

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**ÇATAK ÇAY'INDA YETİŞEN KIRMIZI BENEKLİ ALABALIK İLE TESİSLERDE
YETİŞTİRİLEN BAZI ALABALIK TÜRLERİNİN ESER ELEMENT VE AĞIR
METAL DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: EMİN SAĞLAMER
DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi ASLI ÇİLİNGİR YELTEKİN

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**ÇATAK ÇAY'INDA YETİŞEN KIRMIZI BENEKLİ ALABALIK İLE TESİSLERDE
YETİŞTİRİLEN BAZI ALABALIK TÜRLERİNİN ESER ELEMENT VE AĞIR
METAL DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: EMİN SAĞLAMER

Bu çalışma VAN YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2017-6305
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya Anabilim Dalı'nda Dr. Öğr. Üyesi Aslı Çilingir Yeltekin danışmanlığında, Emin Sağlamer tarafından sunulan "Çatak Çay'ında Yetişen Kırmızı Benekli Alabalık ile Tesislere Yetiştirilen Bazı Alabalık Türlerinin Eser Element ve Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 30/04/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Vedat TÜRKOĞLU

İmza:

Üye: Dr. Öğrt. Üyesi. Hatice KIZILTAŞ

İmza:

Üye: Dr. Öğrt. Üyesi. Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Emin SAĞLAMER

ÖZET

ÇATAK ÇAY'INDA YETİŞEN KIRMIZI BENEKLİ ALABALIK İLE TESİSLERDE YETİŞTİRİLEN BAZI ALABALIK TÜRLERİNİN ESER ELEMENT VE AĞIR METAL DÜZEYLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

SAĞLAMER, Emin

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN

May 2018, 65 sayfa

İnsan nüfusunun artması ve ekonomik ve teknolojik gelişmeler dünya çapında su kalitesinde önemli ölçüde bozulmalara yol açmıştır. Bu nedenle, suda yaşayan canlıların, özellikle de yaygın olarak tüketilen balık türlerinde toksik metal konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla yaptığımız çalışmada örnekleme için bölgemizde serin sularından dolayı alabalık üretiminde önemli bir yeri olan Çatak nehrinde doğal olarak yetişen *Salmo trutta macrostigma* ve *Oncorhynchus mykiss* balıkları ile Çatak ilçesindeki alabalık üretim çiftliğinden yetiştirilen *Salmo trutta macrostigma* ve *Oncorhynchus mykiss* balıkları kullanılmıştır. Bu balıkların kalp, kas, karaciğer, böbrek, solungaç, gonad, beyin ve bağırsak dokularındaki (Be, B, Al, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Ba, Pb, Na, Mg, Si, K, Ca, Fe, As, Se ve Sb) element düzeyleri ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları toksik elementler (Be, Cd, Pb, Al, Ba ve Ti), eser elementler (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Cr, B, Si ve Mo) ve makro elementler (Ca, Mg, K ve Na) şeklinde gruplandırılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucuna göre ise her iki balık türünde de doğal ortamda yetişenlerin element düzeylerinin çiftlikte yetiştirilenlere göre genellikle daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Eser elementler, Makro elementler *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta macrostigma*, Toksik elementler



ABSTRACT

COMPARISON OF TRACE ELEMENT AND HEAVY METAL LEVELS OF SOME TROUT SPECIES GROWN ON FARMS WITH RED SPOTTED TROUT IN ÇATAK RIVER

SAGLAMER, Emin
M.Sc.Thesis, Chemistry Science
Supervisor : Assist. Prof. Dr. Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN
May 2018, 65 pages

The increase in human population along with economic and technological developments has led to significant degrees of deterioration in water quality globally. As a result, it is important to determine the toxic metal concentrations in organisms living in water, especially in commonly consumed fish species. With this aim, due to the shallow water in our region we chose the important trout production location of Çatak River for sampling in our study, with natural *Salmo trutta macrostigma* and *Oncorhynchus mykiss* from the river and *Salmo trutta macrostigma* and *Oncorhynchus mykiss* bred in a trout production facility in Çatak district used. These fish had element levels (Be, B, Al, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Ba, Pb, Na, Mg, Si, K, Ca, Fe, As, Se and Sb) measured in heart, muscle, liver, kidney, gills, gonads, brain and intestinal tissue using an ICP-OES device. The results of the study are grouped as toxic elements (Be, Cd, Pb, Al, Ba and Ti), trace elements (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Cr, B, Si and Mo) and macro elements (Ca, Mg, K and Na) for assessment. According to the results of this assessment, for both fish species those raised in a natural environment were generally observed to have higher element levels compared to fish bred in farms.

Keywords: Macro elements, *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta macrostigma*
Toxic elements, Trace elements



ÖN SÖZ

Yüksek lisans tezimi yöneten, tez konumun belirlenmesinden başlayarak çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN'e, çalışmalarım da manevi desteğini de hiç esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Özlem SELÇUK ZORER'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Bölümümüz laboratuvarlarını ve imkânlarını kullanmamızı sağlayan bölüm başkanımız Prof. Dr. Vedat TÜRKOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarımın yapılması sürecinde destek olan bölümü laboratuvar sorumlusu Çiğdem ÖTER'e, balıkların temin edilmesini sağlayan Tefvik BUDAK'a ve mali destek sağlayan Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na, ölçüm ve analiz çalışmalarım da yardımlarını esirgemeyen Uzm. Kübra DİNLER'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında beni her zaman destekleyen değerli aileme çok teşekkür ederim.

2018

Emin SAĞLAMER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye’de ve Bölgemizde Su Ürünleri.....	4
1.2. Alabalıkların Sınıflandırılması.....	5
1.3. Alabalıkların Genel Özellikleri.....	7
1.4. Eser Elementler ve Ağır Metaller.....	10
1.4.1. Kadmiyum (Cd).....	11
1.4.2. Kurşun (Pb).....	11
1.4.3. Krom (Cr).....	12
1.4.4. Demir (Fe).....	12
1.4.5. Mangan (Mn).....	13
1.4.6. Kobalt (Co).....	13
1.4.7. Nikel (Ni).....	13
1.4.8. Bakır (Cu).....	14
1.4.9. Çinko (Zn).....	15
1.4.10. Selenyum (Se).....	15
1.4.11. Baryum (Ba).....	16
1.4.12. Titanyum (Ti).....	17
1.4.13. Arsenik (As).....	18
1.4.14. Bor (B).....	19
1.4.15. Molibden (Mo).....	19
1.4.16. Sodyum (Na).....	20
1.4.17. Potasyum (K).....	21
1.4.18. Kalsiyum (Ca).....	22

