmamış).....	97
4.13 . Aylara göre ortalama arsenik birikimi (haşlanmış)	98
4.14. Aylara göre ortalama arsenik birikimi (haşlanmamış)	98
4.15 . Bölgelere göre cıva birikimi (haşlanmamış).....	102
4.16. Bölgelere göre cıva birikimi (haşlanmış).....	103
4.17. Aylara göre ortalama cıva birikimi (haşlanmamış)	103
4.18. Aylara göre ortalama Cıva Birikimi (haşlanmış).....	105

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa No</u>
1.1. Su Ürünleri Yönetmeliği'ne göre midyelerde bulunabilecek elementlerin maksimum miktarları (Anon, 1995 ve Anon, 2008)	19
1.2. Avrupa Birliği Regülasyonlarındaki limitler ve değişiklikler (Anon, 2001a, 2002a).....	20
3.1. Mikrodalga yakma ünitesinin parçalama programı.....	57
3.2. Metallere ait Tespit Limiti (LOD) ve Teşhis Limiti(LOQ) değerleri.....	60
3.3. Metallere ait geri kazanım değerleri	61
4.1. Balıklıova Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	67
4.2. Bostanlı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	68
4.3. Bodrum Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	69
4.4. Narlıdere Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	70
4.5. Sasalı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	71
4.6. Alaçatı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri	72
4.7. Bölgelere ve Aylara Göre Midyelerde Nem İçeriği Değerleri.....	77

4.8. Türkiye kıyılarındaki kara midyelerde (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) bulunan metal içeriğinin ($\mu\text{g g}^{-1}$) karşılaştırılması	78
4.9. Türkiye dışında kalan bölgelerdeki kara midyelerde (<i>Mytilus galloprovincialis</i>) bulunan metal içeriğinin ($\mu\text{g g}^{-1}$) karşılaştırılması.....	79

KISALTMALAR DİZİNİ**Kısaltma****Açıklama**

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometri
AFS	Atomic Fluorescence Spectrometer
Ag	Gümüş
As	Arsenik
Ba	Baryum
Be	Berilyum
Br	Brom
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
DGT	Diffusive Gradients in Thin Films
EDXRF	Energy Dispersive X-ray Fluorescence
ETAAS	Elektrotermal Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi
EU	Avrupa Birliği
FAAS	Flame Atomic Absorbtion Spectroscopy
FAO	Food and Agriculture Organization
Fe	Demir
GFAAS	Graphite Furnace Atomic Absorbtion Spectrometry
Hg	Cıva
ICP MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

XVIII

ICP-OES	Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
K	Potasyum
k.m	Kuru madde
LOD	Tespit Limiti
LOQ	Teşhis Limiti
Mn	Mangan
Mo	Molibden
MRLs	Maksimum Kalıntı Limitleri
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
ppm	Parts per million
PTDI	Provisional Tolerable Daily Intake
PTWI	Provisional Tolerable Weekly Intake
RSD	Relative Standard Deviation
SCD	Schmidt Cross Distrubitor
Sr	Stronsiyum
Ti	Titanyum
WHO	World Health Organization
Va	Vanadium
y.m.	Yaş madde
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Gıdalar, insan yaşantısının olmazsa olmaz temel ihtiyaç maddeleridir. İnsanların yaşamak, fiziksel ve akli gelişimlerini sağlamak için yeterli miktarda gıdayı alabilmeleri ve bu gıdaların sağlık yönünden güvenli olması insan haklarının esasını oluşturmaktadır.

Güvenli gıda üretimi ve tüketimi her toplum için ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçlar doğuran önemli bir konudur. Son yıllarda özellikle gıda güvencesini sağlamış ülkelerde tüketicilerin bilinçlenmesi sonucu gıda güvenliği daha da ön plana çıkmış ve büyük önem kazanmıştır (Tayar, 2007).

Gıdalara karışan cam kırıkları, plastik, taş, toprak, tahta, metal parçaları, saç, tırnak, sigara, sinek, böcek gibi maddeler, gıdaya ilişkin fiziksel riskleri oluşturmaktadır. Kimyasal riskler gıda kaynaklı hastalıkların önemli nedenlerindendir. Gıdaların kimyasallar ile kontaminasyonu hava, su ve toprak yani çevre kirliliği paralelinde oluşmaktadır. Gıdalardaki kimyasal riskler; mikotoksinler gibi doğal toksinleri, cıva, kurşun, kadmiyum gibi toksik elementleri, pestisit ve veterinerlik ilaçları gibi kalıntı bırakan maddeleri ve gıda katkı maddelerini içermektedir. Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan güvenli olarak sunulması gelecek nesillerin devamı ve mutlu yaşamasının temelini oluşturmaktadır. İşte bu yüzden bütün dünyada gıda güvenliği her geçen gün önemini biraz daha arttırmaktadır (Çelik, 2003).

Yaşadığımız dönemde doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden ve dünyada yaşamayı güçleştiren tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Çevresel olumsuzlukların yol açtığı felaketler her geçen yıl karşımıza büyüyerek çıkmakta ve çözümsüzlük noktasına doğru sürüklenmektedir. Bu nedenledir ki; bütün bilim çevreleri, devletler ve hükümet yetkilileri ile görüşerek oluşan sorunları anlatmaya çalışmakta ve ülkeler arası işbirliktelikleri ve anlaşmalar ile çevre sorunlarını durdurmaya ve azaltmaya çalışmaktadırlar. Endüstrinin ve teknolojinin çok hızlı değiştiği ve geliştiği bu dönemde gerçekleşen bu gelişmeler olumlu sonuçlar yanında yaşam alanımız dünyada oldukça karmaşık çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Gelişen endüstrilerin ve daha modern bir yaşam sağlamak amacıyla sürdürülen çabaların istenmeyen bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre kirlenmesi, çevre kirliliğinin etkisiyle oluşan besin kirliliği ve dolayısıyla besinleri tüketen insanlara geçen çeşitli toksik maddelerin yol açtığı hastalıklar günümüzde global bir tehlike olarak karşımızda durmakta ve toplum sağlığını tehdit etmektedir.

Yaşadığımız yüzyılda çevreyi tehdit eden endüstriyel ve kentsel atıklar akarsulara, göllere ve kıyı sularına boşalmaktadır. Karasal ortamda ortaya çıkan kimyasal atıkların da (pestisitler gibi) çeşitli doğal etmenlerle dünya su sistemini daha yaygın ve tehlikeli boyutlarda kirlettiği görülmektedir (Tunçoku ve ark., 1997).

Su kirliliği, çevre kirliliğinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. FAO (Food and Agricultural Organization) su kirliliğini; “canlı

kaynaklara zararlı, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılık gibi çalışmaları engelleyici, su kalitesini zedeleyici etkiler yapabilecek maddelerin suya atılması” şeklinde tanımlamıştır (Yılmaz, 1998).

Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller; gller, nehirler, körfez, deniz ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş bir alanda dağılım ve yayılım gösterirler. Bu maddelerin belirtilen bu alanlarda bulunmasının nedeni, doğal olarak bu yapının bir parçası olmaları ve insan faaliyetleri sonucu yoğun olarak üretilip çeşitli şekillerde bu alanlara taşınmalarıdır. Bu faaliyetlerin sonucu olarak, kirlenmiş sularda önceden bulunan ve yaşayan değerli türler kaybolmakta, bunların yerlerine kirlenmiş ortamlarda yaşayabilen zararlı türlerin sayısı artmaktadır. Böylece ortamda biyolojik çeşitlilik azalmakta ve baskın türlerin ve zararlıların artmasıyla doğal zenginlik yok olmaktadır.

Gıdalarda kimyasal kontaminasyonla ilgili bilim çevrelerinin araştırmaları son on yıllarda artmıştır. Yakın geçmişte özellikle tarımsal alanlarda yaygınlaşan kimyasal madde kullanımı, bu alanda ciddi araştırma ve çalışmaların yapılmasında tetikleyici olmuştur. Özellikle pestisit kalıntıları, veteriner ilaç kalıntıları ve evre kirliliğinin göstergesi olan su kirliliğine bağlı olarak su ürünlerinde toksik element birikimi konuları, üzerinde en çok çalışılan konular arasında yer almaktadır.

Canlılar yaşam faaliyetlerini sürdürebilmek için 20-21 kadar elemente ihtiyaç duyarlar. Canlı yapılarıdaki oranları % 0,05 ile % 6 arasında değişen elementler, metal aktif ve metal enzim sistemlerinde yer

almaktadır. Arsenik, antimon, kurşun, kadmiyum ve cıva gibi elementler ise toksik olarak bilinmekte ve çok küçük konsantrasyonlarda dahi vücuda alındıklarında bir takım semptomlara neden olmaktadır. Bu toksik elementler gıda ve içeceklerde de bulunmakta, endüstrileşme ile çevre kirlenmesi sonucu konsantrasyonları, dolayısıyla sağlık üzerindeki olumsuz etkileri artmaktadır.

Ağır metaller deniz ortamında iz miktarda bulunmasına karşın, çeşitli organizmalardaki doğal düzeyleri ve birikim miktarları farklı olabilmektedir. Ağır metaller çevre kirliliğine neden olmaları ve çok düşük konsantrasyonlarda bile deniz canlılarına ve dolayısıyla insanlara toksik etki göstermeleri nedeniyle üzerinde en çok durulması gereken toksik bulaşanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Çağımızda endüstrinin hızla gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak ağır metallerin kullanım alanları da giderek artmaktadır (Kaya ve ark., 1998). Ağır metallerin denizlerde bol miktarda bulunması, metalleri yüksek düzeylerde biriktirip bunları uzun süre bünyelerinde tutmaları, sucül ortamda yer değiştirmeden sabit kalmaları nedeniyle midyeler, sulara kirliliğin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan biyolojik indikatörlerin başında gelmektedir.

Bitkisel üretim alanında pestisitler, hayvansal üretim alanında veteriner ilaç kalıntıları ve su ürünleri alanında da özellikle çevresel kirlilik indikatörü olarak nitelendirilen iz elementleri (kurşun, kalay, cıva, kadmiyum, arsenik, gümüş, bakır ve diğer elementler) genel olarak toksik maddeler olarak nitelendirebiliriz. Özellikle Su Ürünleri

Yönetmeliği (Anon, 1995)’nde Ek-7’de bahsi geçen söz konusu iz elementler insan sağlığı açısından ciddi toksikolojik etkiler göstererek tehlikeli olmaktadır ve bu nedenle sınırlandırılmıştır. Bahsi geçen bu toksik elementlerin özellikleri ile ilgili bazı değerlendirmeler aşağıda sunulmaktadır:

Demir: Kandaki oksijenin vücuda dağılımını sağlayan hemoglobinin oluşumunda rol oynar. Regl ve hamilelik dönemleri vücuttaki demir seviyesini azaltan faktörlerdendir. Demir eksikliğinde anemi (kansızlık) hastalığı görülme riski artar. Bu nedenle yaşlılar, diyet yapanlar, vejetaryenler, hamileler bu konuda önlem almalıdırlar. Kırmızı et, balık türleri, kuru fasulye, kurutulmuş meyve, yumurta sarısı ve yeşil yapraklı sebzeler, demir içeren besinlerden birkaçıdır (Mutluay ve Demirak, 1996).

Kurşun: Bilindiği üzere kurşun yerkabuğunda çok az miktarda bulunuyor olmakla birlikte, maden cevherinden rahatlıkla ekstrakte edilebilir. Kurşun, gri, dövülüp şekillendirilebilen ve M.Ö 1500’lü yıllarda Mısır’da bulunan bir metaldir. Kontaminasyon yolu ile insan sağlığına zararlı olduğu çok uzun yıllar önce Romalılar tarafından bulunmuş ve “saturnism-kurşun zehirlenmesi” olarak nitelendirilmiştir. Diğer inorganik kontaminantlar gibi kurşun, her yerde kolaylıkla bulunabilir ve gıda maddelerinde metalik kurşun, inorganik iyon ve tuz formatında bulunabilir. Kurşun, insan sağlığı için gerekli olan bir element değildir ve özellikle gençlerde ve çocuklarda olumsuz toksik etkilere neden olabilmektedir. JECFA (Joint

FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) tarafından bildirilen değere göre, 60 kg ağırlığında yetişkin bir kişinin günlük alabileceği maksimum değer 0,21 mg/gün dür. Gıdalar kurşun kontaminasyonu için en önemli kaynaklardan biridir. Gıda dışında kurşun kontaminasyonu hava ve içme suyu yoluyla gerçekleşmektedir. Avrupa ülkelerinde hükümetlerin amacı çocukların kanındaki kurşun oranını 10 µg/dl seviyelerine indirebilmektir. Bu nedenle özellikle gıda ve su kaynaklı kontaminasyonu engellemek için ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Genel olarak kurşunun toksik etkisine maruz kalma dozu kadınlarda 0,31 mg/hafta ve çocuklarda 0,11 mg/hafta olarak bildirilmektedir. Bu çalışmalar içme suyu kaynaklı kontaminasyon düşünülerek kayda alınmıştır. Bunun yanı sıra, birçok alkollü içecek, şarap, bira gibi içecekler insanlarda önemli oranda kurşun kontaminasyonuna neden olan gıda maddelerindendir ve insan kanında kurşun düzeyinin yükselmesine neden olurlar. Kurşun, beyinde hasar, kansızlık, böreklerde tahribat ve nörolojik fonksiyon bozukluklarına neden olabilen bir elementtir (Watson, 2001).

Kadmiyum: Kadmiyum doğal olarak çevrede bulunan bir elementtir; toprakta, sedimentlerde ve deniz suyunda bulunmaktadır. Element olarak çinkoya çok benzer ve çinkonun bulunduğu her yerde bulunabilir. Endüstride kullanılan kadmiyum elementi çevre kirliliğine neden olan önemli ve yaygın bir elementtir. Kadmiyum partikülleri; maden ocaklarından hava yolu ile, endüstri tarafından metal alaşımı için kullanılan fabrika atıkları ile, piller, pigmentler ve plastik maddeler aracılığı ile çevreye yayılırlar. Bu nedenle Avrupa Birliği regülasyonları

arasında yer alan ve 1992 yılında çıkarılan 89/677/EEC Komite Aksiyon Planında kadmiyumun azaltılması ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır (Watson, 2001).

Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar kadmiyumun toksik bir element olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalara göre kadmiyum elementi vücutta birikim yapmamakta, vücuda alınan kadmiyum elementinin % 5-10 civarı uzun dönemde böbreklerde zarara yol açtığı ortaya konmuştur. Ayrıca vücuttaki kadmiyum ürede istenmeyen protein oranının artmasına neden olmakta ve bu rahatsızlığı da “proteinüri” denmektedir. Yine hayvanlarda yapılan araştırmalarda kanser riskini arttırdığı ortaya konmakla birlikte aynı etkiyi insanlarda gösterip göstermediği ile ilgili yeterli kanıt elde edilememiştir (Watson, 2001).

Kadmiyum doğada her yerde ve her zaman bulunabildiği için bütün gıdalar belli oranda kadmiyum kontaminasyonuna maruz kalır. Endüstri dışında kadmiyum kontaminasyonunun en büyük etkisi sigara içenlerde görülür. Bunun dışında bütün gıda maddeleri belli oranda kadmiyum içerir. Gıdalarda kadmiyum oranı genelde düşük oranlarda olsa bile 0,5 mg/kg miktarı böbreklerde olumsuz sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bitkisel orijinli gıdalar, örneğin havuç, yabani havuç, bazı lifli tahıl ürünleri, pirinç, ıspanak, marul yaş madde oranı baz alındığında 0,2 mg/kg civarlarında kadmiyum elementi içerebilir. Ayrıca birçok deniz ürünü, kabuklular, yumuşakçalar, balıklar düşük oranlarda kadmiyum elementi içerir. İngiltere’de yapılan birçok çalışmada deniz ürünlerinde düşük oranlarda kadmiyum tespit edilmiştir. Gıdalarda ve deniz ürünlerinde

ortalama kadmiyum miktarlarını yukarıda belirtirken, bölgesel olarak bu oranların değiştiğini ayrıca bildirmek gerekir. Bu durumda JECFA tarafından bildirilen haftalık kadmiyum alım miktarı PTWI (Provisional tolerable weekly intake) 0,007 mg/kg vücut ağırlığı şeklinde iken, 60 kg ağırlığında bir kişi için bu oran 0,06 mg/gün olarak karşımıza çıkmaktadır (Watson, 2001).

Kadmiyumun metabolizmada absorpsiyonu solunum yoluyla veya kontamine olmuş besinlerin tüketimi ile oluşur. Normal oran günde oral yolla 2-200 µg'dır. Bu miktarın sadece % 5-10 absorbe edilir. Absorbe edilen kadmiyumun yaklaşık % 50'si karaciğerde ve böbreklerde birikir. Kadmiyum plasentaya geçmez ve yaş ilerledikçe birikim miktarı artar. Böbrekteki kadmiyumun yarılanma ömrünün 18-33 yıl veya daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Yüksek konsantrasyonda kadmiyuma maruz kalmak bir çeşit anemiye, enteropatiye, böbreklerde hasara, proteinüriye ve osteoporosise sebep olmaktadır. Organlarda kanser, kemik kırılması ve şiddetli ağrılara neden olduğu da bilinmektedir (Güney, 1996).

Arsenik: Arsenik bir metal değildir, “metalloid” yani madene benzeyen cisim olarak nitelendirilir. Doğal alanlarda serbest element olarak bulunurken, yaygın olarak sülfür ile birlikte madenlerde bulunabilir ve bu formu “metal arsenides” olarak tanımlanır. Arsenik kayalarda, toprak ve toz partiküllerinde, suda ve yaşayan organizmalarda mg/kg seviyelerinde bulunabilir.

Arsenik gıdalarda değişik formlarda bulunabilir. Farklı formlardaki arseniğin gıda yolu ile insanlara toksik etkileri de farklı olmaktadır.

Arseniğin özellikle inorganik formu en toksik halidir. Toksik en riskli miktar olarak JECFA PTWI 0,015 mg/kg vücut ağırlığı (0,12 mg/gün 60 kg ağırlığında bir kişi için) olarak bildirilmektedir. Arseniğin gıdalardaki en önemli kaynağı olarak deniz ürünleri ve balıklar gösterilmektedir. Balıklarda bulunan ve toksik etkiler gösterebilen arsenik formu “arsenobataine” maddesidir. Yapılan çalışmalar deniz ve balık ürünlerinin arsenik birikimi, taşıyıcısı ve kontamine edici ajan olarak en üst sıralarda yer aldığını göstermektedir (Watson, 2001).

İngiltere’de yapılan ve 1995-1997 yıllarını kapsayan bir çalışma balıkların arsenik birikimi açısından en toksik gıda olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışmada balık ürünlerinde ortalama arsenik birikim oranı 1,9 mg/kg ve 8,4 mg/kg aralığında değişmiştir. Deniz kabuklularında ise arsenik birikimi önemli farklılıklar göstermektedir. Bu miktar 1,3 mg/kg ile 30 mg/kg aralığında değişmektedir. Deniz canlılarında arsenik birikimi açısından en yüksek birikim miktarı ile yengeçler ilk sırada yer alır. Arsenik metalinin insanlar üzerinde olumsuz etkiye bulunabileceği miktarı JECFA (PTDI-Provisional Tolerable Daily Intake) (organik arsenik cinsinden) 0,002 mg/kg vücut ağırlığı (0,12 mg/day 60 kg ağırlığındaki bir kişi için) olarak bildirmiştir (Watson, 2001).

Cıva: Cıva, oda şartlarında sıvı olan tek metalik elementtir. Doğada hemen hemen her yerde bulunabilir. Doğada genelde cıva(II)sülfür formunda bulunmasına rağmen genel olarak cıvanın otuza yakın bileşiği bulunur. Cıva metali oldukça toksik bir metaldir. Solunması halinde

sindirim sisteminde ve böbreklerde kanamalara ve hasarlara neden olabilir. Alkali cıva bileşikleri ise organo cıva bileşiklerine nazaran daha toksik bileşiklerdir. Alkali cıva bileşiklerinin neden olduğu bilinen birçok vaka vardır. Japonya’da Minimata Körfezinde çocukların tüketmiş olduğu balıklarda cıva birikimi sonucu, sinir sistemlerinde ciddi hasarların olduğu gözlenmiş, bu etki sonucu çocuklarda duyma kayıpları, kas fonksiyonlarında bozukluk ve zihinsel tahriş gibi olumsuzluklara rastlanmıştır. Daha sonra devam eden çalışmalarda bu körfez bölgesinde bir kimyasal fabrikadan çevreye ciddi oranda metilciva yayıldığı tespit edilmiştir (Watson, 2001).

Cıvanın insanlarda bir toksik ajan olarak etkileşimi genel olarak dışılıkte kullanılan cıva karışımlarının etkileri şeklinde oluşmaktadır. Diğer taraftan yine önemli bir kaynak olarak balık ve deniz ürünleri görülmektedir. Cıvanın toksik bir ajan olarak kontrolü Avrupa Birliği Komisyonunca alınmış kararlar 93/351/EEC ile yapıırken, balıklarda toksik limit olarak 0,5 mg/kg (0,5 ppm) olarak kabul edilmiştir. JECFA tarafından cıva ile ilgili olarak bildirilen limit PTWI 0,005 mg/kg vücut ağırlığı/hafta olarak bildirmiştir (0,043 mg/gün 60 kg ağırlığında bir yetişkin) (Watson, 2001).

Bakır: Bakır bütün bitkiler ve hayvanlar için gerekli olan bir elementtir. Yüksek miktarlarda bulunması durumunda ise toksik etkilere neden olabilen bir metaldir. Genellikle bütün gıdalarda bulunur. Sakatatlarda, deniz ürünlerinde ve bazı çerezlerde 20 mg/kg gibi yüksek oranlarda bulunabilir. Bu oran 1956 yılında Gıda Standartları

Komitesinin bildirmiş olduğu üst limittir. Süt ve süt ürünleri 0,1 mg/kg gibi düşük seviyelerde bakır metali içerir. JECFA'nın bildirmiş olduğu değerler PTDI 0,5 mg/kg vücut ağırlığı (30 mg/gün 60 kg ağırlığında bir yetişkin için) şeklindedir (Watson, 2001).

Bakır, karaciğerde toplanan önemli minerallerden biridir. Vücut dokusunun yeniden oluşması için gerekli enzimlerin hayati komponentidir. Hemoglobine bağlı demirin korunması ve vitamin C'nin kullanımı için gereklidir. Sinir sistemi ve bağ dokusu için bakır miktarı önemlidir. Bakır diğer taraftan, limitlerin üzerinde alındığında Wilson hastalığına, böbrek hasarlarına ve nörolojik bozukluklara neden olabilmektedir (Mutluay ve Demirak, 1996).

Çinko: Çinko da yine bütün bitkiler ve hayvanlar için gerekli olan bir elementtir. Enzim sisteminin doğru çalışmasında fonksiyonları olan çinko, vücuda fazla alımı durumunda bakır ve demir metallerinin absorpsiyonlarını arttırarak anemi (kansızlık) hastalığına neden olur. JECFA'nın bildirmiş olduğu PTDI alım miktarı 1 mg/kg vücut ağırlığı (60 mg/gün 60 kg ağırlığında yetişkin için) şeklindedir. Çinko metalinin insan diyetinde ana kaynağı et ve et ürünleridir. Karaciğer 62 mg/kg civarındaki konsantrasyon ile et ürünlerinde çinko metalini içeren en önemli kaynaktır. Diğer et ve et ürünleri ise bu miktarın yarısı veya üçte biri kadar çinko elementi içerir. Çinkonun ikinci en önemli kaynağı ise tahıl ürünleridir. Tahıl ürünleri de ortalama et ürünleri gibi benzer konsantrasyonlarda çinko içerir (Watson, 2001).

Çinko, normal miktarda bazı enzimatik fonksiyonlar için gereklidir ve birçok proteinde yapı elementi olarak bulunur. Çinko ve bakır özellikle deniz balıklarındaki protozoanlardan kaynaklanan hastalıkların tedavisinde kullanılır. Burada metalin toksik etkileri bir süre sonra CaCO_3 ile çökelmeyle giderilir. Çinko ve bakır balıklarda aşırı salgılanmaya neden olur ve balıklara zararlı olan bazı organizmaları öldürür (Mutluay ve Demirak, 1996). Çinko aynı zamanda gastrointestinal bozukluklara neden olabilmektedir.

Sulara atılan veya bulaşan bazı maddeler su kalitesini, dolayısı ile su ürünlerinin yaşam ortamlarını olumsuz yönde etkilerler. Bazı maddeler ise su ürünlerinin bünyesinde birikerek gıda zinciri yoluyla insanlara kadar geçip zararlı olurlar. Bu maddeler arasında en tehlikeli olanları ağır metaller, pestisitler, radyoaktif maddeler ve diğer bazı toksik maddelerdir. Cıva, kurşun ve kadmiyum toksik etkileri nedeniyle sucul ortamda yaşayan canlılarda fonksiyon bozukluklarına neden olabilmekte ve bu canlılarla beslenen insanlarda ciddi olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bu kirleticilerin sucul ortamda miktarının artması karasal kaynaklı kirlenmenin çok yüksek değerlere ulaştığının bir göstergesidir. Bu toksik maddeler genellikle endüstriyel atık gazlar, petrol türevleri, çöp atıklarından kaynaklanıyor olabilir. Bunların sucul ortamda yaşayan varlıklara olan etkisi ise; bazı canlıların azalmasına veya ölümüne veya tamamen yok olmasına neden olabilecek ölçüdedir.

Sudaki besin zincirinde, sağlığa zararlı elementlerin miktarının gittikçe arttığı bilinmektedir. Karasal kesimde besin zincirinin bir

halkasından diğetine yansıyan kalıntı miktarı 2 ile 100 kat arasında değişirken, su ortamındaki biyolojik olaylarla binlerce katlara ulaşır. Bitkisel ve hayvansal yağlarda kolayca çözünebilen bu bileşikler özellikle suda yaşayan ilkel hayvanlar üzerinde birikerek besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonik organizmaların yapısına girerler. Böylece bu canlılarla beslenen kurtçuklar, deniz yumuşakçaları ve balıklarda metal düzeyi sulardakinin binlerce katına kadar ulaşmış olur. Sulardaki metal kirleticilerin besin zinciri boyunca gittikçe artan yoğunlukta birikmesi sonucu, son yıllarda birçok ülkenin deniz ve tatlı su ürünlerinin halk sağlığı yönünden alarm sayılabilecek derecede tehlikeli düzeylerde metallerle kirlendikleri görülmektedir (Sonal, 1994).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde de özellikle Marmara Denizi ve Ege Körfezi başta olmak üzere deniz kirliliği ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Yazkan ve ark., 2004). Deniz ve iç su balıkları yetiştiriciliği dünyada ve Türkiye’de başarı ile uygulanmaktadır. Bununla birlikte su ürünleri denilince sadece balık türleri düşünülmemelidir. Balık türleri dışında kabuklu su canlıları (istiridye, midye, akivades, denizkulağı ve deniz salyangozu), eklembacaklılar (karides, ıstakoz, yengeç ve kerevit) ve birçok alg sadece doğal ortamlardan toplanıp satıldığı gibi birçok türün de yetiştiriciliği başarı ile yapılmaktadır. Dünyada çok çeşitli deniz ve iç su türlerinin yetiştiriciliği yapılırken ülkemizde yetiştiricilik sadece balık türleri ile sınırlı kalmıştır. Son yıllarda karides ve kara midye yetiştiriciliği birkaç çiftlikte başlamış fakat gerekli yatırımın yapılmaması ve özen gösterilmemesi nedeniyle bu alanlarda yeterli gelişme kaydedilememiştir.

Mollusca Filumunun Bivalvia klasisi içinde yer alan Mytilidae familyası geniş bir yayılım alanına sahiptir. Bu familyanın en önemli türleri ise *Mytilus galloprovincialis* (kara midye veya Akdeniz midyesi) ve *Mytilus edulis* (mavi midye veya Avrupa midyesi), *Modiolus barbatus* (at midyesi) ve *Perna* sp., (Afrika midyesi)'dir. Ülkemiz sularında ise Mytilidae familyasının ekonomik olarak değerlendirilen yukarıdaki türlerden *Mytilus galloprovincialis* ve *Modiolus barbatus* olmak üzere 2 türü bulunmaktadır. *Mytilus galloprovincialis* İzmir'den Karadeniz sularına kadar toplanırken, *Modiolus barbatus* avcılığı en fazla Ayvalık ve civarından yapılmaktadır. Toplanan midyelerin bir kısmı taze veya işlenmiş olarak yurtiçinde değerlendirilirken önemli bir kısmı yurtdışına pazarlanmaktadır (Alpbaz, 1993).

Midyeler 2-100 µm boyutlarında olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 lt suyu süzme özelliğine sahiptir. Midyelerin filtrasyon hızı üzerine;

- midye büyüklüğü
- partikül büyüklüğü
- partikül yoğunluğu
- partikül türü
- su sıcaklığı
- su akıntısı etkilidir (Bayne ve ark., 1976).

Midye, istiridye, akivades gibi çift kabuklu su canlılarının besin değerinin yüksek olması, lezzetli olması ve kolay temin edilebilmesinden dolayı insanlar tarafından uzun zamandır doğadan toplanarak tüketilmektedir. Besin olarak tercih edilen bu canlıların daha sonra yetiştiriciliği de yapılarak üretimi artmıştır.

Deniz ürünlerinde ekonomik değeri en yüksek olan deniz canlısı midyelerdir. Ayrıca omurgasız canlılar arasında yetiştiriciliği en yaygın olan ve doğal stoklardan yararlanılması açısından en fazla değerlendirilen deniz ürünün başında midyenin geldiğini söyleyebiliriz. Üretim yönünden doğal midye yataklarının son derece yetersiz kalması, Fransa, Portekiz ve İngiltere gibi bazı Avrupa ülkelerindeki yüksek talep nedeniyle midye yetiştiriciliği oldukça yaygınlaşmıştır (Karayücel ve Karayücel, 1999). Buna karşın, ülkemizde diğer deniz ürünleri yanında iyi bir protein kaynağı olduğu (% 9,2-13,4) belirtilen midye etinin tüketim alışkanlığının olmaması, yetiştiriciliğin gelişmemesine neden olmaktadır.

Ülkemizde ihraç edilen, ekonomik değeri yüksek kabuklu su ürünleri; Akdeniz midyesi veya kara midye (*Mytilus galloprovincialis*), kıllı midye veya at midyesi (*Modilus barbatus*), akivades (*Tapes decussatus*), kidonya (*Venus verrucosa*), vongola veya kum midyesi (*Venus gallina*) ve istiridye (*Ostrea edulis*) dir. Kabuklu su ürünleri içerisinde kara midye ekonomik değere sahip en önemli su ürünüdür ve Türkiye denizlerinde Güney Ege'den kuzeyde tüm Karadeniz sahillerine kadar bol olarak dağılım göstermektedir (Alpbaz, 1993).