	Sayfa
1.4.19. Magnezyum (Mg).....	22
1.4.20. Silisyum (Si).....	23
1.5. ICP-OES Cihazı ve Analiz için Numune Hazırlama Metotları.....	24
1.5.1. Numune hazırlama metotları.....	24
1.5.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES)	29
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
2.1. Materyal.....	35
2.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar.....	35
2.3. Kimyasal Maddeler ve Malzemeler.....	36
2.4. Yöntem.....	36
2.4.1. Numunelerin analize hazırlanması.....	36
2.4.2. Kalibrasyon (standart) ve kör çözeltilerinin hazırlanması.....	37
2.5. Verilerin istatistiksel analizi.....	37
3. BULGULAR.....	39
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge		Sayfa
Çizelge 1.1.	Atomik spektral yöntemlerin gözlenebilme sınırlarının karşılaştırılması.....	30
Çizelge 3.1.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).....	39
Çizelge 3.2.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg).....	40
Çizelge 3.3.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg).....	43
Çizelge 3.4.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının makro element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).....	45
Çizelge 3.5.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).....	47
Çizelge 3.6.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg).....	49
Çizelge 3.7.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg).....	51
Çizelge 3.8.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının makro element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).....	53

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil1.1.	Gökkuşuğu alabalığı salmonidae familyasından <i>Oncorhynchus mykiss</i>	8
Şekil 1.2.	Dağ alabalığı (Kırmızı Benekli alabalık) <i>Salmo trutta macrostigma</i>	9
Şekil 1.3.	ICP'de plazma oluşum aşamaları, sıcaklık değişimi ve analitik bölge.....	31
Şekil 1.4.	Plazmanın görünüşü.....	32
Şekil 1.5.	ICP-OES cihazı şematik gösterimi.....	33
Şekil 1.6.	ICP-OES cihazında analiz basamakları.....	34
Şekil 2.1.	Analizde kullanılan ICP-OES cihazı.....	37
Şekil 3.1.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).....	40
Şekil 3.2.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg)..	42
Şekil 3.3.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg)....	44
Şekil 3.4.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i> alabalığının eser element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).....	46
Şekil 3.5.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).....	48
Şekil 3.6.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg)..	50
Şekil 3.7.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg)....	52
Şekil 3.8.	Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i> alabalığının eser element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).....	54



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Al	Alüminyum
Ar	Argon
As	Arsenik
atm	Atmosfer basıncı
Ba	Baryum
B	Bor
Be	Berilyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
°C	Santigrat derece
Fe	Demir
Ga	Galyum
g	Gram
Hg	Civa
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
Mn	Mangan
Mo	Molibden
µg	Mikrogram

Na	Sodyum
Ni	Nikel
ppm	(mg çözünen / kg veya litre çözelti)
ppb	(µg çözünen / kg veya litre çözelti)

Kısaltmalar

Açıklama

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi
ATSDR	Zehirli Maddeler ve Hastalıklar Cemiyeti Ajansı (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
COMA	Gıda ve Beslenme Politikasının Tıbbi Yönleri Komisyonu (Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy)
EC	Avrupa Birliği, Komisyon Tüzüğü (European Union, Commission Regulation)
FAO	Gıda ve Tarım Organizasyonu (Food and Agriculture Organization)
HSDB	Tehlikeli Maddeler Veri Bankası (Hazardous Substances Data Bank)
GFAAS	Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi
ICP-OES	İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon Spektrometri
RDA	Önerilen Diyet Ödenekleri (Recommended Dietary Allowances)
WHO	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)

1. GİRİŞ

Teknoloji ve sanayinin ilerlemesi ile su kaynakları giderek kirlenmektedir. Çevresel kirlenme sonucu meydana gelen kirlilik, her geçen gün ekosistemi ve insanları daha fazla tehdit etmektedir. Çevresel şartlar göz önüne alındığında ağır metaller en tehlikeli çevre kirleticileridir. Çünkü; fiziksel yollarla ayrışmamakta ve uzun süre varlıklarını sürdürebilmektedirler (Kassai ve ark., 2008). Ağır metaller su hayvanları için de toksik etki göstermektedir. Balıklarda biriken ağır metaller solungaç yüzeyinde çözünmeyen bileşikler oluşturur. Oluşan bu bileşikler balığın kan ve dokularına taşınmaktadır (Kromhout ve ark., 1985).

Balık biyolojik döngü içerisinde önemli bir protein kaynağı olarak yer almaktadır. Balıklarda artan ağır metal birikimi balıkla beslenen canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Dural ve ark., 2007). Ağır metaller yüksek ya da düşük konsantrasyonlarda element dengesini bozarak bazı hastalıklar için risk faktörü oluşturmaktadır (He ve ark., 2009).

Eser elementler konsantrasyonlarına bağlı olarak hayvan ve insan yaşamı üzerine faydalı ve zararlı etkilere sebep olabilirler (Föstner ve Wittman, 1983). Bu elementler, vücutta antioksidanların yapısında görev almaları, çeşitli enzimlerin kofaktörü olmaları ve asimilasyon işlemine katılmalarından dolayı önemlidirler (Ganjavi ve ark., 2010).

Dünya’da hızlı nüfus artışı, kentleşme, hızlı sanayileşme, altyapıların yetersizliği ve yeterli sayıda atık arıtım tesislerinin bulunmayışı çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Su kirliliği ise bu kirliliğin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Su kirliliği, su kaynaklarının içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik bir maddenin bulunması olarak tanımlanmaktadır. Doğal dengeyi bozan bu kirletici unsurlar, organik maddeler, endüstriyel atıklar, petrol türevleri, yapay gübreler, deterjanlar, radyoaktivite, pestisitler, inorganik tuzlar, organik kimyasal maddeler ve atık ısı olarak gruplandırılmaktadır. Ağır metaller bu sınıflandırmaya göre, endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içinde yer alıp ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır. Göl, deniz ve akarsular da yaşayan canlılar bu kaynaklardan gelen maddelerden etkilenerek element düzeylerini değiştirmektedir (Kaya ve ark., 1998; Yarsan ve Bilgili, 2000).

Besin değeri bakımından, karasal kaynaklı gıdaların yanı sıra su ürünleri de önemli yere sahiptir. Besin bileşenlerinin incelenmesi ve bunların sağlığımız üzerindeki etkisinin bilinmesi ile günümüzde balık, önemli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Emre ve Kürüm 1998).

Bhouri ve ark. (2010) Tunus'ta yaptıkları çalışmada doğal levrek balığı ile denizde kafes içerisinde yetiştirilen levrek balıklarının kas ve karaciğer dokularında K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn minerallerinin konsantrasyonlarını alevli atomik absorpsiyon spektrometresiyle belirlemişlerdir. Mn ve Zn minerallerinin kas dokudaki konsantrasyonlarının kültür levreklerinde doğal ortamda yetiştirilenlere göre daha fazla olduğu, bakır konsantrasyonunun ise daha az olduğu bulunmuştur (doğal levrek dorsal kas dokusu 46.3 mg Zn/kg, 9.8 mg Mn/kg, 7.0 mg Cu/kg; kültür levreği dorsal kas dokusu 53.4 mg Zn/kg, 13.6 mg Mn/kg, 3.7 mg Cu/kg kuru ağırlık).

Qin ve ark. (2015) Çin' de üç ayrı balık çiftliğinden alınan sazan balığı türlerinde toplam 28 eser elementin düzeylerini belirlemişlerdir. Çalışma da element konsantrasyonları mg/kg olarak şu şekilde tespit edilmiştir: Li (0.01), V (0.019), Cr (0.121), Mn (0.136), Fe (6.71), Ni (0.119), Cu (0.293), Mo (0.015), Zn (7.90), Se (0.243), Sr (1.171), Al (6.30), Ti (0.237), As (0.096), Cd (0.11), Sb (0.11), Ba (0.193), Hg (0.013), Pb (0.172) ve U (0.004). Co, Be, Ga, Ag, Sn, Te, Tm ve Tl elementleri ise tespit edilememiştir. Çalışmada As, Pb ve Cd düzeylerinin sağlık için tehlikeli boyutlarda olduğu gözlenmiştir.

Yildiz (2008) yaptığı çalışmada doğal ve kültür çipura/levrek balıklarının filetolarının mineral kompozisyonunu (Fe, Zn, Mn, Cu, Pb, Co, Ni, Cr, Cd) araştırmıştır. Doğal levrek balıklarının filetolarında Fe, Zn, Mn, Cr ve Ni konsantrasyonlarının kültür levreklerine göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Doğal çipura balıklarının filetolarında da Co, Cr, Pb ve Ni konsantrasyonları kültür çipuralarına göre önemli derecede düşük olduğu belirtilmektedir. Farklılığın muhtemelen beslenmeden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Oğuz ve Yeltekin (2014) tarafından anormal gonadlı Van balıklarının bazı dokularında yapmış oldukları çalışmada Ni, Cu, Co, Zn, Fe, Cd, Pb, Mn düzeyleri tespit edilmiştir. Çalışmada Fe elementinin tüm dokularda en yüksek seviyede, Co elementinin ise en düşük seviyede olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca Pb seviyesinin tüm

dokularında normal düzeyin üzerinde bulunduğu, Cd seviyesinin ise gruplarda tesbit edilemeyecek kadar düşük oranda olduğu belirtilmiştir. Araştırmada gonadlardaki anormalliğin, farklı düzeylerdeki Zn ve Co seviyesinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Minganti ve ark. (2010) İtalya’da denizel kafeslerde yetiştirilen çipura balıkları (n=26) ile doğal ortamdan yakalanan çipura balıklarının (n=5) iz element miktarlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada iz element konsantrasyonları ICP-OES ile ölçülmüştür. Elde ettikleri verilere göre kültür çipurası ile doğal çipuranın iz mineral konsantrasyonları sırasıyla 1.3, 1.6 Cu mg/kg, 10.3, 14.4 mg Fe/kg, 0.5, 0.5 mg Mn/kg, 15.9, 18.2 mg Zn/kg kuru ağırlık olup Cr, Mo ve V konsantrasyonları her iki grupta da tespit limitlerinin altında bulunmuştur.

Avigliano ve ark. (2015) Arjantin’de farklı bölgelerde bulunan sularında gümüş balığının kas dokusunda ağır metal ve eser element düzeylerini araştırmıştır. Çalışmada As, Ag, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Ga, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, U, V ve Zn elementlerine hem suda hem de gümüş balıklarının kas dokusunda ICP-MS ile bakılmıştır. Kas dokularında toksik olan As, Hg ve Pb düzeylerinin sağlığı tehdit edecek kadar yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Fuentes ve ark. (2010) tarafından İspanya ve Yunanistan’da denizel kafes sistemlerinde kültüre alınan levrek balıkları ile doğal levrek balıklarının mineral (Na, Mg, Ca, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn) içerikleri karşılaştırılmıştır. P hariç diğer minerallerin analizleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile P analizi ise UV-VIS spektrofotometresiyle yapılmıştır. Yunanistan kültür levreği, İspanya kültür levreği ve doğal levrek balıklarındaki iz mineral konsantrasyonları sırasıyla 1.10, 1.73, 1.64 mg Fe/kg, 0.29, 0.27, 0.24 mg Cu/kg, 0.08, 0.06, 0.05 mg Mn/kg ve 2.34, 1.68, 1.64 mg Zn/kg olup farklılıkların istatistiksel olarak anlam taşımadığı belirtilmiştir.

Canli ve Atli (2003), Akdeniz’de bulunan altı farklı balık grubunda Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn ağır metallerinin düzeylerini kas, solungaç ve ciğer dokularında araştırmıştır. Çalışmada, *T. cuculus*, *Sardina pilchardus* ve *A. Hepsetus* türlerinde Cd, Cr ve Pb düzeylerinin yüksek seviyede olduğu bulunmuştur.

Van Balığı’nın (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) cinsiyet ve ağırlığa göre bazı metal düzeylerinin değişiminin araştırıldığı bir çalışmada alınan Van Balıkları’nın kas, karaciğer, solungaç, gonad ve beyin dokularında berilyum(Be), bizmut (Bi), kurşun

(Pb), kadmiyum (Cd), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), selenyum (Se), nikel (Ni) ve mangan (Mn) elementleri ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Bulgular toksik elementler ve eser elementler olarak sınıflandırılarak, toksik metallere Be, Bi, Pb ve Cd elementleri Van balığı dokularında tespit edilmiştir (Yeltekin ve Oğuz, 2017).

Canlı ve ark. (1998), Seyhan Nehri'nde 5 istasyondan temin ettikleri *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium* balık dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini belirlemiştir. Dokulardaki ağır metal düzeylerinin istasyonlar arasında genellikle önemli oranlarda değişim göstermiş olduğunu ve bazı metallerin konsantrasyonlarının bazı dokularda insan tüketimi için kabul edilebilir düzeyleri aştığını belirtmişlerdir.

Honda ve ark., (1983) çizgili yunus balıklarının ağırlık, uzunluk, yaş ve cinsiyetlerine göre kas, böbrek, karaciğer dokularında ağır metal düzeylerini araştırmışlardır. Çalışmada yaşlarının artması ile paralel ağır metal düzeylerinin arttığı, 25 yaş dolaylarındaki dişi balıkların doğum ve süt vermelerinden kaynaklı olarak ağır metal düzeylerinin değiştiği tespit edilmiştir.