Midye, bileşiminde bulunan protein, yağ, karbonhidrat (glikojen) ve çeşitli vitaminler nedeniyle değerli bir besindir. Midye etinde % 80 su, % 9-13 protein, % 0-2 yağ ve % 1-7 karbonhidrat bulunmaktadır. İşlenmiş ve tüketime hazır hale getirilmiş olan midyelerde % 16,8 azotlu madde, % 2,4 yağ, % 2,1 mineral madde bulunduğu bildirilmiştir (Kuntz, 1997). Erüstün ve Şentürk (1996), donmuş midye etleri üzerinde yaptıkları çalışmada % 20,89 - 22,54 kuru madde, % 14,13 - 15,73 protein, % 1,29 - 1,70 kül, % 2,4 - 2,9 yağ ve % 0,62 - 0,92 tuz olduğunu saptamışlardır. Şentürk (1994) ise donmuş midye etlerinin bileşiminde % 22,80 kuru madde, % 77,20 nem, % 15,80 protein, % 1,90 kül, % 2,20 yağ ve % 1,70 tuz olduğunu bildirmiştir.

Uysal (1970) bir çalışmasında, midyenin proteince zengin bir besin kaynağı olduğunu, ancak bir besin maddesinin proteince zengin oluşunun, insan için mutlaka yararlı olacağı anlamı çıkmayacağını belirtmiştir. Gıda maddesinin besin değerinin, protein içeriği kadar proteinlerin sindirilebilirliği de çok önemli olan diğer bir faktördür (sindirilebilirlik, nispi ve gerçek olmak üzere ikiye ayrılır). Ayrıca proteinin biyolojik değeri ile net kullanılabilirlik değerleri de beslenme değerinin saptanmasında rol oynar. *Mytilus galloprovincialis* adıyla bilinen Akdeniz midyeleri ortalama besin değeri olarak (%);

- Nispi sindirilebilirlik katsayısı: 86,5
- Gerçek sindirilebilirlik katsayısı: 91,5
- Biyolojik değer: 74,8
- Net kullanılabilir protein: 68,4

Buradaki değerlerden de görüleceği üzere, midyede bulunan proteinin % 86,5'ı sindirilebilir niteliktedir. Bunun gerçekten % 91,5'u sindirilebilmektedir. Sindirilen proteinin biyolojik faaliyetlerde kullanılabilirliği ile metabolizma için kullanılabilen kısmı arasında % 6,4'lk çok küçük bir fark bulunmaktadır. Buradan çıkarılabilecek sonuç, midye etindeki proteinin hemen hemen hepsi insan metabolizmasında kullanıldığı ve yararlı olduğudur (Uysal, 1970).

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve hızlı endüstrileşme sonucu özellikle sucul ortamda toksik ağır metal seviyelerinin arttığını gösteren birçok çalışma vardır. evre kirliliği ilk defa kentsel yaşıamın başılaması sonucu ortaya ıkmiş ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında, ülke nüfuslarındaki artışlara bağlı olarak evre kirliliği de artış göstermiş, bu etki ile yaşıam kaynaklarının daha fazla kirlenmesi sonucu ortaya ıkmiş, sonuçta ekosistemin bozulması giderek çok daha ciddi bir hal almıştır. Kirleticilerin bir bölümünü oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller gller, nehirler, körfez, deniz ve okyanuslar ile bunların sedimentlerinde geniş yayılım gösterirler. Bu mineraller doğal olarak o yapının bir parçası olmaları veya insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretilip bir şekilde o ortama taşınmaları sonucu orada bulunurlar (Yazkan ve ark., 2004).

Günümüzde çeşitli endüstri kollarındaki gelişmeler, modern tekniklere dayalı tarımın yaygınlaşması ve kentleşme sonucu ağır metallerin su ortamındaki derişimi artış göstermektedir (Kalay ve Karataş, 1999). Sudaki ağır metallerin derişiminin artışı, toplumun su ihtiyacını tehdit etmekle kalmayıp, sucul yaşıama da zarar vermesi

ekolojik dengeyi bozmanın yanı sıra deniz kaynaklı gıdaların yaşamalarını (yaşama ve üreme) olumsuz etkilemekte ve deniz kaynaklı gıdaları kontamine ederek bu ürünleri tüketen insanların ve hayvanların çeşitli hastalıklara yakalanmalarına neden olmaktadır. Doğal dengeyi bozan kirletici unsurları basitçe gruplandırmak gerekirse;

- Organik maddeler
- Endüstriyel atıklar
- Petrol türevleri
- Yapay tarımsal gübreler
- Deterjanlar
- Radyoaktivite
- Tarımsal ilaç kalıntıları (pestisitler)
- İnorganik tuzlar
- Yapay organik kimyasal maddeler
- Atık ısı

Bu sınıflandırmaya göre ağır metaller, endüstriyel atıklar sınıfında yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eden ve deniz ürünleri üzerinde önemli olumsuz toksik etkilere neden olan bir grup olarak karşımıza çıkmaktadır (Kaya ve ark., 1998).

Çalışmaya başladığımız 2008 yılında ülkemizde yürürlükte olan gıda mevzuatında yer alan Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995)'nde midyelerde altı tane iz element aranmakta idi. Daha sonra, aşağıdaki Çizelge 1.1'de de görüleceği üzere bu yönetmelik revizyona uğrayarak 21 Eylül 2008 tarihinde değiştirildi ve 270004 no'lu Resmi Gazete (Anon, 2008) ile yürürlüğe girdi. Çift kabuklu yumuşakçalar sınıfında

olan midyelerde, değişen bu yönetmelik ile sadece cıva, kadmiyum ve kurşun aranmaya başladı ve diğer elementler listeden çıkartıldı. Yapılan bu değişiklikler Avrupa Birliği mevzuatına uyum sürecinde komisyon raporlarında yer alan düzenlemeler ile ilgilidir. Ayrıca Avrupa Birliği direktiflerinde ortaya konulan değişiklikler ve limitler Çizelge 1.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Su Ürünleri Yönetmeliği’ne göre midyelerde bulunabilecek elementlerin maksimum miktarları (Anon, 1995 ve Anon, 2008)

ÇİFT KABUKLU YUMUŞAKÇALARDA			
	Parametreler	ESKİ (Yayımlandığı resmi gazete 10.03.1995- 22223)	YENİ (Değişiklik 21 Eylül 2008 tarih ve 27004 sayılı Resmi Gazete)
CANLI	Cıva (Hg)	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg
	Kadmiyum (Cd)	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg
	Kurşun (Pb)	1.5 mg/kg	1.5 mg/kg
	Bakır (Cu)	20 mg/kg	-
	Çinko (Zn)	50 mg/kg	-
	Arsenik (As)	1 mg/kg	-
DONDURULMUŞ VE İŞLENMİŞ	Cıva (Hg)	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg
	Kadmiyum (Cd)	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg
	Kurşun (Pb)	1.5 mg/kg	1.5 mg/kg
	Bakır (Cu)	20 mg/kg	-
	Çinko (Zn)	50 mg/kg	-
	Arsenik (As)	1 mg/kg	-
	Kalay inorganik (Sn)	-	200 mg/kg ^{x2}

Çizelge 1.2. Avrupa Birliği Regülasyonlarındaki limitler ve değişiklikler (Anon, 2001a, 2002a)

	Eski Direktif		Yeni Direktif	
	EC 466/2001		EC 221/2002	
	Pb	Cd	Pb	Cd
Kabuklular	0.5 mg/kg	0.5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg
Çift kabuklu yumuşakçalar	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg	1.5 mg/kg	1.0 mg/kg
Kafadan bacaklılar (iç organları hariç)	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg	1.0 mg/kg

Yukarıda da açıklandığı gibi sulardaki element kirliliğinin artması, su ürünlerinin ve özellikle suyu süzerek beslenen midye vb. ürünlerdeki element birikiminin takibini gerektirmektedir. Bu çalışmada midye tedarikinde önemli bir bölge olan Ege Bölgesi'nde belirli yörelerden elde edilen midye örneklerinde bir yıl boyunca As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn elementlerinin birikiminin saptanması ve takibi, sağlık açısından risk oluşturup oluşturmadığının ortaya konması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Japonya'nın Kyushu Adasında Saganoseki ve Urashio bölgelerinde mavi midye olarak bilinen *Mytilus edulis* midyeleri üzerinde ağır metal birikimi ile ilgili yapılan bir çalışmada özellikle Hg birikimi araştırılırken, Ag, Cr, Co ve Ni metalleri de bioindikatör olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, midyelerin yenebilir kısımları ile karşılaştırıldığında midye filamentlerinde iz element konsantrasyonlarının çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Hg, Co, Cr ve Ni birikimi yenebilir kısımlarda, filamentlere göre daha düşük konsantrasyonlardadır. Bu çalışmada elde edilen verilere dayanarak mavi midyelerin çevre ve su kirliliği araştırmalarında bioindikatör olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Szefer ve ark., 1999).

Giusti ve ark. (1999) İngiltere'nin kuzey doğu sahillerinde mavi midyelerde (*Mytilus edulis*) ağır metal birikimi ile ilgili yaptıkları bir araştırmada Ag, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri üzerinde çalışmışlardır. Çalışma sonunda elde edilen bulgular, belirtilen bölgelerde metal birikiminin yüksek konsantrasyonlarda olduğu yönündedir. Blackhall ve Middleton'un endüstri bölgesi olmaları sebebiyle bu bölgelerde yüksek konsantrasyonlarda ağır metal kirliliği tespit etmişlerdir. Bu çalışmada beş ayrı bölgeden (Holy Island, Roker, Blackhall Rocks, Middleton ve Bran Sands) toplanan mavi midyelerde Fe, Zn ve Mn birikiminin özellikle midyelerin yenebilir kısımlarında yüksek olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte Pb, Cd, Cr, Ag ve Ni

metallerinin midyelerin kabuk gibi sert kısımlarında daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu ortaya koyulmuştur.

Serra ve ark. (1999) yaptıkları bir çalışmada kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) Cd birikimini ve kara midyelerde bulunan Cd bağlayan proteinlerin birikim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada deniz suyuna 0,5 µg Cd/ml eklenmiş ve 7 gün beklenmiştir. Bu zaman zarfında bazı iz elementlerin konsantrasyon değişiklikleri (Cd, Zn, Cu ve Fe) araştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde kadmiyum birikiminin özellikle solungaçlarda Mayıs ve Haziran dönemlerinde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kadmiyum birikimi Mayıs ayında 945 ppm (k.m.) ile en yüksek değere ulaşmıştır. Diğer taraftan çinko ve bakır birikiminin kış aylarında en yüksek değerlere ulaştığı ve bahar-yaz döneminde azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre çinko Ocak ayında 170 ppm (k.m.) ile en yüksek değere ulaştığı, Haziran ayında ise 49 ppm ile en düşük değeri aldığı görülmektedir. Demir iz elementi ise Aralık ayında 54,7 ppm (k.m.) ile en yüksek, 32,5 ppm ile Haziran ayında en düşük değere ulaşmıştır. Bakır bütün dokularda (solungaç, bağırsak, deri ve kas doku) Haziran ayında 13,97 ppm (k.m.) ile en yüksek değere ulaşmıştır. Ayrıca bu çalışmada genel olarak dokulardaki birikimin solungaçlar>bağırsaklar>deri>kas doku olarak sıralandığı belirtilmektedir.

Hong Kong'un kuzey doğusunda bulunan Kat O, güneyinde bulunan Lo Tik Wan ve batısında bulunan Ma Wan kıyılarında yeşil benekli midyeler üzerinde yapılan (*Perna viridis*) ağır metal birikimi ile

ilgili bir çalışma dikkat çekicidir. Bu çalışmada Cd, Cr, Cu, Pb ve Ni metalleri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Ma Wan ve Lo Tik Wan bölgesinde Cu ve Cr birikiminin Kat O bölgesine göre daha yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür. Kat O bölgesinde ise yüksek konsantrasyonda Pb (ortalama 4,37 µg/g kuru ağırlık) tespit edilmiştir. Her üç bölgede de Ni konsantrasyonunda önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Yapılan bu çalışma aynı bölgede 1990 yılında yapılan diğer bir çalışmayla kıyaslanmıştır. Buna göre, Cr konsantrasyonunun % 12-32 azaldığı, Cu'nun % 32-39, Ni'nin ise % 24-25 azaldığı tespit edilmiştir. Fakat çok ilginç olarak Pb konsantrasyonunun önemli düzeyde azalması (Kat O'da % 39, Ma Wan'da % 51 ve Lo Tik Wan'da % 75) oldukça dikkat çekicidir. Bu düşüşün sebebi olarak bütün dünyada 1991 yılında kullanımına başlanan kurşunsuz petrolün etkisi olduğu vurgulanmıştır (Chiu ve ark., 2000).

İtalya'da Ionian Denizi Taranto Körfezinde yapılan bir araştırmada, 1997 yılı Haziran ve Eylül dönemlerinde 10 ayrı istasyondan toplanan kara midyelerde altı ağır metal birikimi (Hg, Pb, Cd, Cr, Zn ve Sn) araştırılmıştır. Bu çalışmada ortalama ağır metal konsantrasyonları, cıva için 0,15 mg/kg, kurşun için 1,19 mg/kg, kadmiyum için 0,64 mg/kg, krom için 0,31 mg/kg, çinko için 5,15 mg/kg ve kalay için ise 0,54 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu miktarların ulusal ve uluslararası yasal limitler içerisinde olduğu bildirilmiştir (Storelli ve ark., 2000).

İtalya'nın Trieste Körfezinde (Kuzey Adriatik Denizi) kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) Cd ve Zn birikimi üzerinde

yapılan bir çalışmada 13 ayrı istasyonda aylık dönemlerde numune toplanmış ve sezonsal değişimler incelenmiştir. Bu bölge çevre kirliliği açısından bakir sayılan ve sanayileşmenin olmadığı bir bölgedir. Bu bölgeden toplanan kara midyeler önce kurutularak dondurulmuş, daha sonra nitrik asitte çözünmüş ve mikrodalga yakma istemi ile yakıldıktan sonra AAS (atomik absorpsiyon spektrofotometri) tekniği ile analiz edilmiştir. Cd ve Zn konsantrasyonu sezonsal olarak önemli farklılıklar gösterirken özellikle kış başları ve kış aylarında konsantrasyon yüksek değerlerde yaz aylarında ise düşük değerlerde seyretmiştir (Adami ve ark., 2002).

Uğur ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada Batı Anadolu bölgesi sahillerinde doğal ortamdan toplanan kara midyeler (*Mytilus galloprovincialis*) üzerinde iz elementlerin varlığını Ekim 1999 ve Temmuz 2000 döneminde incelemişlerdir. Bu çalışmada kara midyelerin yenebilir kısımlarında Fe, Cu, Zn, Pb, Br ve Sr maddeleri X-ray fluorescence metodu kullanarak araştırılmıştır. Foça sahillerinde yüksek konsantrasyonda Fe, Zn ve Br elementlerine rastlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre çinko 423 ppm ile en yüksek Foça Bölgesinde ve en düşük ise 117 ppm ile Ayvalık Bölgesinde tespit edilmiştir. Bakır 52 ppm ile en yüksek Çamaltı'nda, 6,9 ppm ile en düşük Balıklıova'da olarak tespit edilmiştir. Kurşun 63 ppm ile en yüksek Kaynarınar'da ve en düşük 9,3 ppm ile Dikili'de tespit edilmiştir. Demir en yüksek 685 ppm ile Foça'da ve en düşük 98 ppm ile Mordoğan'da tespit edilmiştir.

Szefer ve ark. (2002) Baltık Denizinin güney bölgesinde Polonya kıyılarında yer alan Pomeranian Koyu ve Gdansk Körfezi'nde 23 ayrı noktadan topladıkları ve mavi midye olarak da bilinen *Mytilus edulis trossulus* midyeleri üzerinde Ag, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb ve Zn metallerinin birikimini incelemişlerdir. Bu araştırmada AAS spektrofotometrisi tekniği kullanarak midye kabuğu, midye iç organları, yenebilir kısımlar, midye filamentleri üzerinde ayrı ayrı birikim miktarı araştırılmıştır. Mavi midyelerin biyomonitör olarak özellikle bu bölgede kullanılabileceğini, midye kabukları ve yenebilir kısımlarından ziyade midye filamentlerinde (ayakları) birikimin daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunu bildirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Cu, Cr ve Pb birikiminin midye iç organları ve kabuğuna nazaran filamentlerde daha yüksek konsantrasyonda, Hg ve Zn konsantrasyonunun diğer organlarla yaklaşık aynı konsantrasyonda olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, literatürde yer alan diğer çalışmalarda olduğu gibi, birikim konsantrasyonunun aylara göre önemli değişim gösterdiği vurgulanmaktadır.

Pasifik okyanusunun kuzey batı sahillerinde yer alan Kuril Adası kıyılarında, kısa ömürlü midye çeşitlerinden olan *Mytilus trossulus* ve uzun ömürlü midyelerden olan *Crenomytilus grayanus* midye çeşitleri üzerinde Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni ve Zn ağır metallerinin birikimi incelenmiştir. Bu çalışma, Kuril Adası kıyılarında Fe ve Zn konsantrasyonlarının diğer metal konsantrasyonlarına oranla yüksek olduğunu ve bu bölgede hidrotermal bir akıntının (kaçağın) olduğunu

ortaya koymuştur. Araştırma bulgularına göre Fe konsantrasyonu *M.trossulus* eşidi midyelerde 69 ppm ile 593 ppm (k.m.) arasında değişmektedir. Cd metalinin bu bölgede her iki çeşit midyede de yüksek birikim göstermesi önemli kirlilik belirtisi olarak kabul edilmekte ve buna benzer ekotoksikolojik çalışmaların bu bölgede yaygın olarak yapılması gerektiğini göstermektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre kısa ömürlü midye çeşidi olan *M.trossulus* uzun ömürlü *C.grayanus* a göre yüksek birikim gösterdiği tespit edilmiştir (Kavun ve ark., 2002).

Baraj ve ark. (2003) Brezilya'nın 800 km.lik sahil şehrinde *Perna perna* cinsi midyeler üzerinde ağır metal birikimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu alışmada Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metalleri araştırılmıştır. Senede (2000 yılı) iki kez ve yaz ayları ile kış aylarında toplamda 15 ayrı istasyondan toplanan midyeler atomik absorbsiyon spektrofotometresi cihazı ile analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, *Perna perna* midye çeşidinde ağır metal birikiminin oldukça düşük konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir. *Perna perna* midyeleri insanların çokça tükettiği bir midye çeşidi olması sebebi ile bu çalışma sonuçlarının, Brezilya, İşpanya ve Lüksemburg ortak gıda mevzuatında belirtilen limitlerin içerisinde olduğu ve bundan önce yapılan çalışmalardan daha düşük konsantrasyonlarda metal birikimi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın aynı bölgede 10 yıl önce yapılan çalışma ile benzerlikler gösterdiği ve kıyı kirliliğinin çok az değişime uğradığı bildirilmektedir.

Vietnam’da Duy Minh ve An Thin bölgelerinde deniz midyeleri (*Unionidae* familyasından *Pletholophus swinhoei*) üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı alan Vietnam’ın kuzey bölgeleri olup ortalama 55 km’lik bir alandır. Bu midye çeşitleri Unionidae familyasına bağlı *Pletholophus swinhoei* grubuna ait olup bu tip midyeler çevre ve su kirliliği açısından biomonitör olarak kullanılan türlerdir. Çalışmada X-ray Floresans ve grafit fırın atomik absorbsiyon spektroskopisi (TXRF) cihazı kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarında çok farklı konsantrasyonlarda As, Ba, Be, Br, Cr, Fe, Mn, Ni, P ve Sr tespit edilmiştir. Yine bu çalışma sonuçlarına göre ağır metal konsantrasyonlarının uluslararası mevzuatlarda (FAO, fishery circular, No.464, pp.5-100, 1983) belirtilen limitlerin çok altında olduğu ve insani tüketim açısından çok risk teşkil etmediği bildirilmiştir (Wagner ve Boman, 2004).

Saavedra ve ark. (2004a) İspanya’nın Galicia Körfezinde yaptıkları bir çalışmada, midye büyüklüğü ile ağır metal birikimi arasında bir ilişki olup olmadığını araştırmışlardır. Midyelerin büyüklüğü ile su süzme kapasiteleri doğru orantılıdır. Bu noktadan hareket ile hacimce büyük midyeler ağır metal birikimi açısından incelenmiştir. Kara midye örnekleri (*Mytilus galloprovincialis*) besi çiftliklerinden toplanmıştır. Genel olarak beklenildiği gibi midye büyüklüğü ile ağır metal birikimi arasında pozitif bir ilişki görülmemiştir. Bu çalışmada metal konsantrasyonları yaklaşık olarak Hg: 45 ppm, Cd: 0,5 ppm, Pb: 0,7 ppm, Cr: 0,5 ppm, Ni: 0,6 ppm, As: 8 ppm, Cu: 5 ppm ve Zn: 122 ppm (kuru ağırlık üzerinden) tespit edilmiştir. Değişik boyutlarda toplanan

kara midyelerde metal birikimi konsantrasyonu açısından çok farklılık gözlenmemiştir.

İtalya'nın Sicilya Bölgesinde Faro gölünde vücut için gerekli olan Cu, Se ve Zn ile toksik olan As, Cd, Hg ve Pb elementleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Bütün noktalarda Zn konsantrasyonu (11,0-18,5 ppm y.m.) Cu konsantrasyonundan (188,3-396,0 ppb y.m.) ve Se konsantrasyonundan (93,5-288,9 ppb y.m.) yüksek bulunmuştur. Cd konsantrasyonu (41,9-63,8 ppb y.m.), Pb konsantrasyonu (64,8-93,0 ppb y.m.) ve Hg konsantrasyonu (5,7-13,1 ppb y.m.) bildirilen MRLs (maximum residue limits) değerlerinin çok altında tespit edilmiştir. As seviyesi bütün örneklerde tespit limitlerinin altında bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, toplanan üç yüz (300) midye örneğinde tespit edilen Cd, Hg ve Pb izin verilen MRLs değerlerinin altında kalmıştır. Böylece belirtilen bölgede tüketilen kara midyelerin insani tüketim açısından hiçbir sağlık riski taşımadığı bildirilmiştir (Licata ve ark., 2004).

Saavedra ve ark. (2004b) yaptıkları bir çalışmada mikrodalga yakma sistemini optimize etmek ve en iyi geri kazanım oranlarını yakalamak üzere bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada midyelerde çeşitli iz elementlerin birikimi araştırılmıştır. Bu çalışmada Hg için soğuk buhar AAS (Atomic Absorbsion Spectroscopy), Cu ve Zn için flame-AAS ve Cd, PbCr, Ni, As ve Ag için elektrotermal AAS cihazları kullanmışlardır. Yapılan çalışmada 0,5 g midye numunesi dondurularak kurutulmuş ve daha sonra mikrodalga yakma sistemi ile ekstraksiyon

gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre mikro dalga yakma sistemi ile en başarılı RSD (%) sonuçların elde edildiği görülmüştür. Çalışmanın doğruluğu sertifikalı standart maddeler ile doğrulanmıştır.

Szefer ve ark. (2004) Kore'nin Peninsula (Masan Bay, Uslan Bay) bölgesinde yaptıkları bir araştırmada, kara midyelerin yumuşak dokularında biriken Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Ti ve Zn ağır metallerini AAS (Atomic Absorbstion Spectroscopy), ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy), AFS (Atomic Fluorescence Spectrometer) cihazları ile analiz edilmiştir. Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn AAS cihazı ile, Pb ve Sn ICP-MS cihazı ile ve Hg da AFS cihazı ile analiz edilmiştir. Bu çalışma sonucunda Cd, Pb, Hg, Cu, Zn, Co ve Mn miktarı Uslan Bay bölgesinde oldukça yüksek bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada ağır metal yük miktarının sezonsal olarak, midyenin hacmine göre, deniz suyu sıcaklığının değişimine göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle Cd, Cu, Pb ve Zn elementleri konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre (k.m); Cd: 0,19-0,98 ppm, Co: 0,47-1,23 ppm, Cr: 0,53-0,80 ppm, Cu: 6,99-22,4 ppm, Fe: 141-1486 ppm, Mn: 35,3-2461 ppm, Ni: 1,68-7,78 ppm, Pb: 0,44-1,89 ppm, Zn: 81,1-372 ppm ve Hg: 3,35-39,1 ppb olarak tespit edilmiştir.

Lo ve Sakamoto (2005) deniz ürünleri ve sedimentleri üzerinde ağır metal birikimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada ağır metal ekstraksiyonu için en etkili asit karışımı bulmak üzere çeşitli denemeler de gerçekleştirmişlerdir. Ağır metal tayinlerinde metaller arası

girişimin en az olduğu sistem olarak son yıllarda mikrodalga yakma sistemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde değişik parametreler yöntemin etkinliğini değiştirirken, özellikle asit karışımı doğruluk, tekrarlanabilirlik ve tespit limitleri açısından diğer değişkenlere nazaran daha önem kazanmaktadır. Bu çalışmada birçok araştırmada önerilen HF- HNO_3 (9 ml HNO_3 -3 ml HF) karışımı ile aqua regia (HCl- HNO_3)-HF (1 ml aqua regia-6 ml HF) karışımları aynı mikrodalga yakma sistemi ve parametrelerinde karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre HF- HNO_3 karışımı diğer karışıma oranla daha etkili olmuştur. Bu sonuçlara göre (sonuçlar mg/l olarak verilmiştir) Cu: 0,04 (0,10-5), Zn: 0,01 (0,1-3), Ni: 0,08 (0,1-3), Co: 0,06 (0,05-2), Mn: 0,03 (0,1-7), Fe: 0,08 (0,1-10) olarak tespit edilmiştir.

Sogut ve Yalcin (2005) tarafından yapılan bir çalışmada İzmir Körfezi ve çevresinden toplanan kara midyelerde ağır metal birikimi araştırılmıştır. Bu çalışmada Akdeniz midyesi olarak bilinen kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) Cu, Fe, mg, Pb ve Zn elementleri 2003 ve 2004 yılları arasında, Ege Körfezinden üç ayrı bölgeden toplanmış ve Flame Atomik Absorbsiyon Cihazı ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre dönemsel olarak ve bölgesel olarak metal konsantrasyonlarında büyük değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; Cu, 0,18-2,98, 1,23-15,76; Fe, 21,37-143,50, 21,32-87,29; Mg, 224,11-743,26, 226,10-674,97; Pb, 1,09-6,11, 1,02-4,94 ve Zn, 55,95-300,88, 153,33-482,74 mg kg^{-1} aralığında değerlendirilmiştir. Bulunan değerler Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995) sınırları içerisindedir.

Karadenize kıyısı bulunan ülkelerden birisi olan Romanya’da deniz kirliliği ile ilgili yapılan bir çalışmada kara midyeler kullanılmış ve Cd, Cu, Zn, Hg, Fe ve Mn elementleri izlenmiştir. Çalışma Şubat 2001 - 2002 döneminde yapılmış, 2001 yılında yapılan çalışmada midyenin tamamı kullanılırken, 2002 yılındaki çalışmada midyenin kas hücreleri ve solungaçlarında ayrı ayrı analize alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, solungaçlarda ağır metal birikiminin kas hücrelerine göre daha yüksek olduğu görülmüş ve su kirliliğinin izlenmesinde midyelerin en etkili biyomonitor olduğu teyit edilmiştir (Romeo ve ark., 2005).

Sunlu (2006) tarafından Ege Körfezinde doğal ortamda yetişen kara midyelerde 2002 Ekim ve 2003 Ağustos ayları arasında ağır metal birikimi araştırılmıştır. Bu araştırmada denizin fiziko kimyasal özelliklerindeki değişimler ayrıca dikkate alınarak, altı istasyonda dönemsel olarak kara midyelerin yenebilir kısımlarındaki ağır metal birikimi Atomik Absorbsiyon cihazı ile (AAS) analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre İzmir iç körfezinde yüksek miktarda (Cd, Pb, Zn, Cu) tespit edilir iken İzmir dışı körfezde ve Sığacık ve Güllük Körfezinde düşük miktarda iz element birikimi tespit edilmiştir. Buna göre (y.m. - yaş madde üzerinden) Cd: 0,04-0,52 ppm w.w, Pb: 0,49-1,72 ppm w.w, Cu: 0,95-1,85 ppm w.w, Zn: 16,11-37,15 ppm w.w olarak belirlenmiştir. Genel olarak bulunan değerler, Akdeniz Bölgesi denizlerinde yapılan çalışmalarda bildirilen değerlerden daha düşüktür.

İstanbul balık halinden alınan Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) türü midyede arsenik (As) düzeyini tespit etmek üzere

bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada gerçek ağır metal kirliliğini yansıtabilecek, yer değiştirmeyen ve tüm dünyada kirliliğe karşı bioindikatör olarak kabul edilen kara midyeler yaş yakma sistemi ile yakılarak AAS cihazı ile analiz edilmiştir. Analiz edilen midyelerde en yüksek As değeri 0,098 mg/kg, en düşük As değeri 0,019 mg/kg olarak saptanmıştır. Alınan örneklerde tespit edilen As değerleri Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Anon, 1995) belirtilen sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür (Kayhan ve ark., 2006).

Sasikumar ve ark. (2006) yeşil midyeler (*Perna viridis*) ile ilgili Hindistan'ın güney batı bölgesinde bir çalışma yapmışlardır. Yeşil midyeler özellikle Asya kıyılarında yaygın olarak bulunan, çevre ve su kirliliği araştırmalarında biomonitör olarak kullanılan bir canlı çeşididir. Bu çalışmada Hindistan'ın güney batı sahillerinde Karnataka bölgesinde 28 ayrı noktadan değişik boyutlarda yeşil midye toplanmıştır. Toplanan bu midyelerde Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn ağır metalleri araştırılmıştır. Midyelerin yenebilir kısımları dikkate alındığında Cr, Cu, Fe ve Pb konsantrasyonları büyük boyutlu midyelerde, küçük boyutlu midyelere göre oldukça yüksektir. Ayrıca sahil kesiminde iç bölgelerde her boyuttaki midyede yüksek konsantrasyonda Cr, Cu, Fe, Mn ve Ni tespit edilmiştir. Zn dışındaki diğer iz elementlerin dağınık konsantrasyonlarda birikim gösterdiği tespit edilmiştir. Genel olarak, midyelerin yenebilir kısımlarında Pb, Cd, Ni ve Cr metalleri belirtilen limitler içerisinde tespit edilmiş olmakla birlikte iç kesimlerden toplanan yeşil midyelerde Cd, Cr ve Pb birikim konsantrasyonlarının yüksek olduğu bildirilmiştir.

Yunanistan'da Thermaikos koyunda yapılan bir çalışmada sezonsal olarak çevre ve su kirliliği araştırılmıştır. Bu çalışmada da kara midyeler (*Mytilus galloprovincialis*) kullanılmıştır. Çalışma Nisan 2000 ile Ekim 2000 aralığında yapılmış ve iki ayrı aqua kültür yetiştiricilik çiftliğinden midyeler tedarik edilmiştir. Bu çalışmada Cu, Cr, Ni, Zn, Fe ve Mn ağır metalleri Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi (AAS) ve Gamma Spektroskopisi cihazları ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ağır metal konsantrasyonları diğer Akdeniz Bölgesi körfezlerinde olduğu gibi düşük olarak bildirilmiştir. Numunelerin tedarik edildiği iki istasyon arasında istatistiksel olarak farklılıkların olmadığı ancak dönemsel olarak birikim miktarının önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca yılın soğuk dönemlerinde birikim miktarının arttığı tespit edilmiştir (Catsiki ve Florou, 2006).

Yang ve Swami (2007) deniz ürünlerinde, mikrodalga yakma sistemi ve ICP-MS cihazı kullanarak ağır metal konsantrasyonlarını araştıran çalışmalarında önemli bazı bulgular elde etmişlerdir. Bu çalışmada mikrodalga yakma sistemini modifiye ederek en etkin ekstraksiyon sistemi üzerinde denemeler yapmışlardır. Çalışma sonucunda en etkin yakma yönteminin mikrodalga yakma sistemi olduğunu vurgulayan Yang ve Swami, asit karışımı olarak 2 ml HNO₃, 2 ml H₂O₂ ve 0,3 ml HF kullanırken, kuru madde üzerinden 0,15 g numune üzerinde çalışmışlardır. Çalışmanın doğruluğunu göstermek üzere standart referans malzeme (SRM 1566b) ile çalışılmış ve Na, Al, K, V, Co, Zn, Se, Sr, Ag, Cd, Ni ve Pb için % 90-110 arası, Mg, Mn, Fe, Cu,

As ve Ba için % 85-90 arası, Hg için % 81 ve Ca için % 64 geri kazanım değerleri elde etmişlerdir.

İstanbul'da Marmara Denizinde Yenikapı ve Anadolu Kavağı bölgelerinden toplanan midyeyelerde (*Elliptio buckleyi*) ağır metal birikimi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada çevre kirliliğinin boyutları ile ilgili önemli bilgiler edinilmiştir. Bu çalışmada Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Va, Sr ve Zn metalleri araştırılmıştır. Bu elementler vücut için gerekli maddelerdir. Bu metallerin dışında çalışmada Hg, Pb ve Cd gibi vücut için toksik olan ağır metaller araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; Yenikapı Bölgesi Anadolu Kavağı Bölgesine göre daha kirli olarak tespit edilmiştir. Özellikle Pb: 0,68 ppm, Cd: 1,08 ppm ve Hg: 0.75 ppm olarak tespit edilmiş ve bu değerlerin yüksek olduğunu vurgulanmıştır. Anadolu Kavağı Bölgesinde ise Pb: 0,13 ppm, Cd: 0,16 ppm, Hg: 0,23 ppm olarak bildirilmiştir. Ağır metal kirliliğine sebep olarak Marmara Denizine dere ve nehirler ile taşınan fabrika atıkları olarak gösterilmektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre *Elliptio buckleyi* midyesinin diğer çalışmalarda da saptandığı gibi çevre kirliliği araştırmalarında biomonitör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Yarsan ve ark., 2007).

Nesto ve ark. (2007) bazı midye çeşitleri ve balıklarda ağır metal birikimi ve mikro organik bileşiklerinin birikimi ile ilgili olarak İtalya'nın Venedik Körfezi'nde yaptıkları bir çalışmada, diğer çalışmalarla benzerlik gösteren sonuçlar elde etmişlerdir. Bu çalışmanın amacı bölgedeki çevre kirliliğini araştırmak ve bazı midye ve balık

çeşitlerindeki ağır metal ve bazı mikro organik bileşiklerin varlığını tespit etmektir. Bu çalışmada ağır metal olarak Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metalleri aylık dönemlerde iki ayrı noktadan toplanmış ve araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yaz dönemlerinde ağır metal birikimi ve mikro organik kirlenmenin azaldığı ifade edilmekle birlikte midyelerde ağır metal birikiminin oldukça düşük konsantrasyonlarda olduğu bildirilmiştir.

Marin ve ark. (2008) fosil kayalarında toplam iz element (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Pb ve Zn) ve ana elementlerin (Al ve Fe) tespisi için mikrodalga asit yakma sistemini kullanmışlardır. Bu çalışmada değişik asit kombinasyonları (HCl, HNO₃, H₂O₂, HF) denenmiş ve ICP-AES (inductively coupled plasma atomic emission spectrometry) cihazı ile analiz edilmiştir. Tekrarlanabilirlik (R.S.D. < % 5) ve geri kazanımlar (% 82-116) multi-element metal analizlerinde mikrodalga asit yakma sisteminin oldukça etkili bir sistem olduğu göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan HF (hidroflorik asit) özellikle Al ve Co ile girişim yaptığı düşünülmüştür, çünkü geri kazanımlar <% 5 ve >% 124 olarak görülmüştür. Ayrıca karışıma eklenen H₂O₂ çözeltisinin yakma sisteminin etkinliği üzerine fazla bir etkisi olmadığı görülmüştür. Geri kazanım ve doğruluk parametreleri değerlendirildiğinde en etkili asit karışımının HCl ve HNO₃ (Aqua regia) olduğu değerlendirilmiştir. Bu çalışma çevre numunelerinde etkili bir yakma sistemi olarak mikrodalga yakma sisteminin önemini bir kez daha ortaya koymuşlardır.

Deniz diplerinden elde edilen volkanik taşlarda yapılan bir çalışmada mikrodalga yakma sistemi ve ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry) cihazı kullanılarak iz elementler araştırılmıştır. Araştırmada ayrıca mikrodalga yakma sistemini valide etmek üzere çeşitli denemeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan mikrodalga yakma sistemi iki aşamalı olup birinci aşama ısıtma ve ikinci aşama ise basınç uygulama aşamalarıdır. Araştırmada on yedi element (Na, P, K, T, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb, Al, F, Ca ve Mg) çalışılmış ve aynı elementler referans maddelerde (BCR-2 ve BHVO-2) doğrulanmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre relatif standart sapma % 5'den küçük çıkmıştır. Bu çalışma göstermiştir ki, multi element çalışmalarında mikrodalga yakma sistemi doğruluk, analiz süresi, tespit limitleri açısından oldukça etkili bir asitle yakma sistemidir (Mvondo ve ark., 2008).

Biyolojik maddeler açık veya kapalı kaplarda asidik olarak yakılırlar. Açık veya kapalı kaplarda yakma işleminin numune miktarı, kontaminasyon, operasyon sıcaklığı ve kayıplar olmak üzere bazı avantajları ve bazı sınırlamaları vardır. Bu çalışmada bazı deniz ürünleri (istiridye, midye ve deniztarağı) üzerinde mikrodalga asidik yakma işleminin etkinliği valide edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca As, Cd, Pb, Se ve Zn elementlerinin birikim ve kayıpları ICP-OES cihazı ile analiz edilerek araştırılmıştır. Asidik ortamda açık yakma sistemlerinde kuru yakma (dry hot plate) ve yaş yakma (wet hot plate), mikrodalga yakma sistemlerine göre % 12'den daha fazla kayıpların olduğu görülmektedir. Büyük oranda kayıplar Pb ve Cd'de görülürken Zn çok fazla değişime

uğramamıştır. Çalışmanın doğruluğu standart referans maddeler (Oyster tissue, NIST SRM 1566b) ile çalışılarak ıspatlanmıştır (Costa ve ark., 2008).

İspanya Katalunya’da Ebro Nehrinde yapılan bir çalışmada zebra midyelerinde (*Dreissena polymorpha*) cıva birikimi (THg-toplam cıva ve MeHg-metil cıva) araştırılmıştır. Bu bölge sanayi atıkları açısından önemli bir bölge olup klor-alkali üretimi olan bir çok işletmenin atık suyu Ebro Nehri aracılığı ile taşınmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre zebra midyeleri üzerinde yüksek konsantrasyonlarda toplam cıva (THg: 0,02-0,081µg/g w.w.) ve metil cıva (MeHg:0,22-0,60 µg/g w.w.) tespit edilmiştir. Belirtilen konsantrasyonlar büyük nehirlerde yapılan çalışmalarda bulunan değerlerden (Niagara-ABD, Hudson Nehri, Lower Po Nehri-İtalya gibi) ortalama yirmi kat daha yüksek birikim olduğunu göstermektedir (Carrasco ve ark., 2008).

Fang ve ark. (2008) Hong Kong’da Victoria Limanında yeşil benekli midyelerde (*Perna viridis*) metal birikimi üzerine yaptıkları bir çalışmada Cd, Cr ve Pb metallerini ICP-MS cihazı ile, Cu ve Zn metallerini ise ICP-OES cihazı ile analiz etmişlerdir. Bu çalışmada Temmuz 2004 - 2005 dönemlerinde Victoria limanında üç ayrı noktada (limanın batı bölgesi, merkezi ve doğu bölgesi) ve limanın dışında doğu bölgesi ve batı bölgesi olmak üzere beş ayrı noktadan (Victoria Limanı, liman merkezi ve limanın doğusu ile limanın dışında iki bölge olan Batı ve Doğu Bölgesi) toplanan yeşil benekli midyeler ortalama 8 - 12 cm büyüklüğündedir. Midye örnekleri öncelikle kurutularak dondurulmuş,

homojene edilmiş ve bir desikatörde muhafaza edilmiştir. Numuneler öncelikle % 10'luk nitrik asit ile bir gece boyunca muamele edilmiş ve ardından % 70'lik nitrik asit ile 4 saat muamele edildikten sonra yaş yakma sistemi ile 100 °C de 1 saat ve ardından 180 °C de 4 saat boyunca karışım berrak renk alana kadar yakılmıştır. Daha sonra karışım filtre edilerek ICP-MS ve ICP-OES cihazlarında analiz edilmiştir. Yapılan bu çalışmada Cd: 0,26 µg/g d.w., Cr: 0,97 µg/g d.w., Cu: 14,80 µg/g d.w., Pb: 1,73 µg/g d.w., Zn: 64,73 µg/g d.w. olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Victoria Limanı gibi tropical ve yarı tropikal kıyılarda midyelerde ağır metal birikiminin aynı bölgede 2004-2005 yıllarında yapılan diğer çalışmalarda belirtilen limitlere göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Baltık Denizinde Polonya kıyılarında mavi midyelerde (*Mytilus edulis*) iz element birikimi ve kabuk büyüklüğünün birikim üzerine bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bu çalışmada Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn, V, Li, Al elementlerinin mavi midyelerde birikim yapıp yapmadığı ve mavi midyelerin Polonya kıyılarında biomonitör olarak incelenip incelenemeyeceği değerlendirilmiştir. Bu çalışmada Mayıs-Eylül 2005 döneminde 17-330 mm arasında değişen boylarda midye örnekleri üzerinde bir çalışma yapılmış ve kıyılardaki ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Mavi midyeler ICP AES ve Coleman MAS 50 CV atomik absorpsiyon spektrometresi ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Hg: 0,002 – 0,008 µg/g değerleri arasında tespit edilmiştir. Hg en yüksek değeri Miedzyzdroje Bölgesinden toplanan midyelerde göstermiştir. Pb en yüksek değeri 0,432 µg/g ile yine Miedzyzdroje'de

gösterirken bunu 0,194 µg/g değeri ile Ustka Bölgesi takip etmiştir. Cd birikimi 0,009 µg/g ile en düşük değeri Jurata Bölgesinde gösterirken en yüksek değeri 0,114 µg/g ile Ustka Bölgesinde almıştır. Cu konsantrasyonu en düşük Kolobrzeg’de 2,450 µg/g ve en yüksek Miedzyzdroje’de 4,170 µg/g değerlerini almıştır. En yüksek Zn değeri Miedzyzdroje’de 101,27 µg/g olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre midye büyüklüğü ile ağır metal birikimi arasında pozitif bir ilişki kurulamamıştır. Bu çalışmada ayrıca mavi midyelerin Polonya ve kıyılarında biyolojik ve kimyasal kirlilik için biomonitor olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Protasowicki ve ark., 2008).

Gontad ve ark. (2008) İspanya’nın Galicia Körfezi’nde bazı midye çeşitlerinde ağır metal birikimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada toplam arsenik birikimi araştırılmıştır. Belirtilen bölgede özel olarak yetiştiricilik yapan dört firmanın midye örnekleri Nisan 2002, Temmuz 2002, Subat 2003 ve Temmuz 2003 dönemlerinde 16 ayrı istasyondan toplanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada mikro dalga yakma sistemi ile Elektrotermal Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi (ETAAS) cihazları kullanılmıştır. Midye örnekleri nitrik asit ve sülfürik asit karışımı ile muamele edildikten sonra mikro dalga yakma sisteminde yakılmış, ETAAS cihazında 1,000 °C ve 1,800 °C sıcaklıkta analiz edilmiştir. Çalışmada geri kazanımlar % 90 ile % 104 aralığında bulunmuş ve tespit limiti (LOD) 0,21 µg/g k.m olarak belirtilmiştir. Çalışmada arsenik değerleri 2,8 - 25,5 ppm aralığında tespit edilmiş olup arsenik birikiminin yaz aylarında arttığı ve maksimum değerlere ulaştığı tespit edilmiştir.

Cardellicchio ve ark. (2008) İtalya'nın kuzeyinde İonian Denizi Taranto Körfezi'nde kara midyeler (*Mytilus galloprovincialis*) üzerinde Temmuz 1999 ve Haziran 2000 yılları arasında ağır metal birikimi ile ilgili yaptıkları araştırmada, midyelerin bu açıdan insan tüketimi için riskli olmadığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada atomik absorbsiyon cihazı (AAS) kullanılmış ve Cd, Cu, Pb, Zn, Fe ve As metalleri araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca metal birikiminin mevsimsel olarak değiştiği, kış sonlarında ve ilkbahar başlarında metal birikiminin yüksek olduğu ve yaz aylarında ise metal birikiminin diğer aylara göre çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, midyelerde ağır metal birikiminin ulusal ve uluslararası yasalarda belirtilen limitler içerisinde olduğu ve insan tüketimi için herhangi bir risk oluşturmadığı bildirilmiştir.

Türkiye'de Marmara Denizi Gemlik Körfezi'nde yapılan bir çalışmada kara midyelerde ve yüzey sedimentlerinde ağır metal birikimi çevresel kalite açısından değerlendirilmek üzere incelenmiştir. Çalışmada 7 ağır metal tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre midyelerde Cr, Pb, ve Ni birikimi Gemlik Körfezi açıklarında yüksek bulunmuştur. Cu miktarı diğer noktalara oranla deniz ile nehir birleşim noktalarında yüksek tespit edilmiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de diğer bölgelerde liman ve çevresinde tespit edilen ağır metal birikimine oranla daha yüksek oranlarda metal birikimi tespit edilmiştir (Ünlü ve ark., 2008).

İstanbul'da çeşitli balık marketlerden ve pazardan satın alınan kara midyelerde ağır metal birikimi ile ilgili olarak bir araştırma yapılmıştır.

Midye numuneleri aylık periyotlarda Haziran 2003 ve Mayıs 2004 döneminde toplanmıştır. Bu araştırmada Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, As, Fe, Co, Al, Mn, Ni ve Sn ağır metalleri ile Na, Mg, K, Ca, I, Se makro besin bileşikleri ICP-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, kara midyede ağır metal birikiminin mevsimsel olarak farklılık gösterdiği görülmüştür. Civa ve Bakır konsantrasyonlarının FAO/WHO (Anon, 1983), EU ve Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995) limitlerinin altında olduğu ve insani tüketim için risk teşkil etmediği tespit edilmiştir. Çalışmada Hg: 0,01-0,16 ppm, Cd: 0,75-1,06 ppm, Pb: 0,90-1,64 ppm, Cu: 1,94-3,42 ppm, Zn: 68,28-129,94 ppm, As: 2,68-3,87 ppm, Fe: 143,49-285,07 ppm, Co: 0,26-0,39 ppm, Al: 132,73-264,76 ppm, Mn: 1,81-3,87 ppm, Ni: 1,09-2,06 ppm, Sn: 0,05-0,11 ppm, Na: 1020,73-1491,61 ppm, K: 983,33-1429,24 ppm, Mg: 404,65-470,19 ppm, Ca: 664,64-1500,22 ppm, I: 1,22-1,74 ppm ve Se: 0,72-0,82 ppm olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte bütün sezon boyunca midyelerde yüksek miktarda kadmiyum, arsenik ve çinko tespit edilmiş olup bu miktarlar Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995) limitleri içerisinde. Çalışmada ayrıca midye kas dokularında yüksek miktarda Na, K, Mg, Ca, I ve Se olduğu tespit edilmiş olup makro besin içeriği açısından midyelerin zengin bir gıda olduğu belirtilmiştir (Özden, 2008).

Türkiye’de yapılan bir diğer çalışmada ise çeşitli gıda maddelerine bulaşan ağır metal kalıntıları araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca çeşitli yakma sistemlerinin (kuru yakma, yağ yakma ve mikro dalga yakma sistemleri) birbiri ile karşılaştırması yapılmıştır. Mikrodalga yakma

sistemi yüksek geri kazanım oranı ve süre açısından kuru veya yaş yakma sistemlerine oranla daha başarılı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada Fe, Cu, Mn,, Zn, Al ve Se elementleri alev ve grafit fırın atomik absorbsiyon spektrometre cihazı ile analiz edilmiştir. Relatif Standart Sapma (Relative Standard Deviation – %RSD) % 10'un altında bulunmuştur. Prosesin doğruluğu sertifikalı referans madde ile kanıtlanmıştır (Demirel ve ark., 2008).

İtalya'nın Sardunya kıyılarında kara midyeler üzerinde yapılan bir araştırmada, deniz suyu kalitesi ile midyelerde biriken ağır metal yükü arasında önemli bir pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, DGT (diffusive gradients in thin films) cihazı kullanılarak Cd, Cu, Ni ve Pb elementleri birikimi üç aylık dönemlerde izlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Cd için birikim aralığı 1-35 ppt, Cu için 5-80 ppt, Ni için 33-120 ppt, Pb için 4-147 ppt olarak verilmiştir. Çalışmada Bakır ve Nikel birikim konsantrasyonunun bütün bölgelerde birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir (Schintu ve ark., 2008).

Besada ve ark. (2008) tarafından İspanya'da Galicia ve Biscay körfezinde kara midyelerde metal birikimi ile ilgili yapılan çalışmada, 5 farklı iz element (Cd, Hg, Pb, Cu ve Zn) Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi kullanılarak (flame-AAS: Cu ve Zn; graphite furnace-AAS: Cd ve Pb, flow injection-cold vapour-AAS: total Hg) analiz edilmiştir. İki bölge arasında metal birikimi açısından önemli farklılıklar görülmüştür. Genel olarak Biscay körfezinde metal birikimi yüksek

bulunmuş ve bunun nedeni olarak bu bölgede demir ve çelik fabrikalarının yoğunluğu gösterilmiştir.

Adriyatik denizi'nde Portonovo bölgesinden toplanan midyeler üzerine yapılan bir çalışmada, toplam 39 örnekleme ile 5 yıl boyunca Arsenik (As) kalıntısı izlenmiştir. Grafit Fırın Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (GFAAS-Graphite Furnace Atomic Absorbition Spectrometry) kullanılarak yapılan çalışmada, ağır metal birikiminin özellikle yaz aylarında düşük konsantrasyon değerlerinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada yıllar itibari ile arsenik (As) değerlerinin önemli değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada araştırılan diğer elementlerin birikim konsantrasyonları (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V ve Zn) 10 - 40 ppm arasında değişim gösterirken, arsenik değerleri özellikle bahar aylarında 40 ppm den yüksek ve kış aylarında ise 10 ppm'den düşük değerlerde tespit edilmiştir (Fattorini ve ark., 2008).

Çevik ve ark. (2008), Doğu Karadeniz'de kirliliğe neden olan bakır, kurşun çinko miktarlarını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada, doğal ortamda yetişen kara midyelerde biriken metal ve ağır metal kalıntılarını EDXRF (Energy Dispersive X-ray Fluorescence) ve FAAS (Flame Atomic Absorbition Spectroscopy) cihazları ile ölçmüşlerdir. Kara midye örnekleri Doğu Karadeniz bölgesinin Çamburnu, Rize, Çayeli ve Hopa bölgelerinden toplanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde bakır (Cu) ve çinko (Zn) birikiminin Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995)'ne göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. En

yüksek bakır konsantrasyonu 260 ppm iken en yüksek çinko oranı 600 ppm olarak bildirilmiştir. Bu değerlere göre bakır ve çinko oranının Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Anon, 1995) izin verilen yasal sınırlardan 8 kez daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Değerlerin yüksek çıkmasının nedeni olarak bölgede faaliyet gösteren bakır işletmesi ve diğer ağır sanayi işletmeleri gösterilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırmada kullanılan midye örnekleri ve alındıkları yerler

Araştırmada Narlıdere, Sasalı, Alaçatı, Bodrum, Bostanlı ve Balıklıova olmak üzere Ege Bölgesinin farklı 6 bölgesinden 2008 yılı Ocak – Aralık döneminde toplanmış midye örnekleri analiz edilmiştir (Şekil 3.3. ve 3.4.). Midye numuneleri Narlıdere, Bostanlı ve Balıklıova’da yerel balıkçılardan, Bodrum ve Alaçatı’da su ürünleri üzerine kurumsal düzeyde çalışan firmalardan, Sasalı’da ise yine yerel bir toplayıcı ve üretici olan firmadan temin edilmiştir. Toplanan midye örnekleri laboratuvar ortamında derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Daha sonra analiz sürecine alınan midye örnekleri “haşlanmamış” ve “haşlanmış” olarak iki farklı aşamada analiz edilmiştir.

3.1.2 Araştırmada kullanılan kimyasallar

Analizler için suprapure % 65 lik Nitrik Asit (Merck), % 35 lik Hidrojen peroksit çözeltisi ve Inorganic Ventures marka demir (Fe), kurşun (Pb), arsenik (As), kadmiyum (Cd), çinko (Zn), bakır (Cu), cıva (Hg) standart çözeltileri kullanılmıştır.

3.1.3 Analiz için kullanılan cihazlar

Analizler için AYBAK NATURA Gıda Analiz Laboratuvarında bulunan PERKIN ELMER ICP-OES (Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer) OPTIMA 2100 DU cihazı (Şekil 3.1) ve BERGHOF marka MWS-3 model mikrodalga yakma ünitesi (Şekil 3.2) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. ICP OES cihazı



Şekil 3.2. Mikrodalga yakma sistemi



Şekil 3.3. Ege Bölgesinde İzmir Yöresinde Midye Örneklerinin Toplandığı İstasyonlar



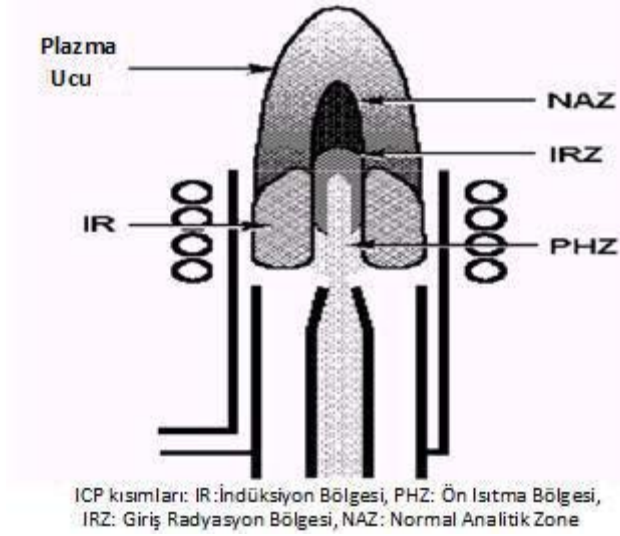
Şekil 3.4. Ege Bölgesinde Bodrum Yöresinde Midye Örneklerinin Toplandığı İstasyon

3.1.3.1 ICP-OES (Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer) cihazı

ICP OES cihazının çalışma prensibi aşağıda verilmektedir.

Plazma Tekniği: Plazmanın oluştuğu “torch” iç içe geçmiş üç kuartz kanaldan oluşmaktadır. Bu üç kanalın dış kısmındaki iki kanaldan argon gazı, içteki küçük kanaldan (enjektör) ise argon gazı ile birlikte numune püskürtülmektedir. Argon gazı ile birlikte enjektörün uç kısmından püskürtülen numune, bu bölgenin kenarındaki metal bobine uygulanan Radyo Frekansı (RF) sinyal ile indüklenerek plazma haline

getirilir. Plazmanın orta kısmındaki (NAZ) sıcak bölgeden gelen emisyonlar analiz için kullanılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Plazma bölümleri

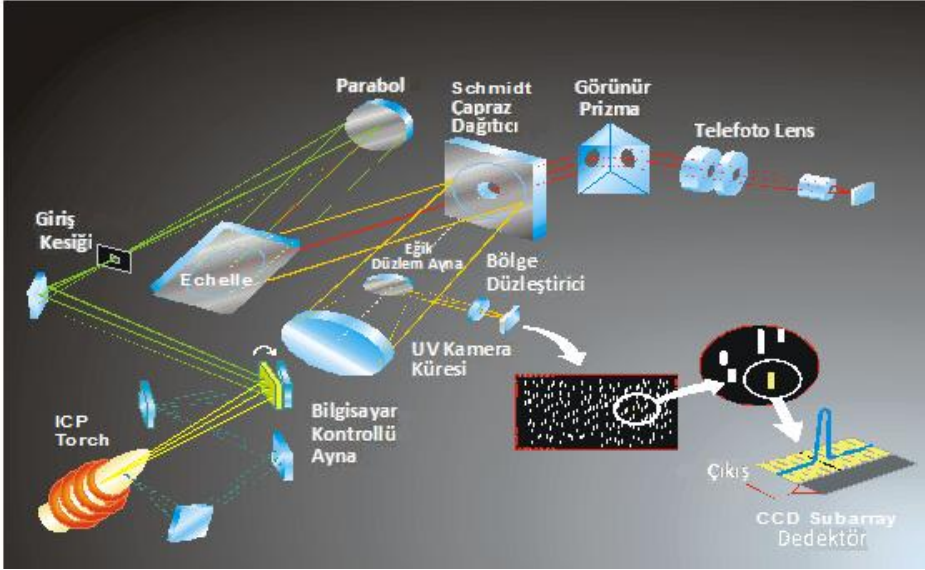
Bu sistemlerde 2 ana ünite vardır. ICP olarak adlandırılan kısımda, analiz edilmek istenen örnekteki elementler iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilirler ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçülürler. Burada kullanılan plazma Argon plazmasıdır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjileri Argonun iyonlaşma enerjisinden (15.76 eV) küçük olduğu için elementler plazma içerisinde pozitif iyonlara dönüşürler.

Numune giriş ünitesi ve Torch mekanizması:

Tüm sistemlerde numune, spreyci hüccesine peristaltik pompalarla beslenmektedir. Ancak teknolojisini geliştirmiş olan firmalarda numune kompartımanı sıcaklık kontrollüdür. Kullanıcı bu bölgenin sıcaklığını yapılacak analize bağılı olarak 15 – 40 °C arasında ayarlayabilir veya organik analizlerde ısıtmayı kapatabilir.

RF Güç Kaynağı: Plazmanın sağlıklı olarak oluşabilmesi için uygulanan RF gücü oluşturan kaynak son derece önemlidir. RF güç, torch'un ucunda bulunan bakır boru görünümündeki sarmal yapı ile uygulanır.

Optik Yapı: Son Teknoloji sistemler plazmadan gelen enerji, bilgisayar kontrollü bir ayna yardımıyla plazma gözlem yüksekliği ve lateral pozisyonlara göre optimize edilerek bir toroid aynaya yönlendirilir, bu aynadan odaklanan enerji giriş slitinden geçip, parabolik bir aynada kümelendirilip yansıtılarak eşel grating'e gelir. Eşel grating enerjiyi birbiri üzerine binmiş orderler halinde ayırıp Schmidt cross-disperser'a gönderir. (Şekil 3.6)



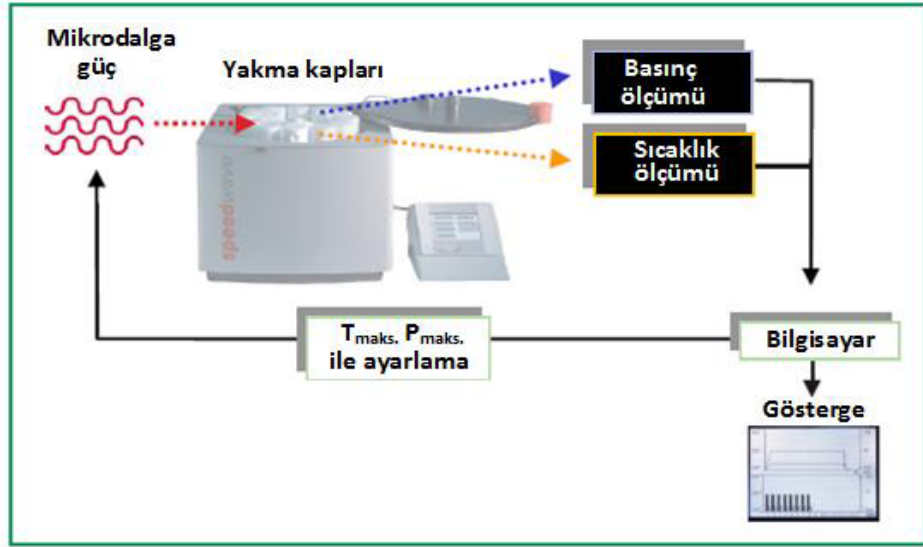
Şekil 3.6. Optik Yapı

Bu sistemlerin en önemli optik parçalarından birisi de dedektörleridir. Her bir dedektör üzerinde, tüm elementlerin ana emisyonlarının yanı sıra 4 – 5 farklı dalga boyundaki emisyonlarını da okuyabilecek şekilde belli noktalara yerleştirilmiş yüzlerce “subarray” bulunmaktadır. Her subarray’de 20 – 80 adet fotosensitif alan (pixel) bulunmaktadır. Subarray’lerin yanında ölçülen sinyali değerlendiren elektronik devreler bulunmaktadır.

Her bir element ancak belirli enerji düzeylerinde olabilecek şekilde atomik yapıya sahiptir. Atomik enerji yörüngelerde bulunan elektronların sayısındaki ve dağılımındaki değişikliklere bağlı olarak her element ancak belli değerlerdeki farklı enerji düzeylerinde bulunabilir. Bu enerji düzeyleri sürekli olmayıp, bu düzeylerin dışında herhangi bir enerji düzeyinde bir elementin olması söz konusu olamaz (temel Quantum

teorisi). Dolayısıyla plazma içinde değişik enerji düzeylerinde bulunabilecek elementlerin yaymış olduğu emisyonlar da ancak belli dalga boylarında olabilir. Schmidt apraz Dağıtıcı (SCD) kullanan sistemlerdeki dedektörlerin üzerindeki hassas yüzeylerin (subarray) konumu da bu belirli düzeylerdeki enerjilere karşılık gelen dalga boylarını okuyacak şekilde ayarlanmıştır. Detektör yüzeyinin tamamının ölçülmesinin pratik de hiçbir anlamı yoktur.