Bölgemizde de alabalık üretiminde önemli bir yeri olan Van ili Çatak ilçesi iki çayın birleştiği bir vadide yer almaktadır. Çevresi ormanlık olan Çatak Çayı alabalığı ile ün yapmıştır. Bu nedenle çalışmada kullanılacak balıklar Çatak Çayı'ndan ve ilçede bulunan tesislerden temin edilmiştir.

Örneklemede Çatak çayında doğal olarak yetişen Kıymızı Benekli Alabalık (Dağalısı (*Salmo trutta macrostigma*)) ve Gökkuşığı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) ile çiftliklerde yetiştirilen Kıymızı Benekli Alabalık (Dağalısı (*Salmo trutta macrostigma*)) ve Gökkuşığı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır. Bu bakıların kalp, kas, karaciğer, böbrek, solungaç, gonad, beyin ve bağırsak dokuları ayrılarak eser element ve ağır metal düzeylerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Türkiye'de ve Bölgemizde Su Ürünleri

Alabalıklar doğada temiz, berrak, soğuk, oksijen açısından bol olan göllerde ve kaynak sularında yaşarlar. Yetiştiriciliğe kolay alışabilme özelliği alabalıkların ülkemizde başarılı üretimine olanak tanımıştır. Dünyada yetiştiriciliği yapılan alabalık türleri Avrupa ve Amerika kökenlidir. Ülkemizde bulunan Gökkuşığı alabalığı da

Amerika'dan getirilmiştir. Bu balıkların Amerika'dan ülkemize getirilme amacı ise onları suni göllerde yetiştirmektir. Bu düşüncenin ülkemizde güzel bir şekilde uygulanmış olduğunu vatanımızın her yerinde bulunan çiftliklerden anlayabiliyoruz. Yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan alabalık türleri; kaynak alabalığı, alp alası, dere alabalığı, dağalası göl alabalığı, deniz alabalığı ve gökkuşuğu alabalığıdır (Güner, 2003).

Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği besin kaynağı olması ile kıyı bölgelerimizde temel geçim kaynaklarından biri olmasından dolayı yüksek öneme sahip bir sektördür. Aynı zamanda günümüzde iç sularda yetiştiricilik her geçen gün artarak daha da önem kazanmaktadır. Protein kaynağı açısından önemli bir yere sahip olan su ürünleri ülkemizde hayvansal protein açığını kapatmada önemli bir yer teşkil etmektedir. Ülkemizde bulunan çok sayıda doğal kaynaklar ve ekonomik yaşamdaki gelişmeler su ürünleri sektörünün ilerlemesinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de alabalık yetiştiriciliği 1969-1970'li yıllara dayanmaktadır (Emre ve Kürüm, 1998). Türkiye'deki istatistik verilere göre su ürünleri yetiştiriciliğinin % 75.53'ünü alabalık işletmeleri oluşturmaktadır. Bu anlamda, alabalık üretim tesisleri, ülkemizde yetiştiriciliğin temelini oluşturmaktadır (Atay ve Korkmaz, 2001). Van'da elverişli suyu, havası ve doğal yapısı nedeniyle alabalık üretiminde dünyanın sayılı illeri arasına girebilecek kapasitededir. Son yıllarda alabalık üretiminde Van ilinde ciddi bir hareketlilik gözlenmektedir. Özellikle Çatak ilçesi ve civarında bulunan tatlı sularda birçok alabalık üretme ve yetiştirme tesisi kurulmuştur (Tarhan ve Harmancı, 2013).

Çatak ilçesinin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. İlçede bulunan Trişin Yaylası'nda tespit edilen kaya resimlerinde bölgenin Neolitik Çağın'dan, ilk Tunç Çağı'na değin yerleşim yeri olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bir kolu Van - Gürpınar ilçesi Norduz köyünden doğan, bir kolu ilçeye bağlı Elmacı mezasından kaynağını alan ve başka birçok küçük dereден beslenen Çatak Çayı, bu haliyle Botan Çayı'na karışmaktadır (Anonim, 1998).

1.2. Alabalıkların Sınıflandırılması

Yaşam ortamı bakımından berrak, temiz, serin ve oksijen yönünden zengin suları tercih eden alabalık halkımız tarafından özellikle etinin lezzetli oluşuyla anımsanan balıklar arasında bulunmaktadır. Alabalık türleri sistematikte Salmonidae

familyasında yer alırlar. Morfolojik bakımdan yağ yüzgeci ile karakterizedirler. Salmonidae familyasında ekonomik yetiştiricilik ve doğal suların balıklandırılması için önem arz eden çeşitli alabalıklar üç cinsin türleridir.

Bu cinsler:

a- *Salmo*

b- *Salvelinus*

c- *Oncorhynchus*

Dünya genelinde en çok tanınan alabalık türleri aşağıda gösterilmiştir (Bruno ve Poppe 1996).

- *Salmo salar Linnaeus* (Atlantik Salmonu)
- *Salmo trutta f.trutta Linnaeus* (Deniz alabalığı)
- *Salmo trutta f.fario Linnaeus* (Dere alabalığı)
- *Oncorhynchus mykiss Walbaum* (Gökkuşığı alabalığı)
- *Salvelinus fontinalis Mitchill* (Kaynak alabalığı)
- *Salvelinus alpinus Linnaeus* (Alp alabalığı)
- *Salhvelinus namaycush Walbaum* (Göl alabalığı)

Ülkemizin yerel alabalık alt türleri ise şöyle sıralanabilir (Çelikkale 1994).

- *Salmo trutta macrostigma Dumeril* (Anadolu Dağ alabalığı)
- *Salmo trutta abanticus Tortonese* (Abant alabalığı)
- *Salmo trutta caspius Kessler* (Aras alabalığı)
- *Salmo trutta labrax Pallas* (Karadeniz alabalığı)
- *Salmo trutta f.lacustris Linnaeus* (Göl alabalığı)
- *Oncorhynchus mykiss Walbaum* (Gökkuşığı alabalığı)

Yukarıda belirtilen alabalık türleri içerisinde yetiştiriciliği en yaygın olanı Kuzey Amerika kökenli Gökkuşığı alabalığı olmuştur. Gökkuşığı alabalığı ile Kaynak alabalığı hemen hemen aynı yıllarda yaklaşık 120 yıl önce Kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilmelerine karşın kültür koşullarına uygun niteliklerinden dolayı Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği hızlı bir artış göstermiş ve günümüzde bir endüstri haline gelmiştir. Gökkuşığı alabalığının yetiştiriciliğe uygun özellikleri aşağıdaki başlıklar halinde belirtilebilir (Steffens, 1981).