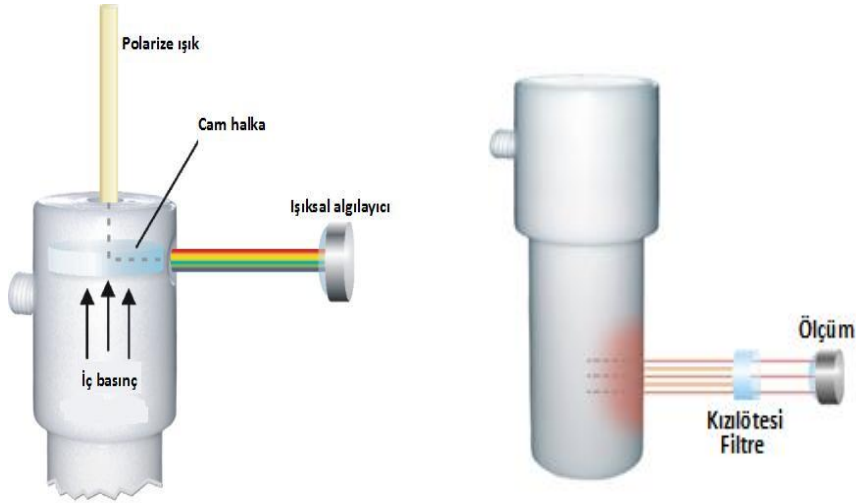
3.1.3.2 Mikrodalga Yakma Ünitesi



Şekil 3.7. Berghof marka MWS-3 model Mikrodalga Yakma Ünitesi

Son yıllarda yapılan birçok çalışmada mikrodalga yakma sistemlerinin klasik yakma sistemlerine oranla daha fazla tercih edildiğini görmekteyiz. Bu tercihin en önemli nedenleri arasında mikrodalga yakma sistemlerinin herhangi bir madde kaybına neden olmaması (tamamen kapalı bir sistem olması), yüksek basınç ve sıcaklıkta çalışabilmesi, bütün

kaplarda ayrı ayrı temassız infrared sıcaklık kontrolü, ayrı ayrı bütün kaplarda temassız optik basınç ölçümü, kısa süre (klasik yakma sistemlerinde dört saatlik yakma ve iki saatlik soğutma süreleri var iken, bu sistemlerde toplamda iki buçuk saat ekstraksiyon süresi) sıralanabilir. Bu avantajlar yanında dezavantaj olarak 0,1 - 0,5 g numune miktarı ile çalışıyor olması gösterilebilir (Şekil 3.7) (<http://www.pelkinelmer.com>, Erişim Tarihi: 03.08.2009).



Şekil 3.8. Politetrafluoroetilen kaplar (TFE-PTFE)

Yüksek sıcaklık, basınç ve asit korozyonuna karşı geliştirilmiş olan Polytetrafluoroethylene (TFE-PTFE) tüpler ekstraksiyon için büyük avantajlar sağlamaktadır. (Şekil 3.8.) Kolay kullanımı, kolay

temizlenmesi ve kontaminasyona neden olmayan pürüzsüz yapısı nedeni ile bilimsel çalışmalarda tercih edilen bir enstrüman olmaktadır.

3.2. YÖNTEM

Ülkemizde midye üretimi ve tüketimi yıllara göre artış göstermektedir. Toplanan kara midyelerin büyük bir kısmı canlı veya dondurulmuş olarak ihraç edilirken küçük bir kısmı yerel pazarlarda, geleneksel üretim yöntemleri ile proses edilmekte ve tüketime sunulmaktadır. Bu çalışmada midyelerin üretim yöntemi ve iç pazarda tüketim şekli değerlendirilerek haşlanmış ve haşlanmamış olmak üzere iki ayrı işlem uygulanmasına karar verilmiştir. Birinci aşamada, her ay toplanan midyeler -18°C 'de derin dondurucuda iki hafta süre ile muhafaza edildikten sonra çözündürülmüş ve ayıklanarak yenebilir kısımları öğütücüde öğütülmüştür. İkinci aşamada ise, derin dondurucudan çıkarılan midyeler çözündürülmüş, 65°C 'de 30 dakika haşlanmış ve daha sonra ayıklama işlemi yapılmıştır. Burada amaç; tüketim şekli düşünüldüğünde haşlama işleminin midyelerin metal içeriğine etkisi olup olmadığını tespit edebilmektir. Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 da Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere, Sasalı ve Alaçatı bölgelerine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal birikim değerleri belirtilmiştir.

3.2.1 Nem Tayini

Ege Körfezinden altı ayrı noktadan toplanan kara midye örnekleri derin dondurucuda tutularak muhafaza edilmiştir. Daha sonra derin

dondurucudan çıkartılan midye örnekleri belli bir süre çözündürmeye bırakılmıştır. Çözündürmeye bırakılan midye örnekleri ayıklanarak homojenize edilmiştir. Homojen hale gelen midye örneklerinden ortalama 2-5 g alınarak yaklaşık 8 saat 103 °C’de vakumlu tutulmuştur. Daha sonra midye örnekleri desikatöre alınarak soğumaya bırakılmıştır. Sabit daraya ulaşana kadar bu işleme devam edilmiştir. Midye örneklerinde nem tayini yapılmasının nedeni, elde edilecek iz element konsantrasyonlarını kuru madde (k.m.) üzerinden değerlendirebilmektir (Anon, 2001b).

3.2.2 Ekstraksiyon

Midye örneklerinde aranan tüm ağır metaller için aynı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon yöntemi olarak Gesto et al. (2007)’in çalışmalarında kullandığı ekstraksiyon yöntemi mikrodalga yakma programında sıcaklık, süre ve basınç parametreleri ile parçalama çözeltisi karışım ve miktarları modifiye edilerek kullanılmıştır. Çizelge 3.1’de mikrodalga ekstraksiyon yönteminde uygulanan şartlar gösterilmektedir.

3.2.2.1 Örneğin hazırlanması

Midye örneklerinin hazırlanmasında iki işlem gerçekleştirilmiştir.

1.işlem: 500 g midye örneği alınarak ayıklanıp homojenize edilmiş ve nem tayini yapılmıştır. Ayıklanmış numune mikrodalga yakma ünitesinde ekstrakte edilmiştir.

2.işlem: 500 g midye örneği 65 °C de 30 dk süre ile saf su ile haşlandıktan sonra ayıklanarak homojenize edilmiş ve nem tayini yapılmıştır. Haşlanıp ayıklanmış numune mikrodalga yakma ünitesinde ekstrakte edilmiştir.

3.2.2.2 Örneğin ekstrakte edilmesi

Örneklerin mikrodalga yakma ünitesinde parçalanması için yaklaşık 0,5 g numune yakma ünitesinin kabına tartılarak üzerine 5 ml % 65 lik Nitrik Asit ve 2 ml % 35 lik Hidrojen peroksit ilave edilmiştir. Çizelge 3.1 de belirtilen parametreler ile parçalama işleminin tamamlanmasından sonra örnek çözelti hacmi ultra saf su ile 20 ml ye tamamlanmıştır.

Çizelge 3.1. Mikrodalga yakma ünitesinin parçalama programı

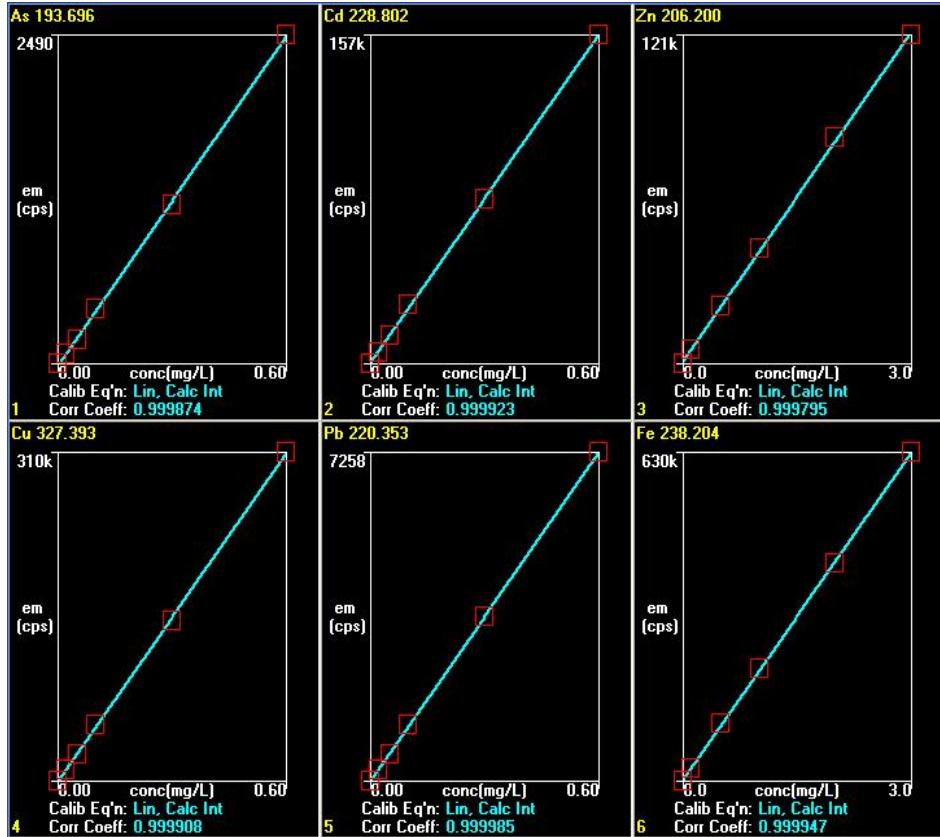
	1	2	3	4	5
Basınç (bar)	35	35	35	35	35
Sıcaklık (°C)	110	140	160	200	200
Alıkonma zamanı (min)	5	8	9	10	5
Artış Süresi (min)	5	5	5	1	1
Güç (W)	75	75	75	75	75

3.2.2.3 Çalışma standart çözeltilerinin ve kalibrasyon grafiklerinin hazırlanması

Çalışma standart çözeltilerinin ve kalibrasyon grafiklerinin oluşturulmasında 1000 ppm’lik sertifikalı hazır standartlar kullanılmıştır. Analizi yapılacak olan metallerin saf standartlarından değişik konsantrasyonlarda hazırlanarak cihazda en az 5 noktalı kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 3.9 - Şekil 3.10). Arsenik, kurşun, kadmiyum ve bakır için 0,02 - 0,05 - 0,1 - 0,3 - 0,6 ppm, çinko ve demir için 0,1 – 0,5 – 1 – 2 – 3 ppm ve cıva için 1 – 3 – 5 – 7 – 10 ppb (Şekil 3.9) standard çözelti hazırlanmış ve beş noktalı kalibrasyon grafikleri çizilmiştir. Kalibrasyon grafiğinin başlangıç noktaları tespit limiti değerleri baz alınarak seçilmiştir.



Şekil 3.9. Cıva standardına ait kalibrasyon grafiği



Şekil 3.10. Arsenik, Kadmiyum, Çinko, Bakır, Kurşun ve Demir standartlarına ait kalibrasyon grafikleri

3.2.3 Metot validasyonu

Geliştirilen metodun geçerliliğinin sağlanması amacıyla laboratuvar içi validasyon çalışması yapılmıştır. Öncelikli olarak tespit limiti ve teşhis limiti çalışmaları yapılmıştır. Metallerin çalışma konsantrasyon aralığında en az beş farklı konsantrasyonda kalibrasyon grafikleri çizilmiştir (Şekil 3.9 ve Şekil 3.10). Doğruluk ve kesinlik çalışmaları için 3 farklı konsantrasyonda 5 tekrarlı zenginleştirme işlemleri yapılmıştır. Arsenik, kadmiyum, çinko, bakır, kurşun ve demir için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm); Cıva için 0.003, 0.007, 0,010 mg/l (ppm) zenginleştirme yapılmıştır.

Tespit Limiti(LOD) ve Teşhis Limiti(LOQ) Çalışmaları:

Geliştirilen metodun geçerli kılınması amacı ile cihazın bileşiği saptayabileceği en düşük konsantrasyon olan tespit limiti ve cihazın bileşiği hesaplayabileceği en düşük konsantrasyon limiti olan teşhis limiti çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen değerler Çizelge 3.2 de özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. Metallere ait Tespit Limiti (LOD) ve Teşhis Limiti(LOQ) değerleri

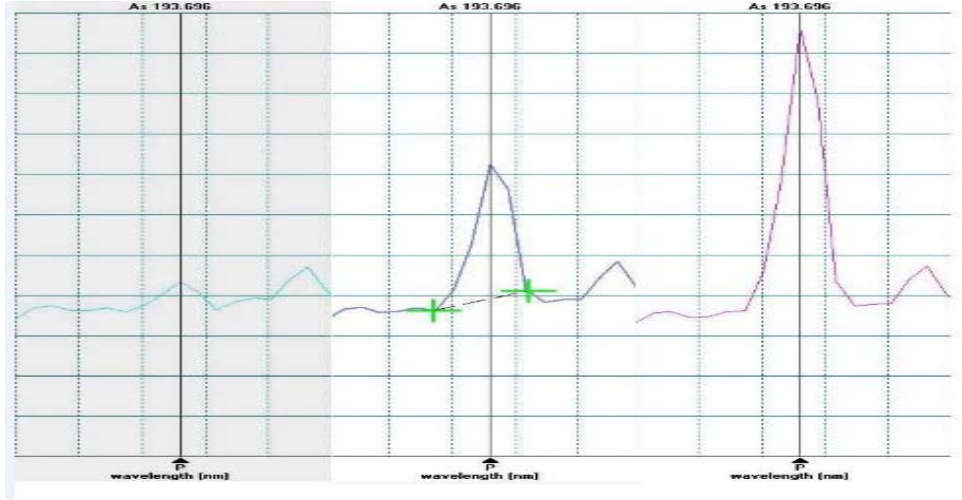
	Fe	Pb	As	Cd	Zn	Cu	Hg I	Hg II
Spike	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	0.1 ppm	3 ppb	3 ppb
1	0,14	0,083	0,097	0,082	0,17	0,12	2,4	2,93
2	0,15	0,084	0,091	0,083	0,17	0,12	2,81	3,13
3	0,14	0,082	0,093	0,082	0,16	0,12	2,87	3,02
4	0,14	0,084	0,089	0,08	0,16	0,12	2,78	3,03
5	0,14	0,083	0,098	0,083	0,16	0,12	3,03	3,08
6	0,13	0,08	0,089	0,082	0,12	0,11	3,05	3,12
7	0,14	0,081	0,089	0,083	0,15	0,1	3,01	3,3
8	0,13	0,082	0,099	0,082	0,16	0,13	2,9	3,29
9	0,12	0,081	0,086	0,082	0,12	0,11	2,88	3,12
10	0,13	0,08	0,089	0,083	0,12	0,11	3,2	3,55
Ort.	0,14	0,082	0,092	0,08	0,15	0,1145	2,89	3,16
SD	0,008	0,001	0,005	0,001	0,021	0,008	0,214	0,179
RSD (%)	5,84	1,82	4,91	1,12	13,95	6,81	7,41	5,68
LOD	0,02	0,004	0,01	0,003	0,06	0,02	0,6	0,5
LOQ	0,08	0,01	0,05	0,01	0,2	0,1	2,1	1,8

Geri Kazanım Çalışmaları:

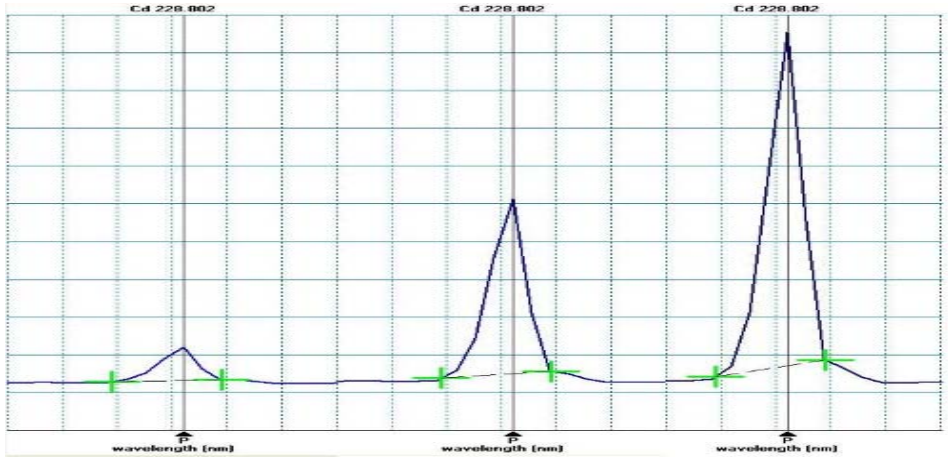
3 farklı konsantrasyonda 5 tekrarlı zenginleştirme işlemleri çalışmanın doğrulaması amacıyla yapılmıştır. Arsenik, kadmiyum, çinko, bakır, kurşun ve demir için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm); Civa için 0.003, 0.007, 0,010 mg/l (ppm) zenginleştirme yapılarak elde edilen geri kazanım değerleri çizelge 3.3 de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Metallere ait geri kazanım değerleri

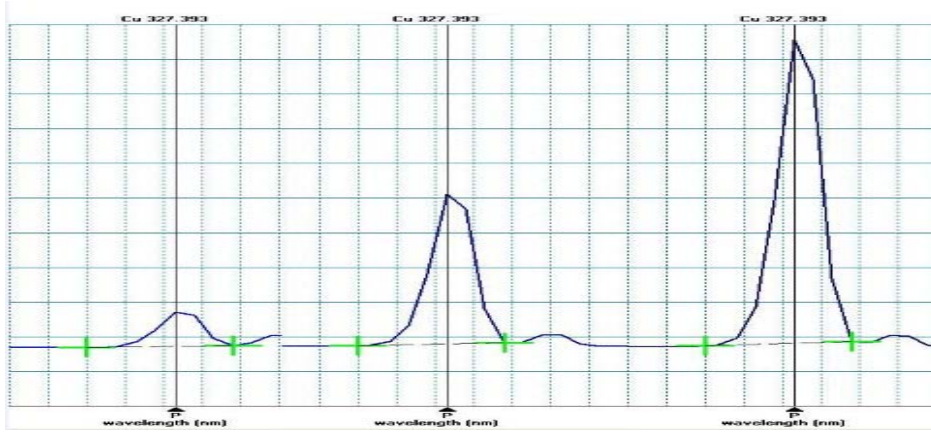
	Fe			Pb			As			Cd		
Spike	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm
1	0,14	0,54	0,92	0,08	0,46	0,84	0,1	0,4	0,95	0,08	0,42	0,85
2	0,15	0,52	0,94	0,08	0,45	0,86	0,09	0,44	0,9	0,08	0,41	0,85
3	0,14	0,52	0,93	0,08	0,45	0,87	0,09	0,43	0,94	0,08	0,41	0,84
4	0,14	0,5	0,94	0,08	0,44	0,84	0,09	0,41	0,95	0,08	0,39	0,83
5	0,14	0,51	0,92	0,08	0,44	0,85	0,1	0,42	0,94	0,08	0,4	0,84
Ort.	0,14	0,52	0,93	0,08	0,45	0,85	0,09	0,42	0,94	0,08	0,4	0,84
SD	0,003	0,02	0,01	0,001	0,01	0,01	0,004	0,01	0,02	0,001	0,01	0,01
RSD (%)	1,91	3,29	0,9	1,01	2,48	1,24	4,11	3,27	2,19	1,49	2,48	0,76
Geri Kazanım (%)	142	104	93	83	89	85	94	84	94	82	81	84
	Zn			Cu			Hg1			Hg2		
Spike	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm	0.1 ppm	0.5 ppm	1 ppm	3 ppb	7 ppb	10 ppb	3 ppb	7 ppb	10 ppb
1	0,17	0,57	0,93	0,12	0,54	1,08	2,4	6,39	9,63	2,93	7,71	10,59
2	0,14	0,55	0,96	0,12	0,55	1,08	2,81	7,1	10,2	3,13	7,79	10,38
3	0,12	0,53	0,94	0,12	0,55	1,1	2,87	7,28	10,27	3,02	7,84	10,99
4	0,13	0,52	0,97	0,12	0,55	1,09	2,78	7,16	10,65	3,03	7,72	11,31
5	0,1	0,5	0,95	0,12	0,55	1,09	3,03	6,89	10,12	3,08	7,54	11,29
Ort.	0,13	0,53	0,95	0,12	0,55	1,09	2,78	6,96	10,17	3,04	7,72	10,91
SD	0,03	0,03	0,01	0,001	0,01	0,01	0,23	0,35	0,37	0,08	0,12	0,42
RSD (%)	19,61	5,04	1,35	0,85	1,19	0,84	8,35	5,04	3,61	2,54	1,5	3,82
Geri Kazanım (%)	132	107	95	117	110	109	93	99	102	101	110	109



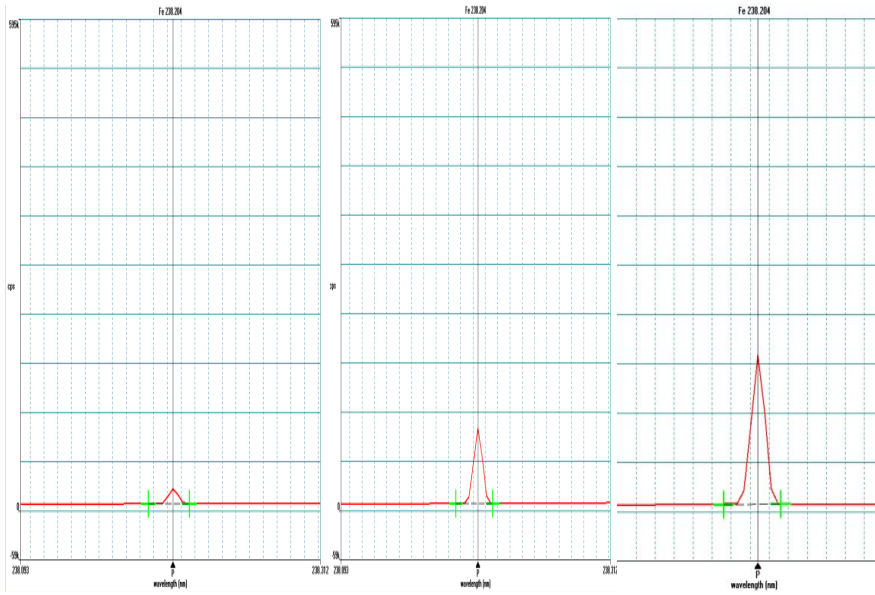
Şekil 3.11. Arsenik için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



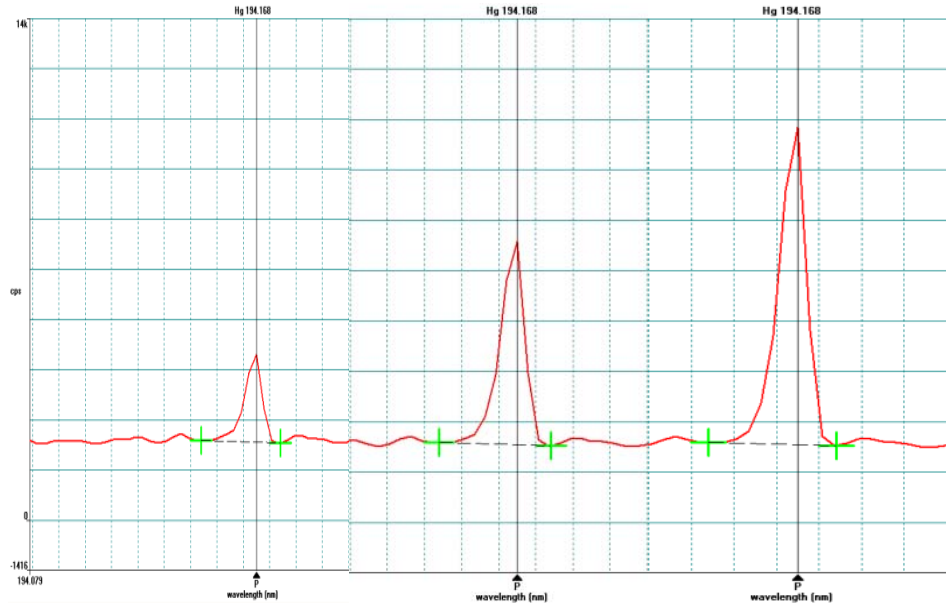
Şekil 3.12. Kadmium için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



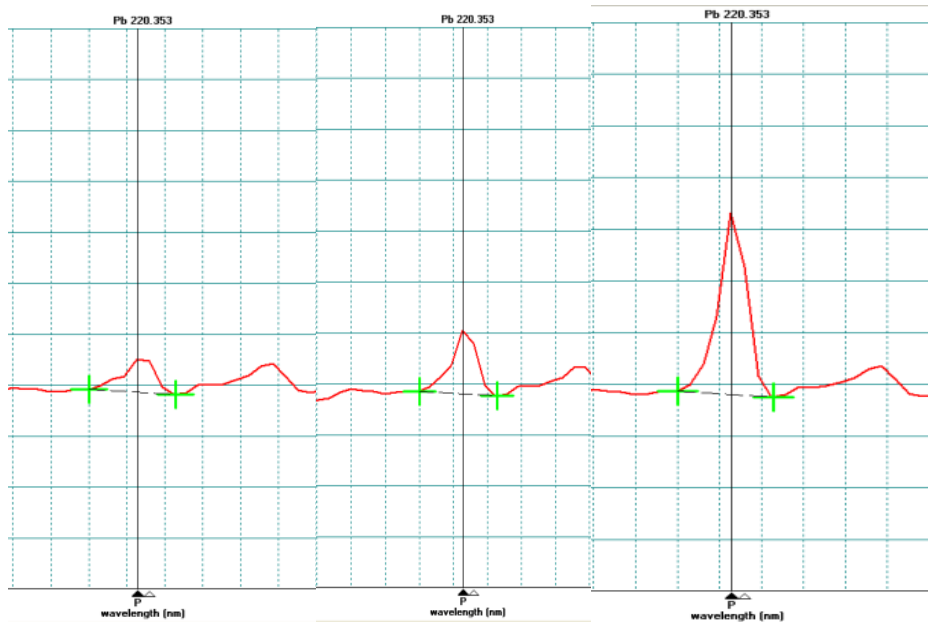
Şekil 3.13. Bakır için 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



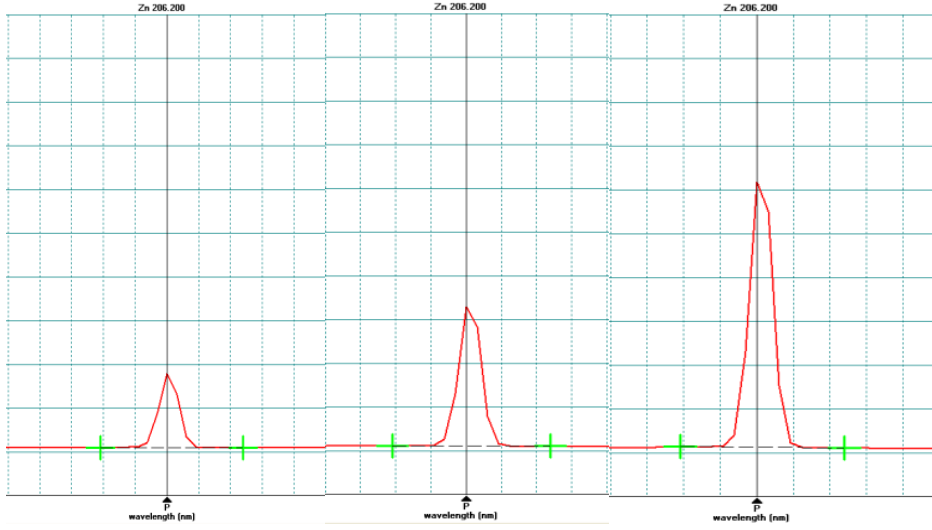
Şekil 3.14. Demir için 20, 50 ve 100 mg/l (ppm) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



Şekil 3.15. Cıva için 2, 5 ve 8 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



Şekil 3.16. Kurşun için 50, 100 ve 300 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri



Şekil 3.17. Çinko için 100, 200 ve 500 µg/l (ppb) konsantrasyonda spektrum görüntüleri

3.3. İstatistiksel Değerlendirmeler

Ege Körfezinde doğal sucul ortamdan toplanan kara midyeler (*Mytilus galloprovincialis*) üzerinde ağır metal birikiminin (As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn) mevsimsel ve bölgesel olarak araştırıldığı bu çalışmada, altı ayrı noktadan aylık dönemlerde olmak üzere toplam 72 adet kara midye örneği toplanmış ve bu örnekler üzerinde haşlanmamış ve haşlanmış olarak toplamda 144 adet örnekte analiz çalışması yapılmıştır. Bu analiz çalışmaları esnasında her bir örnek mikrodalga yakma sisteminde yakılıp ekstrakte edildikten sonra ICP OES cihazında analiz edilmiştir. Cihazda her bir numune için üç ayrı okuma yapılmış ve bu sonuçların ortalaması nihai sonuç olarak bildirilmiştir.