- Gökkuşığı alabalığının çevre koşullarına çok iyi uyum göstermesi yanında özellikle yüksek sıcaklıklara oransal olarak dayanıklı olması,
- Aktif yem alması nedeniyle yemlenmesinin kolay olması ve yemi değerlendirmesinin daha iyi olması yönünden iyi bir büyüme göstermesi,
- Daha yüksek ilkbahar sıcaklığında dere alabalığı ve kaynak alabalığı gibi diğer alabalık türlerine göre daha kısa süreli kuluçka dönemine sahip olması.

Gökkuşığı alabalığının Türkiye’de yetiştiriciliği ise 1970’li yıllarda kamu ve özel girişimciler tarafından başlatılmıştır. Dünya genelindeki kültür balıkçılığının gelişimine paralel olarak ülkemizde de özellikle üstün yetiştirme avantajları nedeniyle Gökkuşığı alabalığı üretimi büyük aşamalar kat etmiştir. Önceleri küçük işletmeler tarafından gerçekleştirilen Gökkuşığı alabalığı üretimi, 1990’lı yıllardan itibaren entegre üretim tesislerine dönüşmüştür. Hatta günümüzde ülkemiz Gökkuşığı alabalığı üreticileri Avrupa’ya fûme halinde işlenmiş ürün ihraç eder duruma gelmiştir (Steffens, 1981).

1.3. Alabalıkların Genel Özellikleri

Atlantik salmon, pasifik salmon ve Gökkuşığı alabalığı genel olarak “salmonidler” ya da alabalıkgiller olarak isimlendirilmektedirler. Bu balıklar dünyada kültürü en fazla yapılan karnivor balıklardır. Salmon ve troutların (denizalası ve alabalık) bazı türleri çok geniş çevre şartlarında, örneğin 0 °C’den maksimum 28 °C’ye kadar olan su sıcaklıklarında yaşayabilmektedir. Su sıcaklığı 2-15 °C’de yumurtlayabilmekte, 6-25 °C’lerde ise başarılı bir şekilde gelişmektedirler. Alabalık, aslında tek bir tür olmayıp birçok türün bireylerine topluca verilen isimdir. Gökkuşığı alabalığı salmonidae familyasında *Oncorhynchus mykiss* olarak bilinir ve pasifik salmon cinsine tabidir. Bu familyada Atlantik salmon (*Salmo salar*), Dağalısı (*Salmo trutta macrostigma*), alp alaları (*Salvelinus* spp), buzul alası (*S. alpinus*), buzul tymalusu (*Thymallus arcticus*) ve beyaz balıklar (*Coregonus* sp.) da bulunmaktadır.

Gökkuşığı alabalıkları genellikle tatlı sularda yaşamakta iken pek çok türü post juvenil dönemlerinde tuzluluk derecesi azar azar arttırıldığında denizdeki hayata adapte olmuştur (75-100 g). Bu da kültürü yapılan diğer alabalıklarla karşılaştırıldığında Gökkuşığı alabalığının üstün yönüdür. Gökkuşığı alabalığı dünyada yüzlerce yıldır kültürü yapılan en yaygın alabalıktır. Çok geniş sıcaklık derecelerini tolere etmektedir.

Su kalitesi bakımından yüksek derecede oksijenli su ister ve en iyi 13-18 °C'ler arasında büyür. Gıda olarak oldukça kalitelidir, eti diyetlerine bağlı olarak kırmızı (pigmentli) veya beyaz (pigmentsiz) olabilir (Şekil 1.1) (Çetinkaya, 1996).



Şekil 1.1. Gökkuşaağı alabalığı salmonidae familyasından *Oncorhynchus mykiss*.

Gökkuşaağı alabalıkları göllerde, nehirlerde ve derelerde yaşamaktadırlar. Alabalıklar üreme döneminde yumurtaları akarsu yatağının beş on santim altına, çakılların arasına yarı gömülü vaziyette bırakır. Kuluçka sürecinde larva (alevin) ve yavru (Fry) dönemlerinde midelerinde protein depolanan keseler tükeninceye kadar çakıllar arasındaki boşluklardan çıkmazlar. Taki midelerinde protein depolanan keseler tükenince çakıllar arasından çıkıp gerçek dünyada önce zooplanktonları, sonra da balıklar yetişkin hale geldiklerinde böcekleri, kabukluları ve diğer balıkları yem olarak tüketmektedirler. Yumurtlamaları, bulunduğu yetiştirme suyu sıcaklık şartlarına bağlı olarak geniş bir zamana yayılsa da genellikle suyun sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bir balık her seferinde yaklaşık 10.000 civarında yumurta bırakabilir. Bu yumurtalar erkek balık tarafından döllandikten sonra çukur hafif olarak çakıllarla örtülür. Üreme periyotları Eylül ve Ekim ayında başlayıp, Aralık ve Ocak ayına kadar devam etmektedir (Slastenenko, 1955). Çatak çayında, 4 yaşındaki fertlerin % 50'den fazlasının cinsel olgunluğa ulaştığı belirlenmiş, 2 ve 3 yaşındaki balıklarda da cinsel olgunluğa ulaşan fertler görülmüştür (Çetinkaya, 1996).

Yumurtaların gelişmeleri ve açılmaları için gerekli süre çevre suyu sıcaklığıyla doğrudan ilişkilidir. Gökkuşaağı alabalık yumurtaları 4-5 °C'de 80 günde; 10 °C'de 31 günde ve 15 °C'de ise sadece 19 günde açılmaktadırlar (Leitritz ve Lewis, 1980).

Gökkuşığı alabalığının büyüme oranları su sıcaklığına ve ortamdaki besinin varlığına bağlı olarak değişmektedir. Yabani olanları genellikle 3-4 yaşlarında cinsel olgunluğa ulaşmaktadır. Yumurtlamada en fazla ilk kez yumurtlayan balıklar görülmektedir. Yalnızca dişilerin çok az bir kısmı yeniden yumurtlamak için hayatta kalmayı başarabilmektedirler. Gökkuşığı alabalıklarında büyümesi ve maturasyonu oldukça belirsizdir, belli bir verim oranı ya da yaşı yoktur. Büyüme ve olgunlaşma çevre şartları tarafından etkilenmekte, soğuk bölgelerdeki sulara yaşayan balıklar sıcak bölgelerdeki durgun sulardaki balıklardan daha uzun yaşamaktadırlar (Şekil 1.1) (Yanık, 2009).

Dere alabalıkları (Dağalısı (*Salmo trutta macrostigma*) hayatlarının tüm evrelerinde tatlı sularda yaşadıkları için “Hakiki Alabalık” lar olarak da bilinirler. Diğer akrabalarına göre daha soğuk suda yaşarlar. Genelde derelerde yaşar ve göç etmezler. Adaptasyon yeteneği zayıf, fabrika yemlerine alışmaları zor ve kuluçka randımanlarının düşük olmasından dolayı yetiştiricilikte pek tercih edilen tür değildir. Bu balıklar linea lateraliste 110-120 pula sahiptirler. Vücudu torpil şeklindedir ve yan taraftan biraz basıktır. Yaşadığı ortama göre rengi değişkenlik gösterir. Vücudun yan tarafında açık renkte olup kırmızı, siyah ve sarımtırak benekler bulunur. Kırmızı benekli alabalıklar dere sularında hızlı hareket ederler. Avlandıklarında su bitkileri arasında saklanır ve aniden avlarına saldırırlar. Ağızlarında alt ve üst çenede koni şeklinde sivri dişler vardır. Yetiştiricilik teknikleri gökkuşığı alabalığının yetiştiricilik teknikleri ile aynıdır. Ortalama 15-16 ayda pazar boyuna ulaşmaktadırlar. Yetiştiricilikte karşılaşılan en büyük sıkıntı keseli dönemden sonraki dönemde yeme alışma sorunudur (Şekil 1.2.) (Boylu, 2014).



Şekil 1.2. Dağ alabalığı (Kırmızı Benekli alabalık) *Salmo trutta macrostigma*.

1.4. Eser Elementler ve Ağır Metaller

Eser elementler, organizmada pek çok önemli olayda katalitik, enzimatik ve yapısal faaliyetlere katılan, besin ve su ile dışarıdan alınması gereken anorganik maddelerdir. Organizmaya giren eser elementler çeşitli kan proteinlerine bağlanarak bütün dokulara dağılır. Vücutta çok düşük miktarlarda bulunmalarına rağmen organizma için son derece önemli işlevleri olan elementlerdir. Bu elementlerin yeteri kadar alınmayışı, hücresel yapıyı ve fizyolojik fonksiyonları bozabildiği gibi sık sık hastalığa da neden olabilir.

Eser elementlerden herhangi birinin vücutta tamamen yok olması ölüme dahi neden olabilmektedir (Kanışkan ve ark., 1996). İnsanlar için gerekli olan eser element miktarı 50 µg/gün–18 mg/gün arasında değişmektedir (Mertz, 1981). Belli miktarlardan fazla alınan eser elementler farmakolojik olarak etki yapabilirler ve şayet çok miktarda alınmaya devam edilirse bunların etkileri toksik hale gelebilir. Eser elementler biyolojik aktivatör veya inhibitör sistemleri etkiler. Protein ve diğer elementlerle birlikte bağlanma bölgeleri için yarışarak, membran geçirgenliğini etkileyebilir veya diğer mekanizmalar yoluyla biyolojik sistemlerde rol oynar (Cavallo ve ark., 1991).

Ağır metallerin toksik ve kanserojen etkileri olduğu gibi, canlı organizmalarda birikme eğilimi de söz konusu olabilir (Köse, 2007). Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir. Bozulmaz ve yok edilemezler. Küçük bir miktara kadar vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. Turkish Food Codex (TFC, 2011) ve European Communities Commission Regulation (EC, 2006) balık dokusunda olabilecek maksimum Pb ve Cd düzeyi 0.3-0,05 (mg/kg wet weight) olarak belirlenmiştir. İz elementler gibi bazı ağır metaller (örneğin bakır, çinko) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidirler. Vücutta doğal olarak bulunan bazı metallerin sağlığımıza yararları vardır. Metallerin normal olarak vücutta bulunma oranı çok düşüktür. Bu oran yükseldiği takdirde, vücutta toksik etki yapmaya başlarlar. Endüstriyel ürünlerin üretiminde ağır metallerin yoğun bir biçimde kullanılması nedeniyle, insanların ağır metallere maruz kalma oranı, son 50 yılda çok ciddi bir şekilde artmıştır (Radjaei, 2006).

1.4.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada başlıca sülfür tuzu halinde bulunur. Sulara genellikle endüstri atıklarından karışır. Ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu baca gazları ve katı partiküller içinde çevreye önemli ölçüde kadmiyum yayılır. Sigara dumanı da yüksek düzeyde kadmiyum içerir. Tütün dumanı kadmiyumu akciğerlere taşır. Kan da vücudun diğer kısımlarına taşır. Vücudun bu kısımlarında toksik etkiye neden olabilir. İnsanlar kadmiyumu soluduklarında, kadmiyum ciddi olarak akciğerlere zarar verebilir. Hatta bu ölüme bile neden olabilir (Anonim, 2009). Vücuda değişik yollarla giren kadmiyum hemen hemen tüm dokularda birikir. En çok biriktiği organlar karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve testislerdir. Kadmiyumun birçok organda tümör oluşturduğu deneysel olarak kaydedilmiştir (Waalkes ve ark., 1999).

1.4.2. Kurşun (Pb)

Kurşun, yer kabuğunda esas olarak sülfür mineralleri (özellikle PbS) şeklinde bulunur. Bunun yanı sıra birçok kayaç oluşturan mineralin yapısında (magmatik kökenli potasyum ve kalsiyum minerallerinde) yer alır. Bozunma ürünleri olarak sülfat, karbonat, fosfat, kromat vanadat bileşikleri şeklinde sedimanter kayaçlarda ve toprakta bulunur (Goldscmidt, 1958). Doğal ve kirlenmiş sulardaki kurşun kayaçlardan, topraktan ve esas olarak insan aktivitelerinden kaynaklanır. Kurşunlu yakıtların kullanımı, kurşun cevherinin işlenmesi sırasında atmosfere ve sulara bir miktar kurşun yayılır. Bunun yanı sıra metalik kurşun ve bileşikleri akümülatör, boru, metal yağları, boya, fotoğraf malzemesi, patlayıcı üretiminde ve matbaacılıkta kullanılmaktadır (Mc Neely ve ark., 1979). Asidik özellikteki veya tampon özelliği düşük olan sular, su dağıtım şebekelerindeki kurşun borulardan önemli miktarda kurşun çözebilmektedirler. Kurşunun organik ve inorganik sedimanların yüzeyine adsorblanması ve mangan oksitlerle birlikte çökmesi, yeraltı ve yüzey sularında düşük derişimler de bulunmasına neden olur (Hem, 1985). Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır. Çoğu akarsu ve gölde derişim 0,001-0.010 mg/L arasında değişir. Endüstriyel kaynaklı kirlenmeye bağlı olarak daha yüksek değerler de görülebilir. Solunum yoluyla havadan da bir miktar kurşun alınmaktadır. İnsan vücuduna alınan kurşunun bir kısmı

vücutta absorblanmaktadır. Yetişkinlerde suyla alınan kurşunun ortalama % 10'u absorblanır. İnsan vücudu tarafından absorblanan kurşun kana geçerek yumuşak dokulara ve kemiklere dağılır. Kurşun kemiklerde zamanla birikir. Vücutta taşınan kurşunun % 90'ı kemiklerde bulunur (WHO, 1984). Kurşunun balıklar üzerindeki zehirli etkisi, sertlik ve çözülmüş oksijen miktarının artışı ile azalır. Tatlı sulardaki sucul hayatın korunması için kurşunun sınır miktarı 0,03 mg/L olarak kabul edilmiştir (Mc Neely ve ark., 1979).