Sonuçların değerlendirilmesinde Minitab 15.1.30.0 yazılım programı ile istatistiksel veri analizi yapılmıştır. İstatistiksel veri analizi yönteminde sonuçlar % 95 güven aralığında ($p < 0,05$) değerlendirilmiş ve ANOVA testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu araştırmada Ege Körfezinde doğal ortamda yetişen kara midyelerdeki (*Mytilus galloprovincialis*) metal birikimi (As, Cd, Cu, Fe, Hg, Pb, Zn) araştırılmıştır. Araştırmada altı ayrı noktadan (bölgesel) toplanan midye örnekleri (Şekil 3.3 - Şekil 3.4) bir yıl boyunca aylık dönemlerde izlenmiştir. Bu araştırmada iki farklı işlem uygulanarak 144 adet kara midye numunesi çalışılmıştır. Çalışmada her bir örnek ortalama 1,5-2 kg ağırlığındadır. Midye örnekleri ayıklanıp homojenize edildikten sonra mikrodalga yakma ünitesinde ekstrakte edilerek ICP OES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) cihazı (Şekil 3.1) ile metal içerikleri tespit edilmiştir. Sonuçların kuru madde üzerinden değerlendirilebilmesi için ayıklanan midyelerin yenilebilir kısımları öğütücüde öğütülerek nem içerikleri tayin edilmiştir. Araştırma sonuçları aşağıda verilmektedir:

Çizelge 4.1. Balıklıova Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

A Haşlanmamış (KM)
B Haşlanmış (KM)

BÖLGE	BALIKLIOVA											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	71,10	162,10	98,00	112,25	156,27	427,50	395,18	439,86	177,85	217,76	86,72	192,93
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	0,44	TEDB*	1,05	3,72	0,30	2,38	0,00	TEDB*
As(µg g-1)	6,25	7,55	12,80	6,20	30,14	28,59	39,52	25,84	18,14	23,68	23,43	13,93
Cd(µg g-1)	0,50	0,70	0,45	0,55	0,88	1,82	1,88	1,96	0,89	1,38	1,89	1,47
Zn(µg g-1)	77,45	81,00	61,75	72,10	74,85	118,78	164,55	170,11	74,14	96,23	127,03	229,27
Cu(µg g-1)	6,00	7,50	7,00	7,25	5,26	4,95	23,42	59,31	10,65	25,56	7,57	7,59
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	604,80	TEDB*	547,81	192,23	262,63	113,39	0,00	571,09
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	568,75	TEDB*	545,93	177,35	257,31	124,92	0,00	571,09
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	145,15	0,00	99,35	160,22	88,70	24,97	70,08	74,04	78,60	122,40	108,09	197,00
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	9,58	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	1,44	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	20,10	1,83	10,64	3,64	8,90	5,22	18,49	13,05	21,89	12,34	29,50	6,46
Cd(µg g-1)	1,32	0,57	0,80	1,62	0,61	2,16	1,48	1,89	1,90	1,71	2,30	0,66
Zn(µg g-1)	88,81	TEDB*	90,90	103,30	77,98	33,93	108,05	198,84	130,81	154,45	173,43	244,47
Cu(µg g-1)	38,66	9,51	28,54	6,61	29,16	3,74	4,79	97,40	5,79	71,32	7,14	8,35
Hg1(µg g-1)	329,18	183,24	207,25	TEDB*	168,86	TEDB*	187,95	TEDB*	225,73	780,86	308,26	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	322,77	178,88	203,67	TEDB*	160,67	TEDB*	177,96	TEDB*	217,24	765,28	308,26	TEDB*

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

Çizelge 4.2. Bostanlı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

BÖLGE	BOSTANLI											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	397,83	452,99	49,18	59,81	518,61	335,35	508,19	158,84	238,75	314,18	287,95	234,34
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	1,81	TEDB*	TEDB*	TEDB*	2,40	0,43	0,39
As(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	17,11	12,20	8,73	5,44	5,57	9,07	3,84	6,75
Cd(µg g-1)	0,51	0,58	1,11	1,25	0,71	1,32	0,56	0,22	0,00	0,22	0,14	0,26
Zn(µg g-1)	97,23	108,98	80,48	88,15	104,43	613,88	90,80	59,66	71,98	650,22	75,82	78,94
Cu(µg g-1)	7,39	11,43	5,22	5,62	12,65	11,38	8,06	4,49	2,82	4,37	2,90	4,66
Hg1(µg g-1)	174,70	106,44	TEDB*	TEDB*	TEDB*	866,60	TEDB*	1615,58	TEDB*	TEDB*	16,66	147,46
Hg2 (µg g-1)	171,60	105,66	TEDB*	TEDB*	TEDB*	841,87	TEDB*	1569,97	TEDB*	TEDB*	24,70	143,33
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	244,90	276,86	104,79	TEDB*	313,14	87,61	506,13	243,75	572,37	218,68	212,37	207,21
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	10,07	TEDB*	8,88	TEDB*	TEDB*	TEDB*	1,38	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	2,58	5,11	9,81	2,68	7,14	2,81	4,88	2,88	8,15	1,34	2,63	TEDB*
Cd(µg g-1)	0,14	0,27	2,45	0,21	1,93	1,18	0,35	0,50	0,63	0,18	0,13	TEDB*
Zn(µg g-1)	66,73	65,03	251,84	TEDB*	206,24	92,24	139,39	126,45	214,00	109,43	45,08	59,77
Cu(µg g-1)	2,09	5,11	10,72	TEDB*	8,98	56,83	10,24	8,40	126,41	5,44	6,54	5,98
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	423,33	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	435,50	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

Çizelge 4.3. Bodrum Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

BÖLGE	BODRUM											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	350,80	408,80	241,30	234,10	169,99	140,43	199,36	132,80	137,74	95,31	71,88	646,10
Pb((µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	2,49	TEDB*	TEDB*	1,16	TEDB*	1,30	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	33,10	27,01	76,18	37,17	49,03	17,59	20,16	5,84
Cd(µg g-1)	1,39	1,84	2,05	1,84	3,26	3,28	3,35	2,54	2,04	1,73	1,43	0,43
Zn(µg g-1)	164,90	190,80	115,20	119,70	200,60	359,98	218,96	236,26	160,86	115,93	94,06	86,28
Cu(µg g-1)	10,80	13,40	9,10	9,40	7,30	4,55	6,53	5,93	4,52	3,99	4,56	4,21
Hg1(µg g-1)	342,80	392,70	173,20	237,50	TEDB*	202,92	TEDB*	163,51	268,17	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	341,95	391,00	218,20	252,20	TEDB*	196,03	TEDB*	153,45	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	224,26	213,12	203,93	179,18	88,48	TEDB*	104,62	60,79	89,67	37,74	71,46	95,89
Pb((µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	0,71	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	5,65	8,94	4,73	8,56	29,76	4,96	38,41	20,54	43,49	18,11	30,14	10,43
Cd(µg g-1)	0,46	0,52	0,30	0,42	1,78	1,97	2,74	2,16	3,04	1,04	2,44	2,71
Zn(µg g-1)	124,91	83,89	96,11	86,51	146,76	186,18	257,65	250,45	142,61	131,21	149,24	223,65
Cu(µg g-1)	6,89	12,27	5,63	11,04	5,42	7,24	12,60	5,96	14,52	3,94	3,43	8,18
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	0,00	TEDB*	TEDB*	544,94	136,42	TEDB*	90,77	TEDB*	TEDB*	175,94
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	0,00	TEDB*	TEDB*	567,14	129,31	TEDB*	90,35	TEDB*	TEDB*	175,94

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

Çizelge 4.4. Narlıdere Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

BÖLGE	NARLIDERE											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	499,40	274,00	381,70	439,30	149,79	126,79	173,40	92,70	139,52	490,61	301,11	242,40
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	10,09	19,95	7,44	5,39	4,28	7,06	6,06	6,07
Cd(µg g-1)	0,49	0,34	0,69	0,57	0,89	2,22	0,00	0,00	0,21	0,55	0,34	0,47
Zn(µg g-1)	115,50	80,60	78,20	90,00	72,15	196,61	72,78	76,80	56,71	156,80	74,67	50,32
Cu(µg g-1)	15,60	4,20	12,10	11,20	2,68	3,99	3,84	2,23	2,35	3,74	3,79	2,80
Hg1(µg g-1)	169,10	80,60	TEDB*	TEDB*	TEDB*	561,02	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	168,10	79,55	TEDB*	TEDB*	TEDB*	531,32	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	187,62	TEDB*	145,95	TEDB*	202,34	122,85	311,37	208,47	628,85	223,83	191,41	320,84
Pb(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	8,35	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	10,48	13,45	11,41	5,10	11,77	TEDB*	3,99	1,35	4,48	1,78	2,61	TEDB*
Cd(µg g-1)	0,61	0,97	0,71	0,56	0,57	0,90	0,50	0,25	0,61	0,29	0,16	0,15
Zn(µg g-1)	103,94	13,56	10,63	TEDB*	113,66	40,73	73,66	111,31	70,88	134,71	71,62	65,58
Cu(µg g-1)	6,31	TEDB*	4,95	TEDB*	6,17	1,54	7,60	8,81	9,11	7,12	3,57	7,58
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

Çizelge 4.5. Sasalı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

BÖLGE	SASALI											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	238,30	399,30	243,70	257,80	257,80	462,00	253,04	325,76	275,67	476,87	381,21	305,54
Pb((µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	1,50	0,96	1,35	1,22	1,66	1,11	0,53
As(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	0,38	0,56	0,56	8,87	8,51	7,37	9,88	12,31	3,23	5,87
Cd(µg g-1)	1,17	2,39	1,40	1,73	1,73	0,11	0,24	0,14	0,26	1,07	0,50	0,75
Zn(µg g-1)	167,90	281,40	198,60	242,10	242,10	206,90	214,35	132,20	232,23	238,49	160,82	280,36
Cu(µg g-1)	13,50	19,70	10,20	11,10	11,10	7,48	13,97	9,64	15,30	14,06	6,46	5,02
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	867,80	1591,60	1591,60	996,88	445,31	554,03	505,72	713,80	195,65	169,47
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	777,10	1446,80	1446,80	965,68	424,52	543,54	492,09	559,49	187,07	176,62
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	302,09	376,83	183,94	13,19	212,10	TEDB*	285,22	567,95	293,20	236,72	261,75	1127,20
Pb((µg g-1)	TEDB*	0,80	6,59	TEDB*	6,40	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	0,56
As(µg g-1)	4,67	7,08	6,67	4,73	6,19	1,55	2,63	TEDB*	2,60	TEDB*	1,83	1,33
Cd(µg g-1)	0,39	0,80	1,51	TEDB*	1,14	1,03	0,34	TEDB*	0,27	TEDB*	0,14	0,20
Zn(µg g-1)	140,49	188,91	193,87	TEDB*	168,21	TEDB*	66,99	85,40	65,14	75,95	64,79	136,74
Cu(µg g-1)	10,41	8,58	7,07	2,98	6,40	26,79	14,60	15,63	15,08	10,36	4,15	9,47
Hg1(µg g-1)	TEDB*	199,69	TEDB*	TEDB*	TEDB*	364,95	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	197,59	TEDB*	TEDB*	TEDB*	369,09	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

Çizelge 4.6. Alaçatı Bölgesine ait haşlanmış ve haşlanmamış midye örneklerindeki aylık metal değerleri

BÖLGE	ALAÇATI											
AYLAR	OCAK		ŞUBAT		MART		NİSAN		MAYIS		HAZİRAN	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	151,86	124,63	117,65	103,49	53,55	594,90	54,56	1126,83	77,58	139,61	92,00	62,80
Pb((µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	2,81	TEDB*	3,14	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	14,23	12,88	14,43	10,09	6,86	10,11	12,30	8,92
Cd(µg g-1)	1,34	1,35	1,05	1,06	1,36	0,83	1,36	0,79	0,53	0,56	0,97	0,56
Zn(µg g-1)	117,90	124,34	73,55	69,96	82,73	329,65	83,97	185,01	61,27	105,24	65,56	49,64
Cu(µg g-1)	8,92	7,45	4,02	3,97	2,81	10,40	2,72	7,60	2,74	5,73	6,68	6,25
Hg1(µg g-1)	169,80	239,31	301,00	332,90	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
Hg2 (µg g-1)	168,12	238,20	280,20	365,80	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
AYLAR	TEMMUZ		AĞUSTOS		EYLÜL		EKİM		KASIM		ARALIK	
Parametreler	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Fe (µg g-1)	95,62	117,93	63,90	117,09	TEDB*	TEDB*	232,45	132,43	185,65	158,27	135,14	92,82
Pb((µg g-1)	TEDB*	0,00	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*
As(µg g-1)	10,55	21,54	9,35	19,21	30,48	10,65	25,23	7,92	14,78	16,17	14,47	8,29
Cd(µg g-1)	0,33	0,69	0,32	0,49	2,11	1,68	1,59	0,73	0,98	1,17	0,76	0,86
Zn(µg g-1)	81,93	84,92	74,51	73,04	142,77	86,62	133,56	157,40	75,33	153,33	94,10	139,45
Cu(µg g-1)	4,12	6,49	5,36	9,42	5,43	TEDB*	11,45	9,87	8,52	11,82	4,36	7,01
Hg1(µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	102,89	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	533,71
Hg2 (µg g-1)	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	101,36	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	TEDB*	533,71

TEDB*: tespit edilebilir düzeyde değil

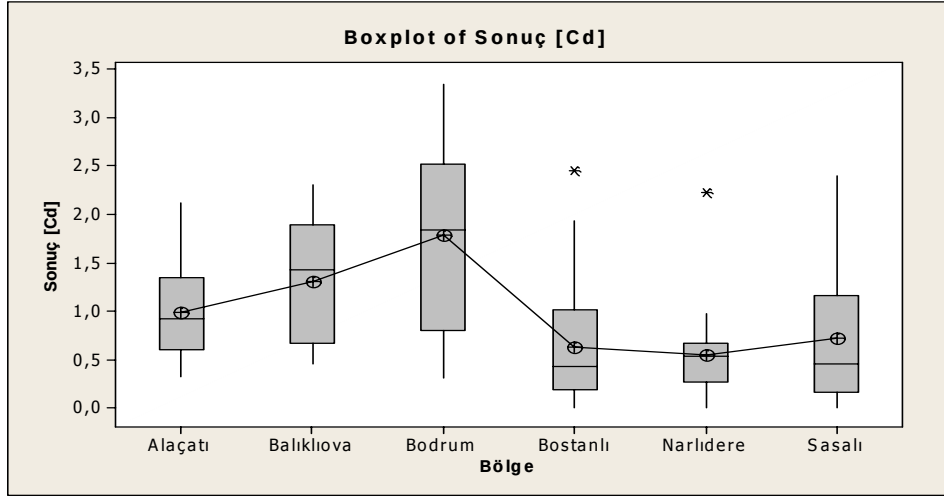
4.1. Kadmiyum (Cd):

Kadmiyum doğal olarak çevrede bulunan bir elementtir. Bitkisel orijinli gıdalar, örneğin havuç, yabani havuç, bazı lifli tahıl ürünleri, pirinç, ıspanak, marul yaş madde oranı baz alındığında 0,2 mg/kg civarlarında kadmiyum elementi içerebilir. Birçok deniz ürünü, kabuklular, yumuşakçalar, balıklar düşük oranlarda kadmiyum elementi içerir (Watson, 2001).

Ege Körfezinde altı ayrı noktadan (Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere ve Sasalı) aylık dönemlerde toplanan kara midyelerde Kadmiyum birikimi ile ilgili yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

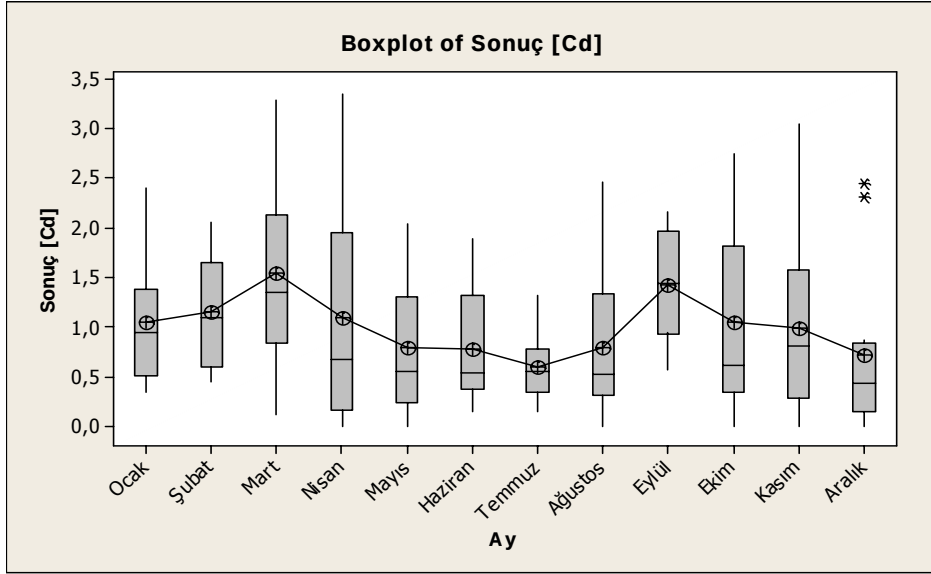
2008 yılı boyunca her ay toplanan kara midyelerde % 95 güven aralığında kadmiyum konsantrasyonunun ortalama $0,86 - 1,12 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Standart sapma değerleri 0,70 ile 0,88 arasında değişmektedir. Kadmiyum birikimi en yüksek değeri $3,35 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Nisan ayında Bodrum bölgesinde tespit edilmiştir. En düşük değerler ise Bostanlı'da Mayıs ve Aralık, Sasalı'da Ağustos, Ekim ve Kasım dönemlerinde belirlenmiş olup bu değerlerin tespit edilebilir düzeyde olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve Şekil 4.1).

Anova Testinde $p=0,281$ bulunmuş olup bu değer $p \geq 0,05$ olması sebebi ile “haşlama” işleminin kadmiyum (Cd) konsantrasyonu üzerine etkisi olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Bölgelere göre kadmiyum birikimi

Kadmiyum birikimi kış mevsiminde aylık bazda değerlendirildiğinde Ocak, Şubat ve Mart aylarında doğrusal olarak arttığı ve takip eden dönemde, özellikle yaz aylarına doğru azaldığı görülmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Aylara göre ortalama kadmiyum birikimi

Yapılan analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmelere göre 21.09.2008 tarih ve 27004 nolu resmî gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 2008)'ne göre ortalama kadmiyum birikiminin Alaçatı, Balıklıova ve Bodrum bölgelerinde yasal limitlerin üzerinde (kuru madde üzerinden) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1.1).

Sunlu (2006) tarafından 2002 Eylül - 2003 Ağustos döneminde Ege bölgesinde yapılan çalışmada Kadmiyum değeri $0,04 - 0,52 \mu\text{g g}^{-1}$ (yaş madde üzerinden) olarak tespit edilmiştir. Diğer çalışmaların sonuçlarının yaş madde üzerinden verilmiş olması sonuçlar arasında fark meydana getirmektedir. Çalışmamızda midye örneklerinde ortalama nem değeri % 78-80 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Araştırma sonuçlarına

göre metal konsantrasyonları yaş madde üzerinden değerlendirildiğinde (0,17 – 0,22 $\mu\text{g g}^{-1}$) Sunlu (2006) tarafından yapılan çalışmada elde edilen değerlere yakın değerler olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan çalışma sonuçlarımız ülkemizde diğer bölgelerde yapılan çalışmalarla kadmiyum içeriği bakımından kıyaslandığında; Güven ve ark. (1993) tarafından Boğaz Köprüsünde yapılan ve Topçuoğlu ve ark. (2004) tarafından Marmara Denizinde yapılan çalışmaya kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Türkiye dışında kalan bölgelerde yapılan çalışmalarda ise iz element konsantrasyonları yaş madde üzerinden değerlendirilmiştir. Radriques ve ark. (1995) tarafından İspanya kıyılarında yapılan ve Casado-Martinez ve ark. (2006) tarafından Barselona’da yapılan çalışmalarda kadmiyum birikiminin daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.7. Bölgelere ve Aylara Göre Midyelerde Nem İçeriği Değerleri

		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
HAŞLANMAMIŞ	AQUA	81,50%	78,95%	78,46%	80,45%	87,65%	83,78	83,45%	81,55%	78,14%	81,78%	81,78%	83,78%
	BOSTANLI	85,30%	78,96%	75,31%	86,52%	84,85%	76,19	81,78%	85,74%	80,75%	86,45%	85,61%	76,19%
	BODRUM	81,20%	79,85%	85,52%	80,52%	75,65%	78,01	84,52%	85,65%	78,96%	77,89%	81,78%	78,01%
	NARLIDERE	78,50%	80,89%	76,23%	80,57%	85,65%	77,7	79,32%	76,20%	82,15%	82,29%	85,35%	77,70%
	ALAÇATI	78,90%	81,45%	78,55%	84,25%	78,95%	74,24	81,78%	81,78%	79,55%	84,25%	78,95%	74,24%
	SASALI	76,85%	78,45%	77,89%	86,45%	78,95%	75,12	79,56%	78,45%	77,89%	81,78%	81,78%	75,12%
HAŞLANMIŞ	AQUA	80,20%	85,230%	83,530%	84,25%	84,25%	87,06	80,20%	85,230%	83,530%	83,530%	79,77%	87,06%
	BOSTANLI	85,650%	78,97%	80,910%	84,96%	79,87%	79,67	83,530%	78,97%	80,910%	84,96%	79,87%	79,67%
	BODRUM	83,530%	78,650%	78,900%	83,21%	81,87%	82,38	83,530%	83,530%	78,900%	83,21%	81,87%	82,38%
	NARLIDERE	80,760%	82,760%	82,690%	82,64%	84,87%	80,54	79,950%	82,760%	81,690%	82,64%	84,87%	81,43%
	ALAÇATI	82,060%	83,530%	77,06%	79,98%	80,76%	85,76	80,560%	76,850%	77,06%	79,98%	80,76%	85,76%
	SASALI	81,060%	80,29%	75,65%	76,850%	83,530%	80,95	83,530%	86,29%	79,93%	83,530%	83,530%	80,95%

Çizelge 4.8. Türkiye kıyılarındaki kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) bulunan metal içeriğinin ($\mu\text{g g}^{-1}$) karşılaştırılması

Bölgeler	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Hg	Referanslar
Izmit Körfezi, Marmara Denizi	n.a.	13-49	13-50	23-52	45-114	n.a.	n.a.	Ergin ve ark. (1991)
Marmara Denizi	n.a.	12-92	12-93	25-92	43-149	n.a.	n.a.	Bodur ve Ergin (1994)
Erdek Körfezi, Marmara Denizi	n.a.	3-52	3-53	19-61	34-272	n.a.	n.a.	Balkıs ve Çağatay (2001)
Saros Körfezi, Ege Denizi	n.a.	6-44	6-45	2-80	23-154	n.a.	n.a.	Sarı ve Çağatay (2001)
Karadeniz	n.a.	7,3-8,0 (d./w.)	n.a.	0,3-2,6 (d./w.)	256-512 (d./w.)	n.a.	n.a.	Topçuoğlu (2000)
Karadeniz Kıyıları	<0,1-0,9	4,0-96	4,0-97	<0,1-31	32-268	n.a.	n.a.	Topçuoğlu ve ark (2001)
Marmara Denizi Kuzey Sahilleri	<0,1-0,5	12-31	12-32	21,6-32	34-51	n.a.	n.a.	Topçuoğlu ve ark (2004)
Marmara Denizi	1,26-2,88 (d./w.)	6,7-9,5 (d./w.)	n.a.	0,1-5,2 (d./w.)	208,3-319,9 (d./w.)	n.a.	n.a.	Topçuoğlu ve ark. (2004)
Gemlik Körfezi, Marmara Denizi	<0.02	22-58	22-59	<0,1-185	88-185	n.a.	n.a.	Ünlü ve ark (2008)
İzmir Körfezi İçi	0,04-1-12	0,71-3,25	n.a.	0,58-1,82	10,05-58,50	n.a.	n.a.	Sunlu (2002)
İzmir Körfezi Ortası	0,09-0,30	0,81-2,04	n.a.	0,58-0,85	9,90-30,41	n.a.	n.a.	Sunlu ve ark. (1998)
İzmir Körfezi açıkları	0,15-0,56	0,32-2,30	n.a.	0,61-1,40	9,55-26,05	n.a.	n.a.	Sunlu (2002)
Ege Denizi	0,04-0,52	0,95-1,85	n.a.	0,49-1,72	16,11-37,15	n.a.	n.a.	Sunlu (2006)
Akdeniz Bölgesi kıyıları	5	2,40	n.a.	50,0-161,0	12,0-644,0	n.a.	n.a.	Unep (1996)
Ege Denizi	n.a.	1,0-13,0	n.a.	2,0-13,0	14,0-66,0	n.a.	n.a.	Uğur ve ark. (2002)
Ege Denizi	0,01	n.a.	n.a.	1,97	n.a.	n.a.	n.a.	Küçüksezgin (1998)
Boğaz Köprüsü	2,3-3,3	7-46	7-47	35,6-135	43-119	n.a.	n.a.	Güven ve ark. (1993)
Ege Körfezi	0,86-1,12(d./w.)	8,17-13,30(d./w.)	192,77-252,65(d./w.)	0,31-0,89(d./w.)	115,07-155,11(d./w.)	6,31-10,11 ^a (d./w.) 9,43-15,93 ^b (d./w.)	0,12-0,22 ^a (d./w.) 0,07-0,15 ^b (d./w.)	Bu çalışmada

n.a. Literatür çalışmalarında analizi gerçekleştirilmeyen metaller (not analyzed)

d.w. Kuru maddedeki metal konsantrasyonu

^a Haşlanmış , ^b Haşlanmamış

Çizelge 4.9. Türkiye dışında kalan bölgelerdeki kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) bulunan metal içeriğinin (µg g-1) karşılaştırılması

Bölgeler	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	As	Hg	Referanslar
Jurujuba Sound, Brazil	n.a.	5-213	5-214	5-123	15-337	n.a.	n.a.	Baptista ve ark. (1999)
Philip Körfezi, Avusturalya	0,1-5,8	1-62	1-62	1-197	13-1600	n.a.	n.a.	Fabris ve ark. (1999)
Caspian Denizi	0,2-0,3	1-58	1-58	1-29	1-146	n.a.	n.a.	Mora ve Sheikholeslami (2002)
Montevideo Limanı, Uruguay	<0,1-1,6	59-135	59-136	44-128	174-491	n.a.	n.a.	Muniz ve ark. (2004)
Barcelona Limanı, İspanya	0,6-2,9	74-601	74-602	87-455	219-1165	n.a.	n.a.	Casado-Martinez ve ark. (2006)
İspanya kıyıları	0,10-2,00	1,40-3,00	n.a.	0,10-50,0	20,00-60,00	n.a.	n.a.	Radriques ve ark. (1995)

n.a. Literatür çalışmalarında analizi gerçekleştirilmeyen metaller (not analyzed)

4.2. Bakır (Cu)

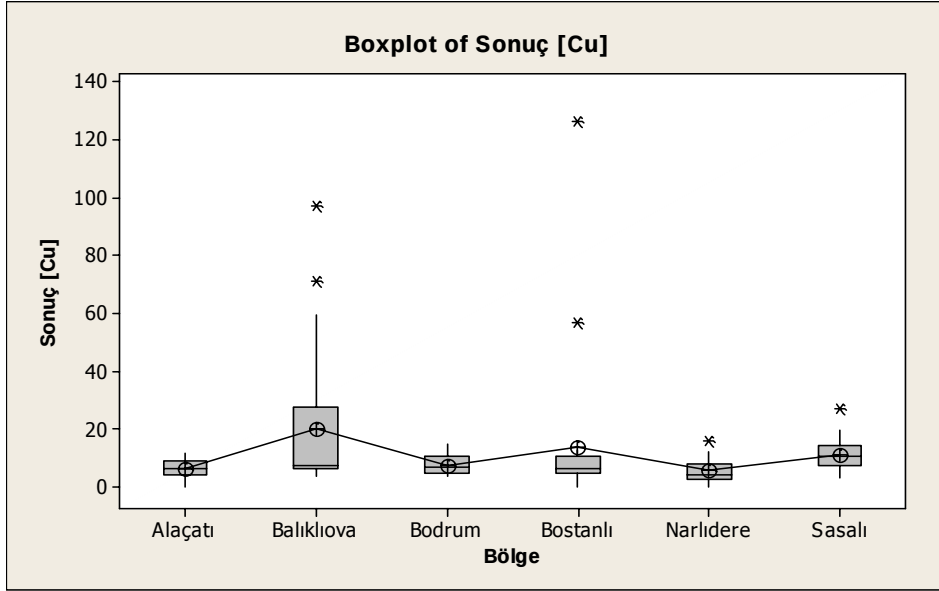
Bakır bütün bitkiler ve hayvanlar için gerekli olan bir elementtir. Yüksek miktarlarda bulunması durumunda ise toksik etkilere neden olabilen bir metaldir (Watson, 2001). Bir yıl boyunca altı ayrı bölgeden (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4) her ay toplanan kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) bakır birikimiyle ilgili olarak aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.

Kara midyelerde bakır birikimi 2008 yılı Ocak - Aralık dönemi boyunca en düşük değeri $1,54 \mu\text{g g}^{-1}$ olmak üzere Eylül ayında Narlıdere sahillerinde saptanmıştır. En yüksek değer ise $126,41 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Kasım ayında Bostanlı sahillerinde bulunmuştur. Bakır konsantrasyonu altı ayrı bölge için yıl geneli değerlendirildiğinde ortalama $8,17 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $13,30 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmalar % 95 güven aralığında değerlendirilmiş olup standart sapma değeri ise 13,94 ile 17,59 arasında değişmektedir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).

Yapılan Anova Testinde $p=0,733$ değerine ulaşılmış olup bu değer $p \geq 0,05$ olması sebebi ile “haşlama” işleminin Bakır (Cu) konsantrasyonu üzerine etkisi olmadığı değerlendirilmektedir.

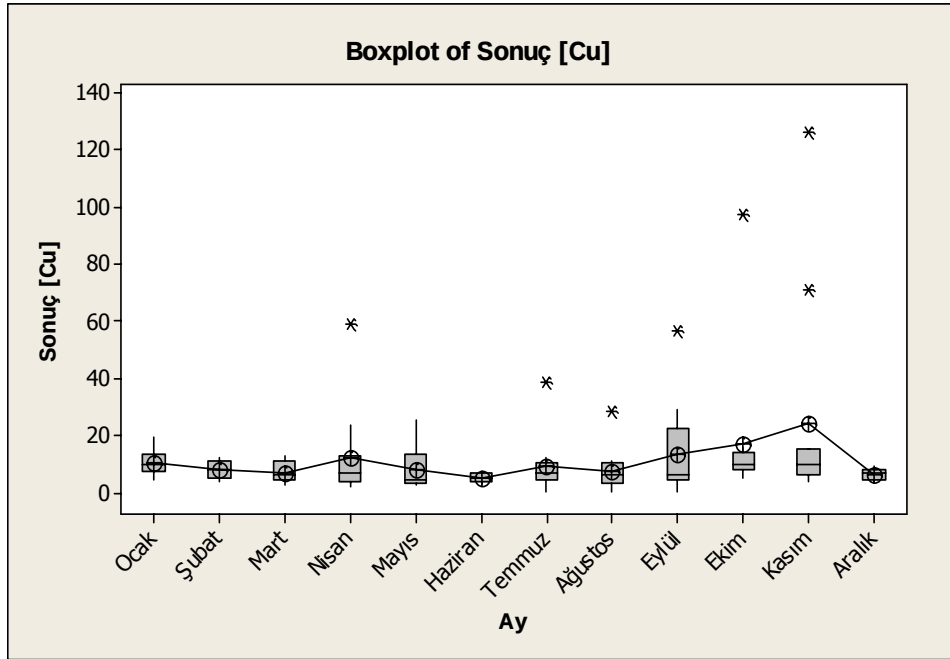
Çalışmada 1-2 kg ağırlığında 72 adet numunede yapılan 144 adet (haşlanmış ve haşlanmamış olarak) analiz sonuçlarına göre Balıklıova bölgesinde bakır birikiminin en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Diğer bölgelerde ise konsantrasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve bu değerlerin kuru madde bazında genel olarak

10.03.1995 tarih ve 22223 nolu resmi gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliğine göre (Çizelge 1.1.) yasal limitler içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Bölgelere göre bakır birikimi

Şekil 4.4’de görüleceği gibi bakır birikimi aylık dönemlerde değerlendirildiğinde metal konsantrasyonunun yaz mevsiminde özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında düşük değerlerde olduğu, kış aylarına doğru arttığı gözlenmektedir.



Şekil 4.4. Aylara göre ortalama bakır birikimi

Sonuçlar daha önce Türkiye kıyılarında yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında; Topçuoğlu (2000) tarafından 2000 yılında Karadenizde ve 2004 yılında Marmara Denizinde yapılan çalışmaları ile paralellik göstermektedir. Diğer taraftan Sunlu (2006) tarafından Ege Körfezinde 2002 ve 2004 yıllarında yapılan çalışma ile bu araştırma sonuçlarının paralellik gösterdiği ve yasal limitler içerisinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1.1 ve Çizelge 4.7).

Türkiye dışında kara midyeler üzerinde yapılan diğer çalışmalarda bakır birikimi değerlendirildiğinde bölgeler arası önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Buna göre Radriques ve ark. (1995)'nin İspanya kıyılarında 1995 yılında yaptıkları çalışma sonuçları bizim çalışma

sonuçlarımız ile paralellik gösterirken diğer bölgelerin sonuçları oldukça yüksektir (Çizelge 4.8.). Avrupa Birliği regülasyonlarında bakır ile ilgili herhangi bir limit belirtilmediğinden sonuçların yasal uygunluğu değerlendirilememiştir (Çizelge 1.2.).

4.3. Demir (Fe):

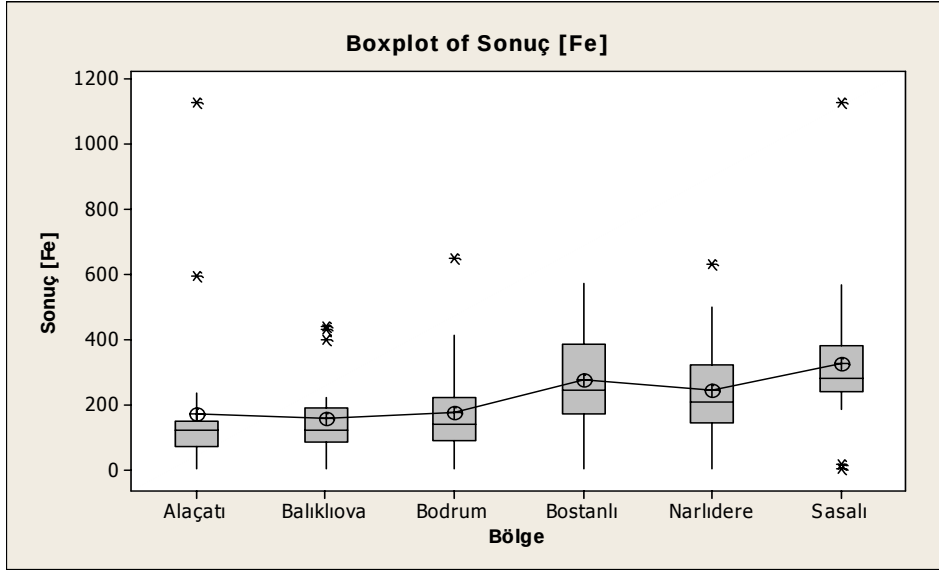
Demir, kandaki oksijenin vücuda dağılımını sağlayan hemoglobinin oluşumunda rol oynayan ve eksikliğinde anemi (kansızlık) hastalığı görülme riskini arttıran vücut için zorunlu olan bir elementtir (Mutluay ve Demirak, 1996). Demirin günlük alım seviyesi 14 mg dır Ege kıyılarında altı ayrı istasyondan (Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere, Sasalı) her ay toplanan kara midye örneklerinde yapılan demir birikimi ile ilgili çalışma sonuçları Çizelge 4.7, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.

Yapılan istatistiki çalışma sonuçlarına göre, 2008 yılı Ocak - Aralık döneminde her ay toplanan kara midyelerde demir konsantrasyonunun ortalama $192,77 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $252,65 \mu\text{g g}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Standart sapma değeri 162,91 ile 205,56 arasında değişmektedir. Standard sapma değerlerindeki yüksek dalgalanmaların nedeni, araştırmanın % 95 güven aralığında yapılması, numune sayısının istatistiki değerlendirme için küçük olması ve yapılan analiz sonuçlarının ortalamadan sapması olarak gösterilmektedir.

Diğer elementlerde olduğu gibi demir (Fe) birikimi haşlanmış ve haşlanmamış olarak iki ayrı işlem sonucunda değerlendirilmiştir. Yapılan

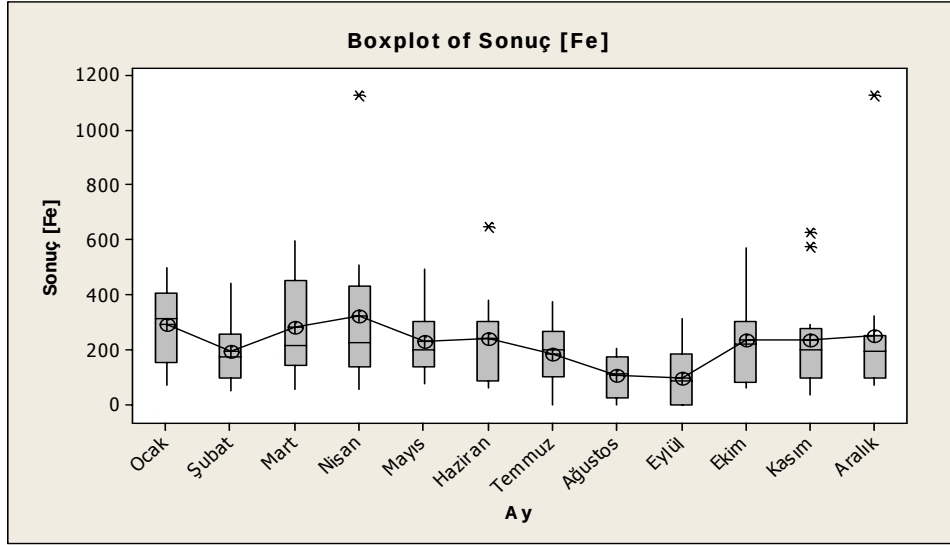
Anova Testinde $p=0,432$ değerine ulaşılmış olup bu değerin $p\geq 0,05$ olması sebebi ile “haşlama” prosesinin demir konsantrasyonu üzerine etkisi olmadığı değeriendirilmektedir.

Toplam 72 adet örnek ve 144 adet analiz çalışmasında, Sasalı bölgesinde demir birikiminin $1127,20 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Aralık ayında en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. En düşük değeri ler ise genel olarak yaz aylarında (Ağustos - Eylül) olmak üzere Narlıdere, Alaçatı ve Bodrum bölgelerinde elde edilmiş olup bu değeri ler tespit edilebilir düzeyde değildir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6). Demir konsantrasyonu bölgeler arası değeriendirildiğinde özellikle Sasalı Bölgesinde birikimin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.5). Sasalı Bölgesinden toplanan kara midyelerde demir konsantrasyonundaki yüksek miktarın bu bölgede yerleşik organize sanayi alanlarında bulunan fabrika (plastik fabrikaları, boya fabrikaları, gıda fabrikaları ve ağır sanayi) atıklarının denize taşınması sonucu ortaya çıktığı düşünölmektedir.



Şekil 4.5. Bölgelere göre demir birikimi

Demir birikimi aylık bazda değerlendirildiğinde kış mevsiminde Şubat, Mart ve Nisan aylarında doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Takip eden dönemde, özellikle yaz aylarına doğru azaldığı ve sonbahar aylarında artmaya başladığı görülmektedir. Mart ve Nisan aylarında ise konsantrasyon en yüksek seviyelere ulaşmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Aylara göre ortalama demir birikimi

Yapılan analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmelere göre, çalışma sonuçlarımızın Türkiye kıyılarında yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni diğer çalışmaların yaş madde üzerinden değerlendirilmiş olmasıdır. Çalışmamızda kara midyelerde nem içeriğinin ortalama % 78-80 olduğu tespit edilmiş olup, sonuçların yaş madde üzerinden değerlendirilmesi halinde, Sarı ve Çağatay (2001) tarafından Saros Körfezinde ve Güven ve ark. (1993) tarafından İstanbul Boğaz Köprüsü çevresinde yapılan çalışmalar ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7)

Yurtdışında yapılan çalışmalarda ise, Fabris ve ark. (1999) tarafından Avusturalya’da Phillip Körfezinde ve Mora ve Sheikholeslami (2002) tarafından Hazar Denzinde yapılan çalışmalar ile yakın

değerlerde olduğu görülmektedir. Diğer bölgelerde ise sonuçların oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Çizelge 4.8).

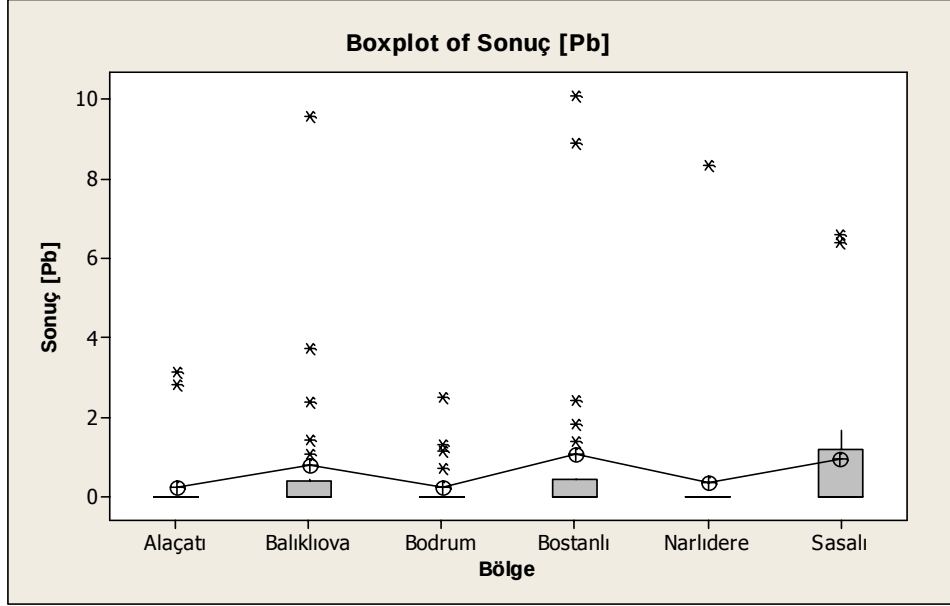
4.4. Kurşun (Pb)

Kurşun gerek doğal olarak ve gerekse endüstride sık kullanımına bağlı olarak doğal çevrede sıkça rastlanılan bir metaldir. Kurşunun inorganik (kurşun arsenat, kurşun arsenit, kurşun kromat gibi) ve organik (tetrametil kurşun, tetraetil kurşun gibi) olarak çeşitli formları vardır. Kurşun doğada bu formlar halinde boya sanayi, içme suları, çeşitli gıda maddeleri yolu ile insanlar tarafından alınarak gastrointestinal ve solunum sistemini olumsuz etkileyebilmektedir. Organizmaya absorpsiyonlanan kurşunun % 99'u hemoglobine bağlanmakta ve çeşitli kanser hastalıklarının oluşmasına neden olmaktadır (www.gezicisaglik.com/word/Metallerin_Toksik_Etkileri.ppt, Erişim Tarihi: 07.02.2009).

Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere ve Sasalı olmak üzere altı ayrı istasyondan aylık dönemlerde toplanan kara midyelerde (*M.galloprovincialis*) kurşun birikimi ile ilgili yapılan çalışma sonuçları Çizelge 4.7, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmektedir:

2008 yılı Ocak - Aralık dönemi boyunca aylık dönemlerde toplanan 72 adet kara midye örneklerinde kurşun konsantrasyonunun ortalama $0,3123 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $0,8948 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 1,5848 ile 1,9998 arasında değişmektedir. İstatistiki değerlendirme % 95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir.

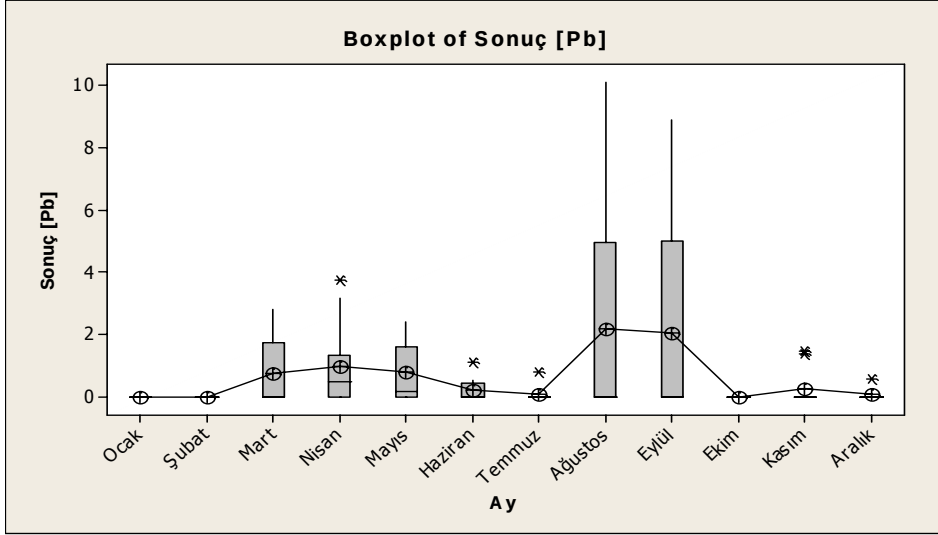
Yapılan Anova Testinde $p=0,887$ değerine ulaşılmış olup bu değer $p \geq 0,05$ olması sebebi ile “haşlama” işleminin kurşun konsantrasyonu üzerine etkili olmadığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.7. Bölgelere göre kurşun birikimi

Çalışmamızda 144 adet (haşlanmış ve haşlanmamış olarak) numunenin analiz sonuçları değerlendirildiğinde kurşun konsantrasyonunun Bostanlı bölgesinde ağustos ayında $10.07 \mu\text{g g}^{-1}$ ile maksimum değere ulaştığı gözlemlenmiştir. Kurşun konsantrasyonu bütün bölgelerde yıllık bazda değerlendirildiğinde tespit edilebilir düzeylerde bulunmamakla birlikte; Sasalı Bölgesindeki en yüksek seviyelerde seyretmiştir (Şekil 4.7). Bunun nedeni olarak Sasalı ve Çiğli Bölgelerinde organize sanayi alanlarında faaliyet gösteren boya fabrikaları, plastik fabrikaları, kimyasal üretim fabrikaları, gıda

fabrikaları ve ağır sanayi kaynaklı atıkların muhtemel yer üstü ve yağmur suları ile denize taşınması gösterilebilir.



Şekil 4.8. Aylara göre ortalama kurşun birikimi

Aylık bazda değerlendirildiğinde midyelerde kurşun birikiminin kış mevsiminde artarak ağustos ve eylül aylarında maksimum seviyelere ulaştığı, takip eden dönemde ise azaldığı ve oldukça düşük konsantrasyonlarda seyrettiği görülmektedir. Kış mevsiminin son aylarına doğru belirgin bir artış görülmekle birlikte bu artışın yaz ayları ile kıyaslandığında düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Midyelerde toksik metal seviyeleri genelde kış aylarının sonunda ve mart - nisan dönemlerinde en yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Genel değerlendirmenin tersine kurşun elementi yaz dönemlerinde artış eğilimindedir.

Yapılan analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmelere göre, 21.09.2008 tarih ve 27004 nolu resmi gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Su rnleri Yönetmeliği (Anon, 2008)'ne göre ortalama kurşun birikiminin yasal limitler içerisinde olduğu görülmekle birlikte Balıklıova bölgesinde nisan, mayıs ve ağustos, Bostanlı bölgesinde mart, mayıs, ağustos ve eylül, Bodrum bölgesinde mart, Narlıdere bölgesinde eylül, Sasalı bölgesinde ağustos ve eylül, Alaçatı bölgesinde mart ve nisan aylarında yasal limitlerin üzerinde çıkmıştır (izelge 1.1).

Türkiye kıyılarında kara midyeleri üzerinde metal birikimi ile ilgili son on yılda yoğun araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre kurşun konsantrasyonunun başta İstanbul Boğazı olmak üzere Çanakkale (Erdek) ve İzmit Körfezinde yaş bazda değerlendirilmiş olmasına rağmen oldukça yüksek değerlerde olduğu görülmektedir (izelge 4.7). Diğer taraftan Sunlu (2002) ve Küçüksezgin (1998) İzmir Körfezinde yaptıkları çalışma sonuçları bizim çalışma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. Ayrıca Uğur ve ark. (2002)'nın Ege Körfezinde yaptıkları çalışma sonuçları ise bizim çalışmamızdan ortalama 15 kat yüksektir (izelge 4.7.)

Kara midyelerde kurşun birikimi ile ilgili saptanan sonuçlar İspanya, Avusturalya, Brezilya ve Uruguay kıyılarında yapılan diğer çalışma sonuçları ile kıyaslandığında, Türkiye dışındaki blgeelerde kurşun birikiminin oldukça yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmektedir (izelge 4.8).

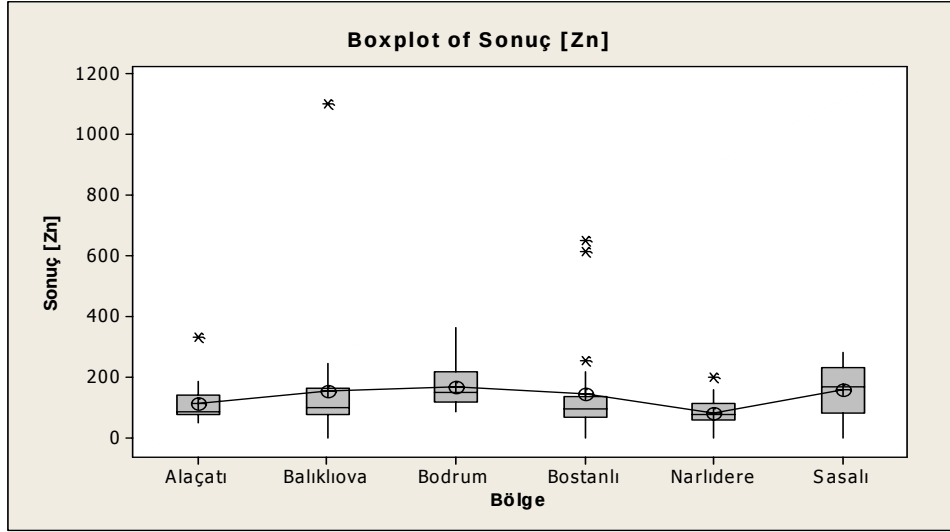
4.5. Çinko (Zn)

Çinko bütün bitkiler ve hayvanlar için gerekli olan bir elementtir. Enzim sisteminin doğru çalışmasında fonksiyonları olan çinko, vücuda fazla alımı durumunda bakır ve demir metallerinin absorpsiyonlarını arttırarak anemi (kansızlık) hastalığına neden olan bir elementtir.

Ege Körfezinde altı ayrı noktadan (Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere, Sasalı) aylık dönemlerde toplanan kara midyelerde çinko birikimi ile ilgili yaptığımız çalışmada alınan sonuçlar (Çizelge 4.7, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10) ile ilgili değerlendirmeler aşağıda verilmektedir:

Ocak – Aralık 2008 döneminde her ay toplanan toplam 72 adet midye örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre çinko konsantrasyonunun ortalama $115,07 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $155,11 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 108,94 ile 137,46 arasında değişmektedir. Bu çalışma sonuçları istatistiki olarak % 95 güven aralığında verilmektedir.

Yapılan Anova testinde $p=0,075$ değerine ulaşılmış olup bu değer $p \geq 0,05$ olması sebebi ile “haşlama” işleminin çinko konsantrasyonu üzerine etkili olmadığı değerlendirilmektedir.

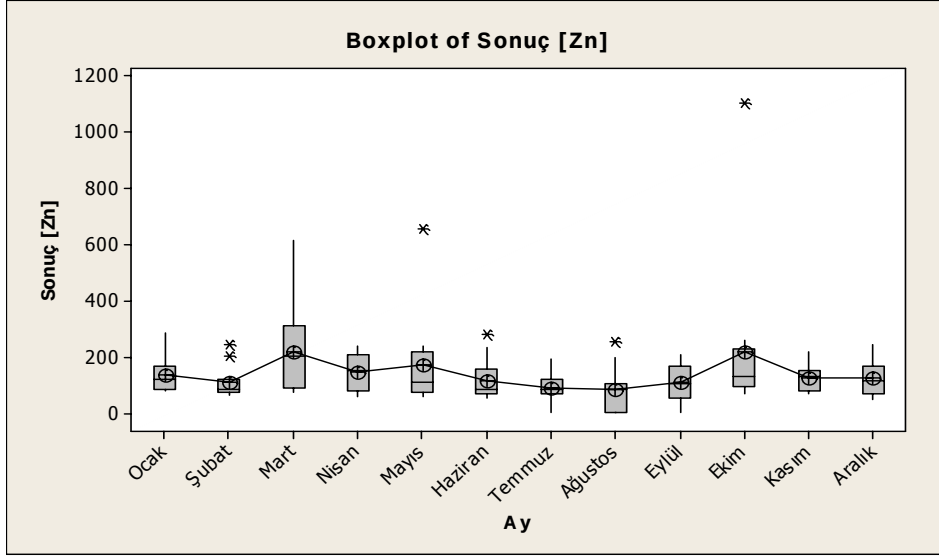


Şekil 4.9. Bölgelere göre çinko birikimi

Ege Körfezinde 6 ayrı istasyondan toplanan kara midye örneklerinde yapılan 144 adet (haşlanmış ve haşlanmamış olarak) analiz sonuçlarına göre Balıklıova bölgesinde çinko konsantrasyonu ekim ayında $1098,84 \mu\text{g g}^{-1}$ ile maksimum değere ulaşmıştır. Çinko konsantrasyonu Balıklıova’da temmuz ayında, Bostanlı ve Narlıdere’de ağustos ayı ve Sasalı’da eylül aylarında minimum değerlerde bulunmuş olup bu değerler tespit edilebilir düzeyde değildir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6). Şekil 4.9’da görüleceği üzere bütün bölgelerde çinko konsantrasyonu ortalama olarak birbirine çok yakın değerlerde görülmektedir.

Çinko birikimi aylık bazda değerlendirildiğinde kış mevsiminin sonuna doğru mart ve nisan aylarında maksimum seviyelere ulaştığı,

takip eden dönemde ise azaldığı ve oldukça düşük konsantrasyonlarda seyrettiği görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Aylara göre ortalama çinko birikimi

Ülkemizde 10.03.1995 tarih ve 22223 nolu resmi gazetede yayınlanmış Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Anon, 1995) çinko ile ilgili olarak bildirilen yasal limit 50 ppm iken 21 Eylül 2008 tarih ve 27004 sayılı resmi gazetede (Anon, 2008) bu limitler değiştirilmiş ve çinko çift kabuklu yumuşakçalar sınıfına giren midyelerde aranan parametreler grubundan çıkarılmıştır. Ortalama çinko konsantrasyonu eski yasal yönetmelik çerçevesinde değerlendirildiğinde limitlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1.1).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde kıyı şeridinde kara midyelerde metal birikimi ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda çinko

konsantrasyonunun dağınık bir görüntü sergilediğini değerlendirmek mümkündür. Ege Körfezinde altı ayrı istasyonda gerçekleştirdiğimiz çalışmada elde edilen sonuçlar ile diğer çalışma sonuçları kıyaslandığında; Sarı ve Çağatay (2001) tarafından Saros Körfezinde yapılan çalışma ile paralellik gösterirken Sunlu (2002) ve Uğur ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışma değerlerinden ortalama 10 kat yüksektir (Çizelge 4.7).

Çinko konsantrasyonu Türkiye dışında yapılan diğer çalışma sonuçlarına göre de dağınıklık sergilemekle birlikte bizim çalışma sonuçlarımıza kıyasla düşük değerlerde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8).

4.6. Arsenik (As):

Arsenik, IARC (International Agency for Research on Cancer) tarafından, insanlardaki karsinojenik etki risklerine göre yaptığı gruplandırmaya göre “Grup 1: İnsanda Karsinojenik Etkililer” bölümünde en önemli sırada yer almaktadır.

Ege kıyıları enine kıyı tipi olup oldukça girintili çıkıntılıdır. Bu nedenle Ege Bölgesi Türkiye’nin en uzun kıyı şeridinde sahip bölgesidir. Ege Körfezinde Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere ve Sasalı olmak üzere 6 ayrı istasyondan 2008 yılında her ay toplanan kara midyelerde (*M.galloprovincialis*) arsenik birikimi ile ilgili olarak Çizelge 4.7, Şekil 4.11-4.12 ve Şekil 4.13-4.14’de verilen sonuçlara ulaşılmıştır:

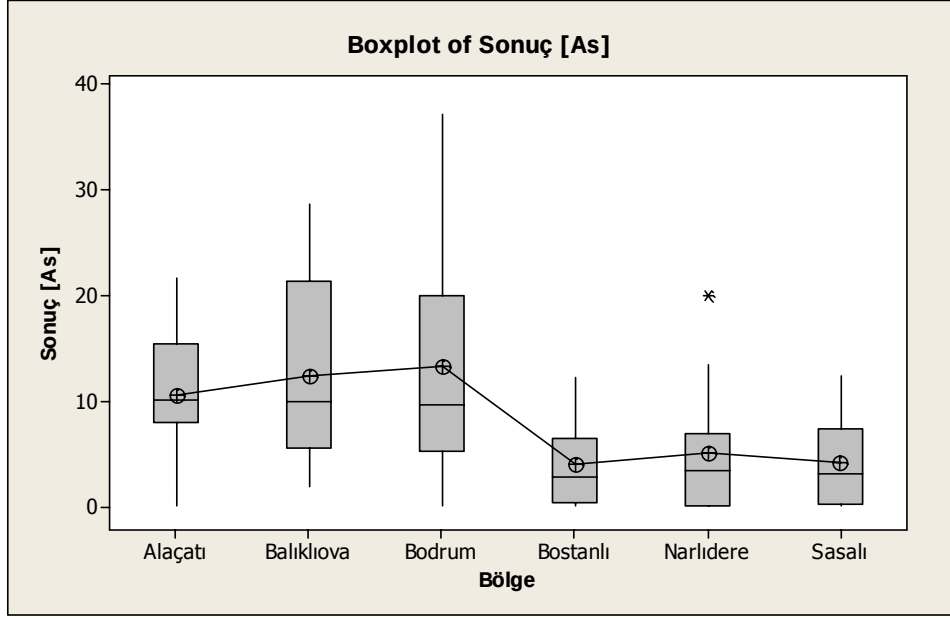
Yapılan Anova testinde $p=0,001$ değerini almıştır. Bu değer $p<0,05$ olması sebebiyle “haşlama” işleminin arsenik (As) konsantrasyonu üzerine etkili olduğu değerlendirilmektedir. Haşlama işleminin toplanan midye örneklerinde belli oranda arseniğin azalmasına sebep olduğu görülmektedir. Haşlama işlemi ile belli süre ve sıcaklıkta pişirilen midye örneklerinin yenebilir kısımlarında yüzeyde tutunmuş olan Arsenik suya geçmekte ve yenebilir kısımdaki arsenik konsantrasyonu azalmaktadır (www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf, Erişim Tarihi: 18.11.2008).

İşlem 1 (Haşlanmamış): 2008 yılı boyunca aylık dönemlerde toplanan kara midyelerde arsenik konsantrasyonunun ortalama $9,435 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $15,935 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 11,882 ile 16,548 arasında değişmektedir. İstatistiki değerlendirmeler % 95 güven aralığında verilmektedir.

İşlem 2 (Haşlanmış): 2008 yılı boyunca aylık dönemlerde toplanan kara midyelerde % 95 güven aralığında arsenik konsantrasyonunun ortalama $6,3125 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $10,1139 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 6,9493 ile 9,6783 arasında değişmektedir.

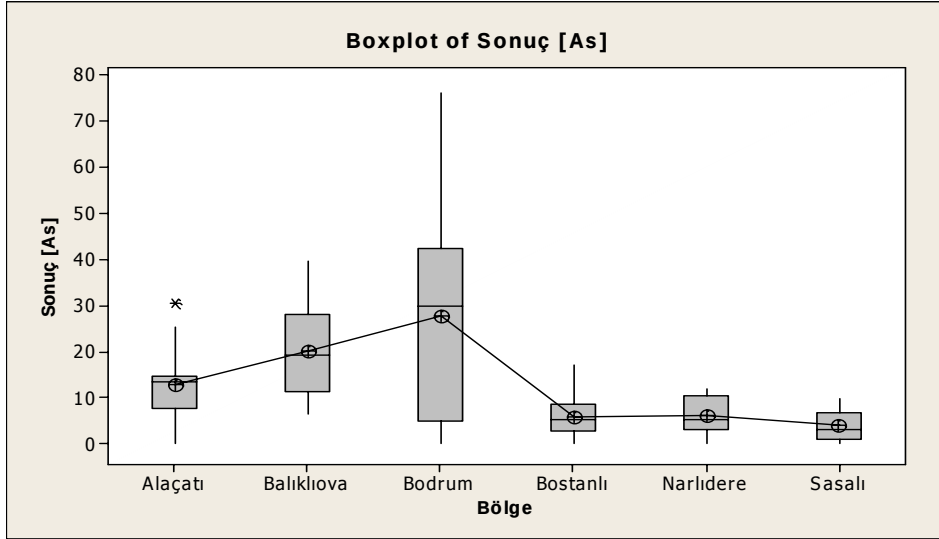
Arsenik konsantrasyonu maksimum değeri Bodrum bölgesinde nisan ayında $76,18 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak gösterirken minimum değer kış ayları olan şubat ayında $0,38 \mu\text{g g}^{-1}$ ile Sasalı bölgesinde görülmüştür. Altı ayrı noktadan toplanan toplam 72 adet kara midye numunesinde yapılan 144 adet (haşlanmış ve haşlanmamış) analiz sonuçlarına göre; Bodrum ve

Balıkliova bölgelerindeki arsenik birikiminin en yüksek seviyede, diğer bölgelerde ise çok düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11, 4.12).



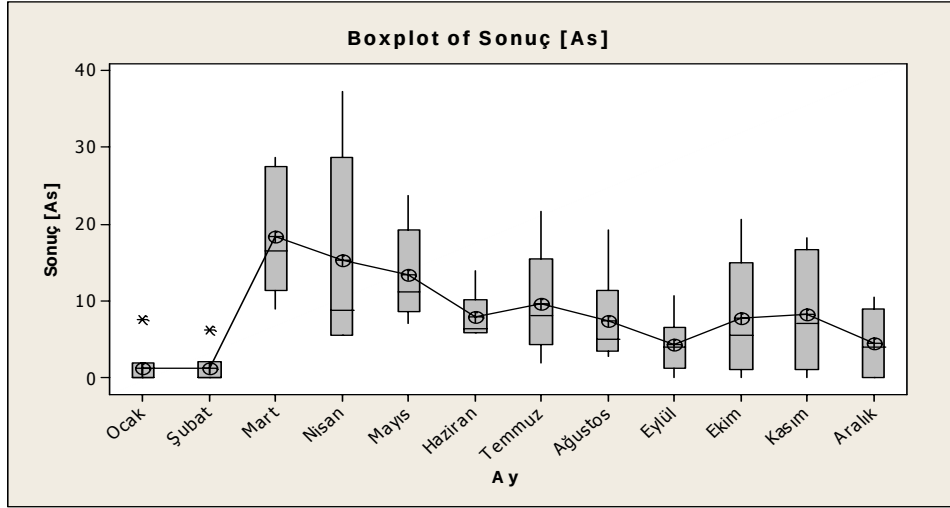
Şekil 4.11. Bölgelere göre arsenik birikimi (haşlanmış)

Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6’da görüleceği üzere birçok bölgede ve yılın çeşitli aylarında arsenik konsantrasyonu tespit edilebilir düzeyde değildir.