1.4.3. Krom (Cr)

Krom, yer kabuğunda ve denizde var olan en yaygın elementlerden birisidir. Krom, vücuttaki şeker düzeyinin normal değerinde tutulmasına yardımcı olmaktadır. Krom eksikliği vakalarında şeker hastalığına benzer belirtilerin gözlenmesinin nedeni budur. Bira mayası, tahıllar ve karaciğer zengin krom kaynaklarıdır (Kanişkan ve ark., 1996). Fazla miktarda kroma maruz kalınmasının sağlık açısından sakıncaları bulunmaktadır. Bunların başında alerjik dermatitis ve kanser gelmektedir (Anonim, 2009; Davidson ve ark., 2004; Smith ve Steinmaus, 2009). Balık kas dokusunda bulunması gereken maksimum krom miktarı 8 mg/kg'dır (Tüzen, 2009). Ysart ve arkadaşlarına (2000) göre yetişkin insanlar için tolere edilebilen günlük krom alım miktarı 60000 µg/gündür.

1.4.4. Demir (Fe)

Demir insan vücudu için gerekli bir elementtir. Demir, hücrel oksidatif mekanizmalar ve dokulara oksijen taşınması gibi yaşamsal önemi olan birçok olayda yer almaktadır. Birçok enzim ve koenzim molekülünde demir, bir bileşen veya kofaktör olarak görev yapmaktadır. Dünyada milyonlarca kişinin yaşam kalitesini ve iş gücünü etkileyen demir eksikliği, insanlarda en yaygın görülen hastalıklardan biridir

. Vücudun çeşitli dokularında fazla miktarda demir birikmesi, karaciğer sirozu, pankreas bozuklukları ve bazı hormonal bozuklukları ortaya çıkarmaktadır. Yüksek düzeyde alınan demirin tümör oluşumuna neden olduğu da kaydedilmiştir (Aksoy, 2011).

1.4.5. Manganez (Mn)

Bu element çeşitli enzimlerin görevlerini yapabilmeleri için vücutta gereklidir. Manganez hücrede enerjinin üretildiği mitokondri bölgesinde yüksek derişimlerde bulunur. Manganezden mahrum bir organizmada mitokondri yapısında anormallikler kendini gösterir. Manganez aynı zamanda tiroidin normal çalışmasının sağlanmasında ve kırık ile kemik gelişiminde de önem taşır. Bu elementin bir başka işlevi de, beyin ve sinir sisteminin normal çalışmasının sağlanmasıdır. Gerçekten de epilepsi (sara) gibi hastalıklardan şikâyetçi çocukların neredeyse üçte birinde, kandaki manganez düzeyi düşük bulunmaktadır. Yüksek düzeydeki manganez de vücut için tehlike oluşturur. Manganez elementiyle fazlaca teması olan kitlelerde, örneğin madencilerde, baş ağrıları, psikozlu davranışlar ve uyuşukluk vakaları yaygındır (Kanişkan ve ark., 1996). Manganez için önerilen güvenli ve yeterli alım miktarı 2.5-5 mg/gündür (Patterson ve ark., 1984).

1.4.6. Kobalt (Co)

Doğada mineral olarak her yerde bulunur, ancak insanlar genellikle B12 kaynaklarıyla beraber alırlar. Bundan dolayı da en iyi kaynakların hayvansal yiyecekler olduğu söylenebilir (Aksoy, 2011). Kobaltda vücudumuzda yer alan eser elementlerden biridir. Bu element kandaki eritrositlerin oluşumunda gerekli B12 vitamininin bir parçasını oluşturur. Bu nedenle vücuttaki kobalt eksikliği, eritrosit oluşumunu engellediğinden, "pernisyöz anemi" adı verilen ağır bir kansızlık durumu oluşur ve hastaların bitkin düşmesi ile genel zafiyet kendini gösterir (Kanişkan ve ark., 1996). Kobalt için önerilen günlük alım miktarı düzenlenmemiştir; ancak B12 vitamini için yetişkinlerde önerilen günlük alım miktarı 1.5 µg/gün olup bu değer 0.006 µg kobalta eşdeğerdir (COMA, 1991).

1.4.7. Nikel (Ni)

Nikel, yer kabuğunda doğal olarak bulunan metalik bir elementtir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı modern endüstride geniş ölçüde kullanılır. İnsanların

nikelle maruz kalması solunum ve sindirim yoluyla olmaktadır. Kontakt dermatitis yapısındaki nikel alerjisi en yaygın olan ve en iyi bilinen reaksiyondur. Kronik olarak nikel maruz kalınması akciğer, kalp-damar, böbrek rahatsızlıklarına ve kansere neden olur (Denkhaus ve Salnikow, 2002). Nikel, demirin vücut tarafından emiliminde çok önemli bir rol üstlenmektedir. Böylece aneminin önlenmesine katkı sağlamaktadır. Nikel nükleik asitlerin yapısında da bulunur ve glikozun yıkımına yardım eder. Dünya Sağlık Örgütü (1993), tolere edilebilen günlük nikel alım miktarını 5 µg/kg vücut ağırlığı (60 kg ağırlığındaki bir insan için 0.3 mg/gün'e eşdeğer) olarak açıklamıştır.