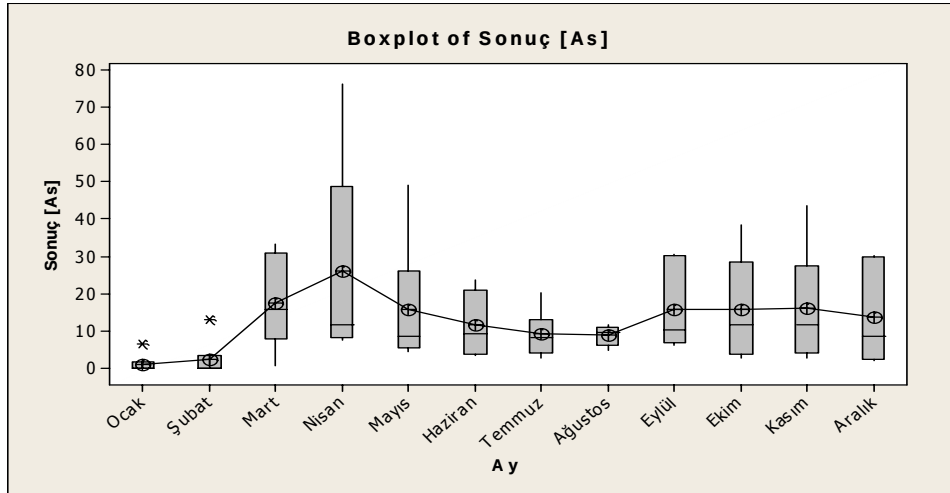
Şekil 4.12. Bölgelere göre arsenik birikimi (haşlanmamış)

Metalloid özellik gösteren ve yer kabuğunda en bol bulunan elementlerden birisi olan arseniğin volkanik etkili ve jeotermal özellik gösteren bu bölgelerde yüksek konsantrasyonda bulunması olağan bir durum olarak yorumlanabilir. Ayrıca bu bölgelerde yoğun faaliyet halinde bulunan balık çiftliklerinde besin maddesi olarak kullanılan yemlerde bulunan insektisit kalıntılarının (arseniğin anorganik formları olan insektisitler: sodyum arsenit, bakır aseto arsenit, arsenik triklorür, kurşun arsenat) deniz sularına karışması sonucu arsenik konsantrasyonunun bu bölgelerde yüksek olabileceği düşünülmektedir (www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf, Erişim Tarihi: 18.11.2008).



Şekil 4.13 . Aylara göre ortalama arsenik birikimi (haşlanmış)

Arsenik birikimi aylık bazda değerlendirildiğinde kış mevsiminin sonuna doğru mart ve nisan aylarında maksimum seviyelere ulaştığı, takip eden dönemde ise azaldığı görülmektedir. Sonbahar mevsimi ile birlikte arsenik birikimi gittikçe artma eğilimi göstermekte ve kış aylarında yükselmektedir (Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.)



Şekil 4.14. Aylara göre ortalama arsenik birikimi (haşlanmamış)

10.03.1995 tarih ve 22223 nolu resmi gazetede yayınlanmış Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliğinde (Anon, 1995) arsenik ile ilgili olarak bildirilen yasal limit 1 ppm iken 21 Eylül 2008 tarih ve 27004 sayılı resmi gazetede (Anon, 2008) yayınlanan yönetmelikte arsenik çift kabuklu yumuşakçalarda aranacak iz elementler sınıfından çıkarılmıştır.

Çalışmamızda arsenik metalinin Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 1995)'nde çift kabuklu yumuşakçalar sınıfına giren kara midyelerde aranacak metal grubunda yer alması, IARC (International Agency for Research on Cancer) tarafından insanlardaki karsinojenik etki risklerine göre yapılan gruplandırmada “Grup 1: İnsanda Karsinojenik Etkililer” bölümünde en önemli sırada yer alması nedeni ile bu metale yer verilmiştir.

Eski yasal yönetmelik çerçevesinde değerlendirildiğinde ortalama arsenik konsantrasyonu, midye numunelerinin toplandığı altı ayrı istasyonda ve her iki işlem uygulaması için de limitlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Diğer taraftan Çizelge 1.2’de görüleceği üzere Avrupa Birliği (Anon, 2002) direktiflerinde arsenik ile ilgili bir limit bildirilmemiştir. İnsanlar üzerinde önemli düzeyde toksik olumsuzluklara yol açan ve toksik en riskli miktar olarak JECFA PTWI 0,015 mg/kg vücut ağırlığı (0,12 mg/gün 60 kg ağırlığında bir kişi için) bildirilmiş olan arseniğin Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 2008)'nde deniz ürünlerinde aranacak metaller grubundan çıkarılması Avrupa Birliği düzenlemelerine uyum çalışmalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Yurtiçi ve yurtdışında midyelerde metal birikimi ile ilgili yapılan bir çok çalışmada arsenik düzeyi araştırılmamıştır (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8.). Kayhan ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada İstanbul balık halinden alınan kara midyelerde sadece arsenik düzeylerini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre arsenik düzeyi en yüksek 0,098 $\mu\text{g g}^{-1}$ bulunmuş olup bu değer kuru madde üzerinden değerlendirildiğinde bizim elde ettiğimiz en yüksek değerin oldukça altındadır.

4.7. Cıva (Hg)

Cıva normal sıcaklıkta sıvı olan tek metaldir. Cıvanın toksik etkisi kimyasal bileşimine göre değişir. Genel olarak cıva başlıca sinir sistemini ve böbrekleri etkiler. Santral sinir sistemi etkilenecek tremor, aşırı sinirlilik ve duyarlılık hali, unutkanlık gibi davranış bozuklukları gözlenen klinik belirtilerdir (Watson, 2001).

Ege Körfezinde altı ayrı noktadan aylık dönemlerde toplanan/avlanan kara midyelerin cıva birikimi ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.7, Şekil 4.15-4.16 ve Şekil 4.17-4.18 aşağıdaki verilmektedir:

Yapılan Anova Testinde $p=0,047$ değerine ulaşılmış olup bu değer $p<0,05$ olması sebebi ile “haşlama” işleminin cıva (Hg) konsantrasyonu üzerine etkisi olduğu görülmektedir. Bilindiği üzere oda sıcaklıklarında sıvı formda bulunan tek metal olan cıva kolayca buharlaşabilmektedir. Yapılan çalışmanın grafiksel değerlendirmesinde görüleceği üzere haşlama işleminin midye konsantrasyonunu azalttığı

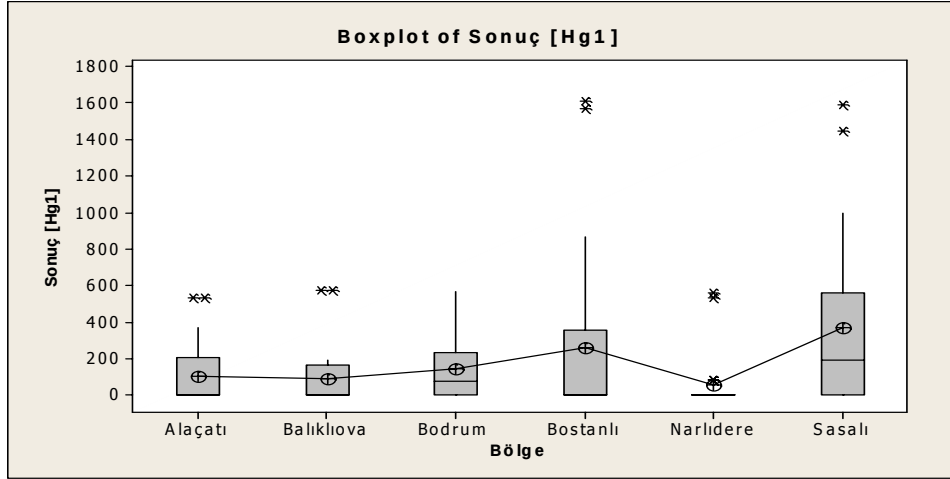
görülmektedir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6). Bunun nedeni cıva metalinin oda sıcaklıklarında dahi hemen buharlaşabilmesidir. Midye numuneleri haşlama prosesinde ortalama 65°C’de 30 dk pişirilmiştir. Bu proses midyelerin yenilebilir kısımlarında yüzeyde tutunmuş olan cıva elementinin buharlaşmasını ve suya geçmesini sağlamış, cıva konsantrasyonunun azalmasına neden olmuştur.

İşlem 1 (Haşlanmamış): Alaçatı, Balıklıova, Bostanlı, Bodrum, Narlıdere ve Sasalı olmak üzere 6 ayrı istasyondan Ocak – Aralık 2008 döneminde yıl boyunca her ay toplanan kara midyelerde % 95 güven aralığında cıva konsantrasyonunun ortalama 0,116 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb) ile 0,222 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 0,288 ile 0,364 arasında değişmektedir. İstatistiki değerlendirmeler % 95 güven aralığında verilmektedir.

İşlem 2 (Haşlanmış): 2008 Ocak – Aralık döneminde 6 ayrı istasyondan her ay toplanan kara midyelerde cıva konsantrasyonunun ortalama 0,072 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb) ile 0,150 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Standart sapma değerleri ise 0,213 ile 0,269 arasında değişmektedir.

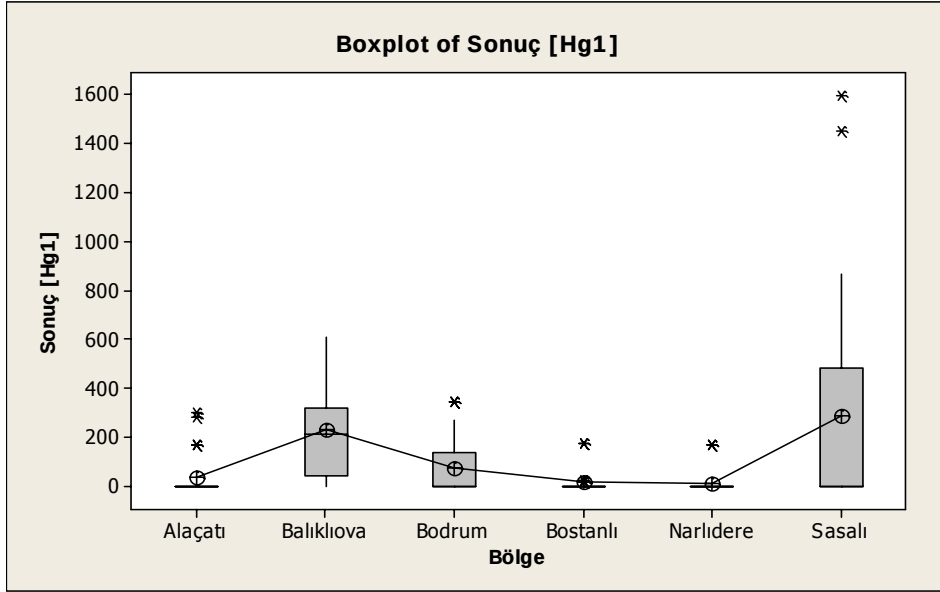
Türkiye’nin en uzun kıyı şeridinde sahip bölgesi olan Ege Bölgesinde İzmir Körfezinden toplanan toplam 72 adet kara midye (*M. galloprovincialis*) numunesinde yapılan 144 adet (haşlanmış ve haşlanmamış) analiz sonuçlarına göre; haşlanmış midye örneklerinde maksimum değeri Bostanlı bölgesi nisan ayında 1,62 $\mu\text{g g}^{-1}$ değeri ile göstermektedir. En düşük değer ise 0,08 $\mu\text{g g}^{-1}$ olmak üzere Ocak ayında

Narlidere bölgesinde görülmektedir. Haşlanmamış midyelerde ise maksimum değer Sasalı bölgesinde şubat ayında $1,592 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak görülmektedir. Minimum değer ise Bostanlı bölgesinde haziran ayında $0,017 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak almaktadır.

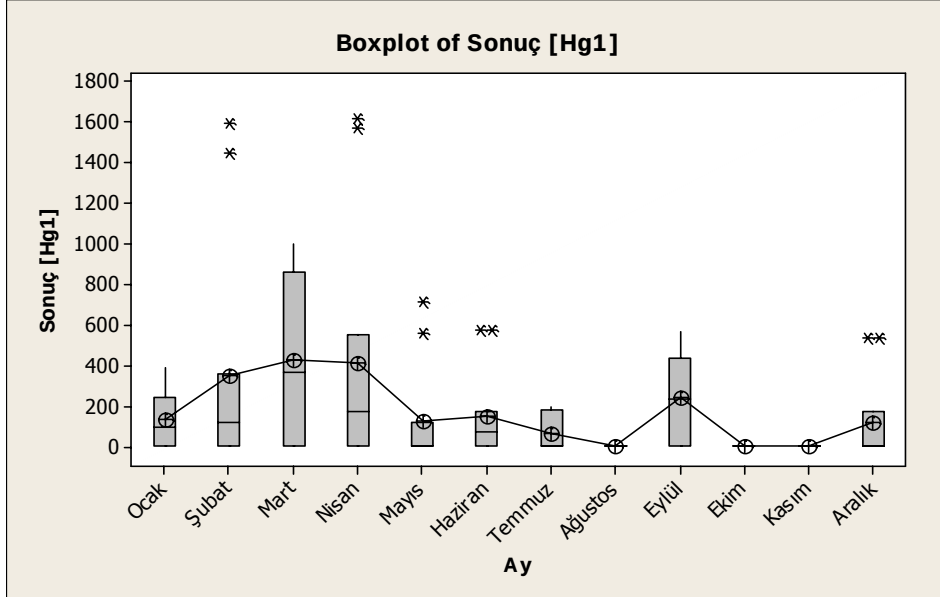


Şekil 4.15 . Bölgelere göre cıva birikimi (haşlanmamış)

Ortalama cıva konsantrasyonu bölgeler arası değerlendirildiğinde her iki işlem basamağı için de Sasalı bölgesinde oldukça yüksek değerlerde seyrettiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak yukarıda da açıklandığı üzere, bölgedeki organize sanayi alanlarında faaliyet gösteren boya, kimya, plastik, yağ, gıda fabrikaları ve ağır sanayi kuruluşlarının atıklarının direkt ve indirekt yollarla denize taşınması olarak yorumlanabilir (Şekil 4.15-4.16 ve Şekil 4.17-4.18).



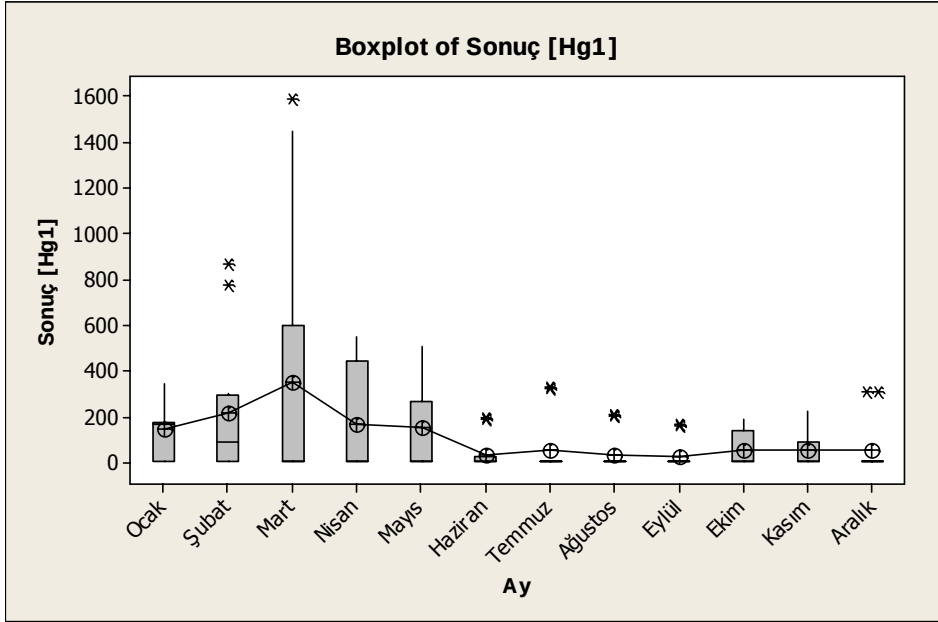
Şekil 4.16. Bölgelere göre cıva birikimi (haşlanmış)



Şekil 4.17. Aylara göre ortalama cıva birikimi (haşlanmamış)

Cıva birikimi aylık bazda değerlendirildiğinde kış mevsiminin sonuna doğru mart ve nisan aylarında maksimum seviyelere ulaşmaktadır. Takip eden aylarda azalarak yaz aylarında minimum değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.17 ve 4.18). Genel olarak değerlendirildiğinde Akdeniz midyesi olarak da bilinen kara midyelerde (*M. galloprovincialis*) iz element birikimi kış aylarının sonlarında artmakta ve yaz aylarında ise minimum değerlere ulaşmaktadır.

Midyeler 2-100 µm boyutlarında olan organik ve inorganik her türlü partikülü süzerek beslenirler. Ortalama 7-8 cm boyundaki bir midye saatte 10-15 lt suyu süzme özelliğine sahiptir. Midyeler tarafından besin maddesi olarak kullanılan fitoplanktonların kış aylarında yerüstü suları ve yağmurlarla taşınması sonucu bu canlılar zengin besin maddesine kavuşmaktadırlar. Diğer taraftan yağmur suları ile taşınan petrol atıkları, kimya ve yağ sanayi atıkları, plastik ve boya sanayi atıkları, gıda atıkları ve toprak partiküllerinde bulunan metaller deniz suyuna taşınmakta ve midyeler tarafından direkt veya fitoplanktonlar aracılığı ile absorbe edilmektedirler (Bayne ve ark., 1976). Bu nedenle kış dönemlerinde yoğun yağışların etkisi ile metal birikimi daha yüksek konsantrasyonlarda görülmektedir. Yaz aylarında ise yağışların olmaması, yer üstü sularının debisinin düşmesi ve denizin durgun olması nedeni ile fitoplanktonların hareketsiz kalması sonucu, sabit bir bölgede hareketsiz yaşamlarını sürdüren midyelerde metal birikiminin düşük olması sonucunu doğurmaktadır.



Şekil 4.18. Aylara göre ortalama Cıva Birikimi (haşlanmış)

Yapılan analiz sonuçları ve istatistiki değerlendirmelere göre, 21.09.2008 tarih ve 27004 nolu resmi gazetede yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (Anon, 2008)'ne göre ortalama cıva birikiminin kuru madde bazında yasal limitler içerisinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1.1). Bununla birlikte cıva konsantrasyonunun Balıklıova bölgesinde mart, nisan, haziran ve kasım aylarında, Bostanlı bölgesinde mart ayında, Bodrum bölgesinde eylül ayında, Alaçatı bölgesinde Aralık ayında ve Sasalı bölgesinde ise şubat, mart, nisan ve mayıs aylarında yasal limitlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Yasal limitin üzerinde elde edilen bu sonuçların nedeni olarak yukarıda açıklandığı üzere Sasalı ve Çiğli taraflarında organize sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren fabrikalar olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada cıva konsantrasyonu ile ilgili elde edilen bulgular ülkemiz kıyılarında kara midyeler üzerinde metal birikimi ile ilgili olarak yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında şu sonuçlar elde edilmiştir: Yarsan ve ark. (2007) İstanbul'da Yenikapı ve Anadolu Kavağı bölgelerinde cıva konsantrasyonunu ortalama $0,75 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulmuşlardır. Bu değer yasal limitlerin dışında olmakla birlikte çalışmamızda elde edilen değerlerden 5 kat yüksektir. Diğer taraftan Özden (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, İstanbul'da balık marketlerinden toplanan kara midyelerde cıva konsantrasyonunun ortalama $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$ ile $0,16 \mu\text{g g}^{-1}$ olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar ile paralellik göstermektedir (Çizelge 4.7)

Midyelerde cıva birikimi ile ilgili olarak Türkiye dışında bazı kıyılarda elde edilen sonuçlar ile çalışmamızda elde edilen bulgular kıyaslandığında şu sonuçlar elde edilmiştir: Baraj ve ark. (2003) Brezilya sahillerinde perna perna midyelerinde cıva konsantrasyonunu kuru madde üzerinden $0,1 \mu\text{g g}^{-1}$ bildirmiş olup bu sonuç çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç ile paraleldir. Yine Yang ve Swawi (2007) midyelerde metal birikimi ile ilgili çalışmalarında cıva konsantrasyonunu ortalama $0,03 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bildirmiş olup bu değer çalışmamızda elde edilen değerlerden 3 kat düşüktür. Diğer taraftan Fattorini ve ark. (2008) Adriatik Denizinde mevsimsel olarak midyelerde metal birikimini araştırdıkları çalışmada cıva konsantrasyonunu ortalama $0,04 \mu\text{g g}^{-1}$ olarak bildirmiş olup bu değer çalışmamızda elde edilen değerlerden 3 kat düşüktür.

5. SONUÇLAR

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve hızlı endüstrileşme sonucu özellikle sulu ortamda toksik metal seviyelerinin arttığını gösteren birçok çalışma vardır. Çevre kirliliği ilk defa kentsel yaşamın başlaması sonucu ortaya çıkmış ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak artmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında ülke nüfuslarındaki artışlara bağlı olarak çevre kirliliği de artış göstermiş, bu etki ile yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesi sonucu ortaya çıkmış ve sonuçta ekosistemin bozulması giderek daha ciddi bir hal almıştır.

Ülkemizde 1950’li yıllarda kırsal nüfus % 75 ve kentsel nüfus % 25’lerde iken 2000’li yıllarda bu oran kırsal nüfus % 30 ve kentsel nüfus % 70 şeklinde değişmiştir. Ege Bölgesi kıyı şeridinde olması ve tarımsal verimin yüksek olması nedeniyle Türkiye nüfus yoğunluğu ortalamasının çok üstünde nüfuslanmış bir bölgesidir. Bunun yanı sıra Ege kıyıları enine kıyı tipi olup oldukça girintili çıkıntılı yapısı nedeniyle Türkiye’nin en uzun kıyı şeridinde sahip yerlerdir. Bölgeyi dağların denize dik uzanması sebebiyle Edremit, Çandarlı, İzmir, Kuşadası, Güllük ve Gökova Körfezleri çevrelemektedir. Bu körfezler bölgenin ve ülkenin en önemli su ürünleri yetiştiriciliği yapılan alanlarıdır.

Midye hem ekonomik değeri olan bir su ürünü hem de tüm dünyada çevre ve su kirliliğinin araştırılmasında kullanılan önemli bir bioindikatör canlıdır. Ülkemizde ihraç edilen ve ekonomik değeri oldukça yüksek olan su ürünleri arasında yer alan Akdeniz midyesi veya

kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) Türkiye denizlerinde Güney Ege'den kuzeyde tüm Karadeniz sahillerine kadar bol olarak dağılım göstermektedir. Midyeler bileşiminde bulunan zengin protein, karbonhidrat ve vitamin içeriği nedeniyle özellikle gelişmiş ülkelerde ve Türkiye'de genellikle kıyı şeridinde bulunan büyük şehirlerde (İzmir ve İstanbul gibi) yaygın tüketimi olan bir üründür. Bölgemizi çevreleyen körfezlerden toplanan kara midyeler genellikle ayıklanıp pişirilerek satılmakta veya iç midye halinde pazarda tüketime sunulmaktadır.

İzmir şehri Ege Bölgesi körfezleri için önemli bir kirletici kaynağıdır. Ege Bölgesinde İzmir Körfezinde 2008 yılı Ocak – Aralık döneminde altı ayrı istasyondan her ay toplanan kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis*) iz element kirliliğinin araştırıldığı bu çalışmada; körfezdeki metal kirliliğinin tespit edilmesi, haşlama prosesinin midyelerde toksik konsantrasyonu azaltıp azaltmadığı, eğer kirlilik var ise bunun protein kaynağı olarak zevkle tüketilen midyeler yolu ile insanlarda toksik etkileri üzerine önerilerde bulunabilmek amaçlanmıştır.

Çalışmayı başlattığımız 2008 Ocak döneminde yürürlükte olan Türk Gıda Kodeksi Su Ürünleri Yönetmeliği (10.03.1995 tarih ve 22223 nolu resmi gazete) midyelerde arsenik, bakır, cıva, çinko, kadmiyum ve kurşun elementlerini ararken, 21.09.2008 tarih ve 27004 nolu resmi gazete ile değişen revize Su Ürünleri Yönetmeliği sadece cıva, kadmiyum ve kurşun elementlerini talep etmektedir. Revize yeni yönetmeliğe göre midyelerde metal kirliliği kuru madde bazında değerlendirildiğinde,

metal konsantrasyonlarının bölgede yaşayan su canlılarını ve bu su canlılarını besin maddesi olarak tüketen insanların sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek düzeyde olduğu saptanmıştır. Yapılan istatistiki değerlendirmelere göre haşlama prosesinin arsenik (As) ve cıva (Hg) metalleri üzerinde etkisi olduğu ve haşlama prosesi ile midyelerde arsenik ve cıva konsantrasyonlarının düştüğü tespit edilmiştir. Diğer taraftan haşlama prosesinin bakır, çinko, demir, kadmiyum ve kurşun metalleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür ($p<0,05$).

Genel olarak kara midyelerde metal konsantrasyonunun özellikle kış aylarının sonlarında, Mart ve Nisan aylarında en yüksek seviyelere çıktığı, yaz dönemlerinde ise minimum konsantrasyon seviyelerinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni kış döneminde yoğun yağışlar ve yer üstü suları ile denize taşınan metallerin su canlıları tarafından yoğun olarak absorblanmasıdır. Bu bilgiler ışığında Mart ve Nisan aylarında midye tüketimi, metal konsantrasyonlarının yüksek olması nedeni ile toksik etkiye maruz kalma açısından daha risklidir.

Midyelerde metal konsantrasyonu bölgelere göre değerlendirildiğinde, organize sanayi bölgesi olması ve çevresinde birçok petrol, deri, kimya, boya, gıda, yağ fabrikaları ve ağır sanayi bulunan Sasalı Bölgesi diğer bölgelere oranla daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür. Elimizdeki bulgulara göre günümüzde bu değerler limitler içerisinde gibi görünse de yasal sınırlara çok yakındır ve gelecekte bir tehlike oluşmaması için şimdiden önlem alınmalıdır. Bu bölgede metal kirliliği ile ilgili olarak önümüzdeki dönemlerde yapılacak

bilimsel çalışmalar bölgenin risk haritasının çıkarılmasında faydalı olacaktır.

Yaşadığımız dönemde doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden ve dünyada yaşamayı güçleştiren tehditlerin başında evre sorunları gelmektedir. evre sorunları denince de başta su kirliliği gelmektedir. Sulardaki metal kirleticilerin besin zinciri boyunca gittikçe artan yoğunlukta birikmesi sonucu son yıllarda birçok ülkenin deniz ve tatlı su ürünlerinin halk sağlığı açısından alarm sayılabilecek derecede tehlikeli düzeylerde kirlendiği bilinmektedir. Bireysel ve toplumsal olarak çevrenin korunması yönünde faaliyetlerde bulunmak ve bu konuda çaba göstermek bir insanlık görevidir. Gittikçe daha da kirlenen dünyamızda bireyler ve toplumlar olarak çevrenin korunmasına geçmişte olduğundan çok daha fazla zen göstermeliyiz.

Sonuç olarak bu çalışmada kara midyelerde toksik metal konsantrasyonunun aylık dönemlerde ve bölgeler arası değiştiği görülmüştür. Bulgular midyelerde metal konsantrasyonunun yasal limitler içerisinde fakat yasal limitlere yakın değerlerde olduğunu göstermektedir. Bu nedenle İzmir Körfezinin metal kirliliği açısından daha sık aralıklarla izlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ege kıyı şerisinde İzmir gibi büyük şehirlerde zevkle tüketilen bir besin maddesi olan midyenin önümüzdeki dönemlerde tüketiciler açısından toksik riskli gıdalar gurubuna girebileceği ve bu nedenle tüketicilerin bu konularda yasal otoriteler ve sivil toplum örgütleri tarafından bilgilendirilmeleri gerektiği görülmektedir. Bireysel tüketicilerin besin satın alımı ve

tüketimi konusunda daha biliçli olmaları, özellikle su ürünleri ve toksik etkileri konularında bilgilendirilmeleri, herhangi bir toksik etkiye maruz kalmaları durumunda sağlık kurumlarına başvurmaları ve bu tip konular ilgili yasal mercilere bildirmeleri halk sağlığı açısından çok önemlidir. Gıda maddeleri üreten, işleyen ve satanların gıdaların toksik etkileri ve toksik metaller konularında bilgilendirilmeleri, üretim ve işleme esnasında hijyen ve sanitasyon kurallarına dikkat etmeleri ve maksimum hassasiyeti göstermeleri, ürettikleri ürünlerin güvenliğini kontrol etmek ve sağlamak üzere gerekli analizleri yapmaları veya yaptırmaları, herhangi bir uygunsuzluk ve halk sağlığı açısından riskli bir durum oluşması halinde ürünleri geri çekme ve geri çağırma prosedürlerini tam ve doğru uygulamaları, olası olumsuzlukları gerekli yasal mercilere hızlı ve etkin bir biçimde bildirerek gerekli önlemleri almaları konusunda istekli ve hazır olmaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Adami, G., Barbieri, P., Fabiani, M., Piselli, S., predonzani, S., Reisenhofer, E.,** 2002, Levels of cadmium and zinc in hepatopancreas of reared *Mytilus galloprovincialis* from the Gulf of Trieste (Italy), *Chemosphere*, 48, 671-677
- Alpbaz, A.G.,** 1993, Kabuklu ve Eklem Bacaklılar Yetiştiriciliği, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 26, 2-3
- Anonymous,** 1995, 10.03.1995-22223 sayılı Resmi Gazete Su Ürünleri Yönetmeliği, Ankara
- Anonymous,** 2001a, EEC 466/2001, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Official Journal of the European Communities L77/1-13
- Anonymous,** 2001b, TS 1743 ISO 1442-Et ve Et Mamulleri- Rutubet Muhtevası Tayını (Referans Metot), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonymous,** 2002a, EEC 221/2002, amending Regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Official Journal of the European Communities L37/4-6

KAYNAKLAR (devam)

Anonymous, 2002b, 25.08.2002- 24857 sayılı Türk Gıda Kodeksi- Gıda Maddelerinin Genel Etiketleme ve Beslenme Yönünden Etiketleme Kuralları Tebliği, Ankara

Anonymous, 2008, 21.09.2008-27004 sayılı Resmi Gazete Su Ürünleri Yönetmeliğinde Değişiklik, Ankara

Balkıs, N. ve Çağatay, M.N., 2001, Factors controlling metal distributions in the surface sediments of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey, *Environment International*, 27, 1-13.

Baptista Neto, J.A., Smith, B.J., Mcallister, J.J., 1999 , Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, SE Brasil, *Environmental Pollution*, 108, 1-9

Baraj, B., Niencheski, L.F., Corradi, C., 2003, Trace metal contents trend of mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) from the atlantic coast of southern Brazil, *Water, Air and Soil Pollution*, 145, 205-214

Baseda, V., Andrade, J.M., Schultze, F., Fumega, J., Cambeiro, B., Gonzalez, J.J., 2008, Statistical comparison of trace metal concentrations in wild mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in selected sites of Galicia and Gulf of Biscay (Spain), *Journal of Marine Systems*, 72, 320-331.

KAYNAKLAR (devam)

- Bayne, B.L., Widdows, J., Thompson, R.J.,** 1976. Physiology: I. In: Bayne, B.L.(ed.). marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press. pp. 122-159.
- Bodur, M.N. ve Ergin, M.,** 1994, Geochemical characteristics of the recent sediments from the Sea of Marmara, *Chemical Jeology*, 115, 73-101
- Cardellicchio, N., Buccolieri, A., Di leo, A., Giandomenica, S., Spada, L.,** 2008, Levels of metals in reared mussels from Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy), *Food Chemistry*, 107, 890-896
- Carrasco, L., Diez, S., Soto, D.X., Catalan, J., Bayona, J.M.,** 2008, Assessment of mercury and methylmercury pollution with zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Ebro River (NE Spain) impacted by industrial hazardous dumps, *Science of the Total Environment*, 407, 178-184
- Casado-Martinez, Buceta, J.L., Belzunce, M,J., DelVals, T.A.,** 2006, Using sediment quality guidelines for dredged material management in commercial ports from Spain, *Environment International*, 32, 388-396

KAYNAKLAR (devam)

- Catsiki, V.A., Florou, H.,** 2006, Study on the behaviour of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and ^{137}Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece, *Journal of Environmental Radioactivity*, 86, 31-44
- 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
- Costa, L.M., Santos, D.C.M.B., Hatje, V., Nobrega, J.A., Korn, M.G.A.,** 2008, Focused-microwave-assisted acid digestion: evaluation of losses of volatile elements in marine invertebrate samples, *Journal of Food Composition and Analysis*, 09, 889
- Çelik, H.,** 2003, Ulusal Gıda ve Eylem Planı I. Aşama Çalışması, Mart 2003, *Yayın No DPT : 2670*
- Çevik, U., Damla, N., Kobya, A.I ., Bulut, V.N., Duran, C., Dalgıç, G., Bozacı, R.,** 2008, Assesment of metal element concentration in mussel (*M. Galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey, *Journal of Hazardous Materials*, 6 Pages

KAYNAKLAR (devam)

- Demirel, S., Tuzen, Mustafa., Saracoglu, S., Soylak, M.,** 2008, Evaluation of various digestion procedures for trace element contents of same food materials, *Journal of Hazardous Materials*, 152, 1020-1026
- Ergin, M., Saydam, C., Baştürk, Ö., Erdem, E., Yörük, R.,** Heavy metal concentrations in surface sediments from two coastal inlets (golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the northeastern Sea of Marmara, *Chemical Geology*, 91, 269-285
- Erüstün, G. ve Şentürk, A.,** 1996, Midye Etinin Kutu Konservesi ve Dondurularak Muhafazası Üzerinde Araştırmalar. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Çanakkale İl Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çanakkale İl Müdürlüğü Yayınları, Çanakkale, 14 s.
- Fabris G.J., Monahan, C.A., Batley G.E.,** 1999, Heavy metals in waters and sediments of Port Philip Bay, Australia, *Marine and Freshwater Research*, 50, 503-533
- Fang, J.K.H., Wu, R.S.S., Chan, A.K.Y., Shin, P.K.S.,** 2008, Metal concentration in gren-lipped mussels (*Perna viridis*) and rabbitfish (*Siganus oramin*) from Victoria Harbour, Hong Kong after pollution abatement, *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1486-1512

KAYNAKLAR (devam)

FAO (Food and Agricultural Organisation), Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, FAO fishery circular, No.464, pp.5-100, 1983

FAO, 2002, The State of Fishing and Aquaculture, *F.A.O. Fisheries Department*, F.A.O. Code:40, 125-130

Fattorini, D., Notti, A., Mento, R.D., Cicero, A.M., Gabellini, M., Russo, A., Regoli, F., 2008, Seasonal, spatial, and inter-annual variations of trace metals in mussel from the Adriatic sea: A regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities, *Chemosphere*

Gesto-Seco, E.M., Moreda-Pineiro, A., Bermejo-Barrera, A., Barrera-Bermejo, P., 2009, Multi-element determination in raft mussels by fast microwave-assisted acid leaching and inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, *Talanta*, 72, 1178-1185

Giusti, L., Williamson, A.C., Mistry, A., 1999, Biologically available trace metals in *Mytilus edulis* from the coast of Northeast England, *Environmental International*, 25, 969-981

Gontad, C.B., Alonso, M.C.B., Villar, M.D.B., Vazquez, E.P., Hermelo, P.H., Barrera, B.P., 2008, Study of microwave digestion in marine mussels by electrothermal atomic absorption spectrometry: application to samples from the Ria de Arousa, *Eur Food Res Technol*, 227, 1165-1172

KAYNAKLAR (devam)

Güney, O., 1996, Marmara Denizi Tekirdağ İli açıklarında ve İzmit Körfezindeki istavrit balıklarında ağır metal birikimi ve pişirmenin bu birikimi etkileme durumu üzerine bir araştırma, *Ev Ekonomisi Anabilim Dalı Doktora Tezi*, Ankara, 69s

Güven K.C., Saygı, N., Öztürk, B., 1993, Survey of metal content of Bosphorus alga, *Zostera marina* and sediments, *Hydrobiologia*, 92, 175-178

<http://www.who.int/foodsafety/en/index.html>. Erişim tarihi: 03.08.2008

<http://www.pelkinelmer.com>, Erişim Tarihi: 03.08.2008

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_6471.pdf, Erişim Tarihi: 18.11.2008).

http://www.gezicisaglik.com/word/Metallerin_Toksik_Etkileri.ppt, Erişim Tarihi: 07.02.2009

Kalay, M., Karataş, S., 1999, Kadmiyumun *Tilapia Nilotica* (L.)’da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularında birikimi, *Tr. J. of Zoology*, 23, 985-991

KAYNAKLAR (devam)

- Karayücel, S., Karayücel, I.,** 1999, Growth, Production and Biomass in Raft Cultivated Blue Mussels (*Mytilus edulis L.*) in two Scottish SeaLochs, *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 51(1), 65-73,
- Kavun, V.Y., Shulkin, V.M., Khristoforova, N.K.,** 2002, Metal accumulation in mussels of the Kuril Islands, north-west Pasific Ocean, *Marine Environmental Research*, 53, 219-226
- Kaya, S., Pirincci, I., Bilgili, A.,** 1998, Çevre Bilimi ve Çevre Toksikolojisi, Medisan Yayın Serisi, Yayın No:36
- Kayhan, F.E., Balkis, N., Aksu, A.,** 2006, Istanbul balık halinden alınan Akdeniz midyelerinde (*Mytilus galloprovincialis*) Arsenik düzeyleri, *Ekoloji*, 15, 61, 1-5
- Kuntz, A.,** 1997, Catching value in seafood, <http://www.hih.gov/news/stepbystep/shell.htm>.
- Küçüksezgin, F.,** 1998, Trace metal concentrationn in marine organisms from the Eastern Eagean, Turkey, *International Symposium on Marine Pollution, Extended Synopsis*, 5-9 October – Monaco. pp. 535-537

KAYNAKLAR (devam)

- 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), *Environment International*, 30, 805-810
- Lo, J.M., Sakamoto, H.,** 2005, Comparison of the acid combinations in microwave-assisted digestion of marine sediments for heavy metal analyses, *Analytical Sciences*, 21, 1181-1184
- Manutsewee, N., Aeungmaitrepirom, W., Varanusupakul, P., Imyim, A.,** 2007, Determination of Cd, Cu ve Zn in fish and mussel by AAS after ultrasound-assisted acid leaching extraction, *Food Chemistry*, 101, 817-824
- Marin, B., Chopin, E.I.B., Jupinet, B., Gauthier, D.,** 2008, Comparison of microwave-assisted digestion procedures for total trace element content determination in calcareous soils, *Talanta*, 77, 282-288
- Mora, S., Sheikholeslami, M.R.,** 2002, Interpretation of Caspian Sea sediment data. ASTP: Contaminant Screening Program, 27 p.

KAYNAKLAR (devam)

- Muniz, P., Danular, E., Yannicelli, B., Alonso, J.G.,** 2004, Assesment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay), *Environmental International*, 29, 1019-1028
- Mutluay, H., Demirak, A.,** 1996, Su Kimyası, *Beta Basım YayınDağıtım A.Ş.*, İstanbul, 83-84
- Mvondo-Nna, D., Martin-Rodendo, M., Martinez-Frias, J.,** 2008, New application of microwave digestion-inductively coupled plasma-mass spectrometry for multi-element analysis in komatiites, *Analytica Chimica Acta*, 628, 133-142
- Nesto, N., Romano, S., Moschino, V., Mauri, M., Ros, L.D.,** 2007, Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy, *Marine Pollution Bulletin*, 55, 469-484
- Nna-Mvondo, D., Martin-Redondo, M.P., Martinez-Frias, J.,** 2008, New application of microwave digestion-inductively coupled plasma-mass spectrometry for multi-element analysis in komatiites, *Analytica Chimica Acta*, 628, 133-142
- Özden, O.,** 2008, Study of seasonal heavy metals and macronutrient mineral profil of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) using inductively coupled plasma mass spectrometry methods, *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 , 1300-1306

KAYNAKLAR (devam)

- Protasowicki, M., Dural, M., Jaremek, J.,** 2008, Trace metals in shells of blue mussels (*Mytilus edulis*) from the Poland coast of Baltic sea, *Environ Monit Assess*, 141, 329-337
- Radriques, C., Guerro, J., Benedicto, J.M., Journet, A.,** 1995, Spatial distribution of heavy metals in Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* from Spanish Mediterranean coast, *Rapp. Comm. Int. Mer Medit*, 34, 145
- Romeo, M., Frasila, C., Gnassia-Barelli, M., Damiens, G., Micu, D., Mustata, G.,** 2005, Biomonitoring of trace elements in the Black Sea (Romania) using mussels *Mytilus galloprovincialis*, *Water Research*, 39, 596-604
- Saavedra, Y., Gonzalez, A., Fernandez, P., Blanco, J.,** 2004a, A simple optimized microwave digestion method for multielement monitoring in mussel samples, *Spectrochimica Acta Part B*, 59, 533-541
- Saavedra, Y., Gonzalez, A., Fernandez, P., Blanco, J.,** 2004b, The effect of size on trace metal levels in raft cultivated mussels (*Mytilus galloprovincialis*), *The Science of the Total Environment*, 318, 115-124

KAYNAKLAR (devam)

- Sarı, E., Çağatay, M.N,** 2001, Distrubition of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE, Ageancy, *Environmental International*, 26, 169-173
- Sasikumar, G., Krishnakumar, P.K., Bhat, G.S.,** 2006, Monitoring trace metal contaminants in Green Mussels, *Perna viridis* from the coastal waters of Karnataka, Southwest coast of India, *Environ. Contam. Toxicol.*, 51, 206-214
- Schintu, M., Durante, L., Maccioni, A., Meloni, P., Degetto, S., Contu, A.,** 2008, Measurement of environmental trac-metal levels in Mediterranean coastal areas with transplanted mussels and DGT techniques, *Marine Pollution Bulletin*, 57, 832-837
- Serra, R., Isani, G., Tramontano, G., Carpene, E.,** 1999, Seasonal dependence of cadmium accumulation and Cd-binding proteins in *Mytilus galloprovincialis* exposed to cadmium, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 123, 165-174
- Sogut, O., Yalcin G.,** 2005, Determination of trace metal levels in *Mytilus galloprovincialis* collected from Izmir Bay, Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 14 , 777-782,
- Sonal, S.,** 1994, Hayvansal besinlere yansıyan metal kalıntıları ve yaratabileceği sağlık sorunları, *Türk-Toksikol. Der. ve Visad*

KAYNAKLAR (devam)

- Storelli, MM., Storelli, A., Marcotrigiano, GO.,** 2000, Heavy metal in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Ionian Sea, Italy, *Journal of Food Protection*, 63, 273-276
- Sunlu, U., Egemen, O., Kaymakci, A.,** 1998, Trace metals in Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (L. 1758) and in surficial sediments from Urla-İskele, Izmir, Turkey, *International Symposium on Marine Pollution Extended Synopsis*, 5-9 October-Monaco, 645-646
- Sunlu, U.,** 2002, Comparison of heavy metals in native and cultured mussels *Mytilus galloprovincialis* (L. 1758) from the Bay of Izmir (Aegean Sea/Turkey), *Mediterranean Mussel Watch, CIESM Workshop Series*, No. 15. Marseille France, pp. 101-103
- Sunlu, U.,** 2006, Trace metal levels in mussels (*Mytilus galloprovincialis* L. 1758) from turkish Aegean Sea coast, *Environmental Monitoring and Assessment*, 114, 273-286
- 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 Environment*, 229, 227-234

KAYNAKLAR (devam)

- Szefer, P., Frelek, K., Szefer, K., Lee, Ch.-B., Kim, B.-S., Warzocha, J., Zdrojewska, I., Ciesielski, T., 2002,** Distrubition and relationships of trace metals in soft tissue, byssus and shells of *Mytilus edulis trossulus* from the southern Baltic, *Environmental Pollution*, 120, 423-444
- Szefer, P., Kim, B.-S., Kim, C.-K., Kim, Kim, E.-H., Lee, C.-B., 2004,** Distrubition and coassociations of trace elements in soft tissue and bysus of *Mytilus galloprovincialis* relative to surrounding seawater and suspended matter of the southern part of the Korean Peninsula, *Environmental Pollution*, 129, 209-228
- Şentürk, A., 1994.** Bazı Değerlendirilmiş Kabuklu Su Ürünlerinin Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Etkili Olan Faktörlerin Araştırılması. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Çanakkale İl Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:20/32, Çanakkale, 37 s.
- Tayar, M., 2007,** AB uyum sürecinde Türkiye’de gıda güvenliği sorunu, *Kriter dergisi*, Nisan 2007
- Topçuoğlu, S., 2000,** Black Sea ecology, pollution research of the marine environment in Turkey, *IAEA Bull*, 42(4), 12-14

KAYNAKLAR (devam)

- Topçuoğlu, S., Güven, K.C., Kırbaşoğlu, Ç., Güngör, N., Ünlü, S., Yılmaz, Y.Z.,** 2001, Heavy metals in marine algae from Şile in the Black Sea, 1994-1997, *Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 67, pp. 288-294
- Topçuoğlu, S., Kırbasoglu, C., Yılmaz, Y.Z.,** 2004, Heavy metal levels and sediments in the northern coast of the Marmara Sea, *Environ. Monit. Assess*, 96, 183-189
- Tunçoku, G., Tunçoku, Ö., Düzel, S.,** 1997, Ege Üniversitesi Tatlı Su Balıklarında Civa, Kurşun, Kadmiyum, Bakır ve Çinko Düzeyleri Üzerine Araştırmalar, Bor. Vet. Kont. ve Araş. Ens., İzmir
- Uğur, A., Yener, G., Bassarı, A.,** 2002, Trace metals and ^{210}Po (^{210}Pb) concentration in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) consumed at western Anatolia, *Applied Radiation and Isotopes*, 57, 565-571
- Unep:** 1996, The state of the marine and coastal environmental in the Mediterranean Region, *MAP Technical reports series*, No: 100, 142 p.

KAYNAKLAR (devam)

- Unlu, S., Topcuoglu, S., Alpar, B., Kirbasoglu, C., Yilmaz, Y.Z.,** 2008, Heavy metal pollution in surface sediments and mussel samples in the Gulf of Gemlik, *Environ Monit Assess*, 144, 169-178
- Uysal, H.,** 1970. Türkiye sahillerinde bulunan midyeler “*Mytilus galloprovincialis*” üzerinde biyolojik ve ekolojik araştırmalar. E.Ü. Fen Fak., Ilmi raporlar serisi, No: 79, 79 p.
- Wagner, A., Boman, J.,** 2004, Biomonitoring of trace elements in Vietnamese freshwater mussels, *Spektrochimica Acta Part B*, 59, 1125-1132
- Watson, D.H.,** 2001, Food chemical safety, *CRC Press LLC*, , p.155-156
- Yang, K.X., Swami, K. ve Husain, L.,** 2002, Determination of trace metals in atmospheric aerosols with a heavy matrix of cellulose by microwave digestion-inductively coupled plasma mass spectroscopy, *Spectrochimica Acta*, Part B/57: 73-84
- Yang, K.X., Swami, K.,** 2007, Determination of metals in marine species by microwave digestion and inductively coupled plasma mass spectrometry analysis, *Spectrochimica Acta*, 62, 1177-1181

KAYNAKLAR (devam)

- Yarsan, E., Baskaya, R., Yildiz, A., Altintas, I., Yesilot, S.,** 2007, Copper, lead, Cadmium and Mercury consantration in the Mussel Elliptio, *Bull Environ Contam Toxicol*, 79, 218-220
- Yazkan, M., Özdemir, F., Gölükcü, M.,** 2004, Antalya Körfezinde avlanan bazı yumuşakçalar ve karideste Cu, Zn, Pb içeriği, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 28, 95-100
- Yılmaz, F.,** 1998, Kütahya Şehir Atık Sularının Porsuk Baraj Gölündeki Olumsuz Etkileri, *I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Kayseri, 225-229 s.

ÖZGEÇMİŞ

FAHTİH BAKIRCI GIDA MÜHENDİSİ

KİŞİSEL BİLGİLER

- **Uyruğu** : T.C.
- **Doğum Yeri ve Tarihi** : Ortaköy, AKSARAY, 10.12.1976
- **Medeni Durum** : Evli
- **Sürücü Belgesi** : B Sınıfı (2001 – Aktif Kullanıcı)

ADRES : 613 Sok. No:28 Başarı-4 Apt. Kat:3 D:6 Bornova - İZMİR
GSM : 0532 769 97 86 – 0505 673 80 94
E-mail : fatih.bakirci@naturalab.com.tr; fatih.bakirci@hotmail.com

PROFESYONEL İŞ DENEYİMLERİ

- **AYBAK NATURA ÖZEL GIDA ANALİZ LABORATUARI, ARAŞTIRMA & GELİŞTİRME, EĞİTİM ve DANIŞMANLIK HİZMETLERİ LTD.ŞTİ., İzmir, 01.2006 – Devam Ediyor.**
 - **Kurucu MÜDÜR**
- **Alberk QA Uluslar arası Teknik Kontrol ve Belgelendirme LTD. STI, Ege İrtibat Bürosu, İzmir**
 - **Ege Bölge Müdürü**
- **Hanseland LTD.STI, İzmir, 11.2005 – 05.2006**
 - **Fabrika ve Operasyonel Müdür**
 - Nişasta ve Nişasta Bazlı ürünlerin üretimi, Depolanması, Dağıtımı, İhracat ve İthalat (Gıda katkı maddeleri, Gıda Karışımları, Koruyucular, Stabilizatörler vb. gibi Nişasta Bazlı Ürünlerin Üretimi)

- **PBG TURKEY (Pepsi Bottling Group), İzmir, 05.2004 – 11.2005**

- **KALİTE GÜVENCE MÜHENDİSİ**

- “Piyasa Ürün Yönetimi” kapsamında aylık saha çalışmaları yaparak en az 3 bayi bölgesi ve 75 satış noktası gezerek gerekli kontrol ve iyileştirmeleri gerçekleştirmek, piyasadan numuneler toplayarak gerekli analizleri yapmak, raporlamak ve satış ekibine teknik destek sağlamak.
- Yapılan saha çalışmalarıyla satış ekibine teknik destek vermek, satış ekibini “Toplam Kalite Yönetimi” süreç eğitimleri ile eğitmek, fiili olarak satış ekibi ile birlikte saha çalışmalarında bulunmak, müşteri ilişkilerini yönetmek ve bu konuda satış ekibine öncülük etmek.
- İşletmede girdiler, hammaddeler ve üretilen ürünlerin Türk Gıda Kodeksi, Şirket ve PBG standartlarına uygunluğunu kontrol etmek ve Kalite Güvence Sistemi içerisinde yer almak.
- Şurubun uygun formülasyonda ve istenilen proses değerine, hazırlama talimatlarına uygun bir şekilde yapılmasını sağlamak, nezaret etmek, mikrobiyolojik analizleri yapmak.
- Şişe kırılması, köpürme, gaz kaçağı, boş şişe/pet çıkması, tarih/deforme hataları, paketleme hataları vb. gibi standart dışı ürünleri, durumları, fireleri, imhaları dikkatle izlemek, bununla ilgili rapor ve istatistikleri hazırlamak, ilgili önlemleri alarak verimliliği sağlamak ve kayıpları minimize etmek.
- Bir uygunsuzluk, hatalı veya yanlış bir işlem, kaliteyi etkileyecek sapmalar görüldüğünde; duruma müdahale etmek, uygunsuzluğu/hatayı/yanlış işlemi çözmek, gerektiğinde tesisi ve işlemi durdurmak ve Kalite Sistemi altında tekrar işletilmesini sağlamak.
- Kapasite, verimlilik, kalite, bakım, koruma, işçi sağlığı ve iş güvenliği vb. konularda süreç ve sistem geliştirici araştırma ve önerilerde bulunmak uygulamalar yapmak.
- İş dağılımına göre kendisine bağlı personelin görev dağılımını organize etmek, iş ve zaman etütleri yaparak verimlilik ve etkinliği sağlamak.
- Kendisine bağlı personelin ve diğer personelin bilgi ve becerilerini arttırıcı, verimlilik/motivasyonlarını yükseltici ve takım ruhuna yönelik önerilerde bulunmak, bu konudaki sosyal aktivitelere ve organizasyonlara aktif olarak katılmak, eğitimleri hazırlamak ve sunmak.

- **ÖZGÜ ÖZGÖRKEY A.Ş., İzmir, 2003 – 2004 (1 Yıl)**

- **KALİTE GÜVENCE MÜHENDİSİ**

- Feast markası ile Dondurulmuş gıda üretimi yapılan fabrikada; üretimin aksamadan ve spektler içerisinde sürdürülmesini sağlamak.
- Yapılan ölçüm ve analizlerin doğruluğunu denetlemek
- Gerekli malzeme tedariki için takip sistematığı geliştirmek ve tedarik takibini yapmak.
- Kaliteyi etkileyebilecek tüm olumsuzlukları rapor etmek, düzeltici önleyici faaliyetleri gerçekleştirmek
- Üretim siteminde gerekli gördüğü hallerde revizyonlar yaparak verimlilik ve etkinliği sağlamak
- HACCP ve ISO çalışmalarında aktif görev almak, işletme içerisindeki pest kontrol sisteminin etkinliğini sağlamak, denetlemek ve gerekli düzeltmeleri yapmak.

- **PINAR SÜT MAMULLERİ SANAYİ A.Ş., Eskişehir, 2002 - 2003 (1 Yıl)**

- **İMALAT ŞEFİ**

- Homojenize Yoğurt, Ayran, Kaymaklı Yoğurt ünitesinde, üretim programının günlük, haftalık ve aylık olarak hazırlanarak uygulanmasının sağlanması
- Üretim sisteminde maliyet yükselten nedenler tespit edilerek, gerektiğinde sistem ve çalışma düzeni üzerinde revizyonlar yaparak etkinlik ve verimliliği arttırmak
- Hammadde ve stok kontrolü yaparak maliyetleri azaltmak
- Piyasa koşulları ve müşteri beklentileri değerlendirilerek müşteri memnuniyetini arttırıcı çalışmalar yapıp şikayet oranlarını % 0 lara çekmek.

- **PINAR SÜT MAMULLERİ SANAYİ A.Ş., Eskişehir, 2002 - 2002 (1 Yıl)**

- **VARDİYA MÜHENDİSİ**

- Meyve Suyu, Meyveli Süt, Homojenize Yoğurt ve Ayran, Pastörize Süt, UHT Süt Üretimlerinde Toplam Kalite ve Çevre Yönetim Sistemi Standartlarına uygunluğu sağlamak
- Planlı üretimin ve Sevki yat programının devamlılığını sağlamak, karşılaşılan problemleri çözmek ve gerekli bilgi akışını sağlamak

- Hammadde, ekipman ve işçi problemlerinin üretimleri aksatmayacak şekilde çözümünü sağlamak
- **MİGROS TÜRK TİC.A.Ş., İzmir, 1998 – 2001 (3 Yıl)**
 - **SATIŞ SORUMLUSU**
 - Siparişlerin girilmesi, gelen siparişlerin kontrolü, Depo stok kontrolü
 - Ürün bazında satış takiplerinin yapılması ve değerlendirilmesi
 - Satış destek elemanlarının denetlenmesi
 - Aksiyon ve promosyon programlarının yürütülmesi
 - Ara kademe yönetici görev ve sorumluluklarının yerine getirilmesi

EĞİTİM

- **M.Sc. : 2006 – 2009 : Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Bilimleri Ana Bilim Dalı, Gıda Kalite Kontrolü Bölümü**
- **M.B.A : 2004 – 2006 : Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü Pazarlama Anabilim Dalı Pazarlama Bölümü**
- **2. B.Sc. : 2003 – Devam Ediyor : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü (4.sınıf)**
- **B.Sc. : 1996 – 2001 : EGE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ GIDA MÜHENDİSLİĞİ**
- **Lise: 1990– 1995 : Akpınar Anadolu Öğretmen Lisesi (İngilizce) Lâdik/SAMSUN**

KURS ve SEMİNERLER

- Ulsulararası Gıda, Beslenme ve Kanseri Sempozyumu, İzmir, 17-19 Nisan, 2008
- Uluslararası Hayvan Sağlığı ve Gıda Güvenliği Sempozyumu, Antalya, 12-13 Nisan, 2008
- Temel ve Endüstriyel Mikrobiyoloji Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir, 6-7 Mart, 2008
- SA 8000 Sosyal Sorumluluk Standardı Baş Denetçi Eğitimi, KT RAMAKRISHNAN, İzmir, 28.02-02.03.2008
- II. Süt ve Süt ürünleri Sempozyumu, Ege Üniversitesi, İzmir, 5-6 Aralık, 2007
- BRC Kalite ve Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi, DNV, İzmir, 01-02 Kasım 2007

- ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Ön Gereksinim Programları, Alberk Kalite-Meriç KARACAN (TSE), İstanbul, 18-19 Ekim 2007
- Metod Validasyonu ve Ölçüm Belirsizliği, Uzman Danışmanlık, İzmir, 22-23 Ekim, 2007
- ISO 9001 : 2000, IRCA Onaylı Baş Denetçi Eğitimi, Alberk Kalite,, İstanbul, Temmuz, 2007
- ISO 22000 IRCA Onaylı Baş Denetçi Eğitimi, Alberk Kalite, İstanbul, Haziran 2007
- Su Tasfiye Sistemleri, Fabrika Hijyen ve Sanitasyonu, PBG, İstanbul, 2005
- 5 S Eğitimi, PBG Çorlu Plant, Çorlu, 2005
- Winning Edge ve Liderlik, PBG Çorlu Plant, Çorlu, 2005
- 5th International Conference on Agro and Food Physics, Tst., İzmir, 2005
- AccuPoint® Hygiene Monitoring Systems Training, Biotrace Int. Plc., Tst., 2005
- Ouality Leadership Certification Training, PBG Turkey, İstanbul, 2004
- Mor İnek Farklılaşma Konferansı, Prof. Dr. Arman Kırım, İzmir, 2004
- Microbiology Certification Training, Prof.Dr. Velidittin GÜRGÜN, İzmir, 2004
- İthalat – İhracat – Dış Ticaret, DEÜ ATMER, İzmir, 2003
- ISO 9001 – 2000 Sertifikasyon Semineri, KALDEM, Pınar Süt A.Ş., Eskişehir, 2002
- ISO 14001 Sertifikasyon Semineri, KALDEM, Pınar Süt A.Ş., Eskişehir, 2002
- HACCP Gıda Üretiminde Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi, Pınar Süt A.Ş., Eskişehir, 2002
- LFA-20, TBA-8, TBA 9, TBA 19 Tetrapak Dolum Makineleri Teknik Mühendislik Seminerleri, Pınar Süt A.Ş., Eskişehir, 2002
- SAP R/3 Modülü Eğitimi, Pınar Süt A.Ş., Eskişehir, 2002
- TOEFL Hazırlık Kursu, English Academy, İzmir, 2001
- TS-ISO-EN 9000 Kalite Sistem Dokümantasyonu, ELGİNKAN VAKFI, Manisa, 2001
- Pazarlama ve Pazarlama İletişimi, ELGİNKAN VAKFI, Manisa, 2001
- İş ve İnsan İlişkileri, İlişki Yönetimi, ELGİNKAN VAKFI, Manisa, 2001
- HACCP Kritik Kontrol Noktalarında Tehlike Analizi, TSE Bölge Müdürlüğü, İzmir, 2000
- Zaman Yönetimi, TSE Bölge Müdürlüğü, İzmir, 2000
- 4th International Conference on Agro and Food Physics, Tst., İzmir, 2000

EĞİTİM

- ISO 22000:2005 Baş Tetkikçi Eğitimi, Alberk QA International, İstanbul, 22-26.04.2008
- Süt ve Süt Ürünleri İşletmelerinde Hijyen ve Sanitasyon, Gürsüt Süt Ürünleri A.Ş., Ödemiş -İzmir, 11.2007
- “Listen to Customer - Müşterileri Dinlemek! Tüketici Nasıl Düşünür?” Eğitimi, Aybak Natura, 11.2007
- Service Marketing - Hizmet Pazarlaması”, Aybak Natura, İzmir, 10.2007
- Metroloji, Kalibrasyon, Validasyon ve Ölçüm Belirsizliği Eğitimi, Tesco Kipa, İzmir, 10.2007
- Zincir Marketlerde Temel Gıda Hijyen ve Sanitasyon Eğitimi, Tesco Kipa, İzmir, 09.2007
- Mikrobiyolojide Hızlı Yöntemler Eğitimi, Ege Üniversitesi Biyoloji, İzmir, 04.2007

PROJELER

- **Master Tezi: Tedarik Zinciri Yönetimi ve Dağıtım Kanallarından Örnek Bir Uygulama (2005 – Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Pazarlama Master Programı)**
- Pazarlama Amaç ve Hedeflerinin Geliştirilmesi (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Türk Pazarında Şirket Birleşmeleri ve Devralmaları (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Küreselleşme ve Şirket Birleşmeleri (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Pazarlama ve Etik (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Perakende Sektöründe Şirket Birleşmeleri – Örnek Olay: Carrefour-Gima, Migros-Tansaş (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Büyüme ve Rekabet Stratejileri – Örnek Olay: Pepsi & Coke (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Global Pazarlarda Reklamın Gücü – Örnek Olay: Goodyear (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Talep Tahminleme ve Bütçeleme – Örnek Olay: Pepsi (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Tedarik Zinciri Yönetimi ve Dağıtım Kanalları – Örnek Olay: Pepsi (2005 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- Türkiye’de KOBİ’ler, Sorunları ve Çözüm Önerileri (2004 - DEÜ Pazarlama Master Programı Projesi)
- **Bitirme Tezi: Beslenmenin Beyin ve Beyin Fonksiyonları Üzerine Etkileri (2001 – Ege Üniversitesi Gıda Müh. Bölümü)**