1.4.8. Bakır (Cu)

Bakırın vücuttaki rolü 19. yüzyıldan beri bilinmektedir. Bakırın vücudumuzdaki miktarı çok düşük de olsa, bu değer normal vücut işlevleri için son derece önemlidir. Organizma için bakır birçok sebepten dolayı gereklidir. Öncelikle bu element birçok önemli enzimin bileşimine girer. Bu sayede kanın, damarların, kırıların ve kemiklerin yapımında görev alır. Bakırdan yoksun bir beslenme, zayıflık ve kan damarları ile kemiklerde narinliğe yol açar. Bundan başka, sinirleri saran koruyucu kılıfın oluşumu da vücuttaki bakır miktarına bağlıdır. Bakır eksikliği halinde, sinir sisteminde sinir impulslarının gereği şekilde iletilmemesine yol açan bozukluklar ortaya çıkar. Öte yandan, bakır elementi vücudumuzu güneşin zarar verici morötesi ışınlarından korur. Çünkü rengini koyulaştırarak deriyi mor ötesi ışınlardan koruyan melanin pigmentinin oluşmasını sağlayan enzimin, bir parçasını da bakır elementi oluşturur. Daha önce de belirtildiği gibi bakırın hemoglobinin oluşumunda önemli bir rolü vardır. Ayrıca, yiyeceklerin lezzetini algılayabilmemiz de vücuttaki bakır varlığına bağlıdır. Bakır elementi pek çok enzimin bir parçası olduğundan, bu elementten yoksunluk ciddi hastalıklara yol açabilmektedir. Aynı şekilde gereğinden yüksek düzeylerde bakır da zehirleyici etki göstermektedir. Bu olgu halk dilinde "bakır çalığı" adı ile bilinir (Kanişkan ve ark., 1996). Bakırın insanın tolerans limitlerinden fazla alınması durumunda hemoliz, sarılık ve hatta ölüm gibi etkiler görülebilir (Chen ve ark., 2006). Bakır için önerilen maksimum tolere edilebilen günlük alım miktarı

0.5 mg/kg vücut ağırlığıdır; yani 60 kg ağırlığındaki bir yetişkin için 30 mg/gündür (Dünya Sağlık Örgütü, 1982a). FAO (1983) tarafından balıklarda önerilen limit bakır değeri 10 mg Cu/kg'dır.

1.4.9. Çinko (Zn)

Periyodik tabloya bakıldığında çinko, iki toksik metal olan kadmiyum ve civa ile birlikte IIB grubunda bulunmaktadır. Ancak çinko insan için nispeten non-toksik olarak düşünülmektedir (Fosmire, 1990). Bununla birlikte, çok yüksek miktarlarda maruz kalırsa toksik etkilere neden olabilmektedir (Plum ve ark., 2010). Vücut gelişimi için son derece önem taşıyan bir eser element olan çinko, özellikle cenin aşamasındaki gelişimde ve küçük çocukların beslenmesinde oynadığı rol ile göze çarpar. Çünkü bu element hücredeki genetik madde olan DNA'nın oluşumu için gereklidir. Bu nedenle de cenindeki çinko eksikliği büyümenin gecikmesine, vücutta bozuk oluşumlara ve kromozomlarda anormalliklere yol açar. Doğumdan sonraki çinko eksikliği ise cüceliğe, cinsel gelişimde gecikmeye, saç dökülmesine ve deri problemlerine neden olur. Anne sütü, kandan neredeyse on kat fazla derişimde çinko içerir. Ayrıca bu çinko bebeğin gereksinimleri için en uygun kimyasal şekilde bulunur. Bu da anne sütünün önemini ayrıca gözler önüne sermektedir (Kanışkan ve ark., 1996). Dünya Sağlık Örgütü (1982b) tarafından önerilen maksimum tolere edilebilen günlük alım miktarı 60 mg/gündür.

1.4.10. Selenyum (Se)

Bu eser element çok düşük miktarlarda çok yararlı bir madde iken, yüksek miktarlarda olduğunda ise çok zehirlidir. Eser miktarlarda iken temel bir besin olan selenyum, glutatyon peroksidaz enziminin yapısına girmekte, bu enzim ise hücrelerde hidrojen peroksit ve organik peroksitlerin birikmesini engelleyerek kanser oluşumuna karşı vücudu korumaktadır. Vücutta gereğinden fazla selenyum bulunduğu, birçok hücre bileşğinde bu element kükürt ile yer değiştirmektedir. Oluşan bu selenyum bileşikler daha reaktif olduğundan, hücrenin normal işlevlerine engel olmaktadır. Selenyumun zehirleyici etkilerini yüksek kobalt derişimleri

artırabilmekte ve kalp ile karaciğerde büyümeye yol açmaktadır (Kanişkan ve ark., 1996). Selenyumun aşırı miktarı pro-oxidant olarak bulunur. Ayrıca doz ve alım süresine bağlı olarak tüm hayvan türleri ve insanda toksik olabilir (Mudgal ve ark., 2010). Yetişkinler için tüm kaynaklardan maruz kalınacak maksimum güvenli selenyum seviyesi (tolere edilebilen günlük alım miktarı) 0.45 mg/gündür (İngiliz Sağlık Departmanı, 1991). Viñas ve arkadaşlarına (2000) göre gıdalardaki 2-8 mg/kg aralığındaki selenyum iyon konsantrasyonu zararlıdır.

1.4.11.Baryum (Ba)

“Baryum” kelimesi, Yunanca “ağır” anlamına gelen “barys” sözcüğünden türetilmiştir. İngilizceye, “ağırlık” ve yoğunluk” anlamındaki “barite” sözcüğünden “barium” olarak geçmiştir. Baryum, yer kabuğunda bol bulunan ağır elementlerdendir. Röntgen uygulamalarında baryum içeren solüsyon ve ilaçlar kullanılır. Bu sebeple özellikle sindirim sistemi sorunları için röntgen çektirenlere baryumlu solüsyon ve ilaçlar içirilir. Havai fişeklerden okullardaki deneylere kadar çok geniş bir alanda kullanılır. Baryum mineralinin ışıktaki parlama özelliği vardır. Suda çözünen bileşikleri oldukça zehirli ve tehlikelidir. Dünyadaki en yaşlı baryum oluşumları Türkiye’de bulunmaktadır. Türkiye’de de bol bulunan baryum, olağandışı bazı özellikler de içerir. Baryum, oldukça yüksek aktifliği olan bir elementtir. Yüksek reaktivitesi sebebiyle element halinde bulunmaz. En çok baryum sülfat minerali barit mineralinde oluşumları vardır. Barit, metalik olmayan minerallerin en ağırıdır. Mineralleri, genellikle sıcak su çıkan bölgelerde yoğun olarak görülür. Deniz yosunları, balıklar, bazı bitkiler, toprak ve bazı besinler de baryum içerir. Baryum sülfat; gama ve x ışını yayma özelliğine (radyopak) sahiptir ve tıp sektöründe röntgen uygulamaları, kanser teşhisleri için kullanılır. Röntgen ışınlarını geçirmediği için iç organların röntgen filmleri çekilmeden önce içirilen solüsyonlarda kullanılır. Ayrıca; kâğıt kaplamaları, batarya ve piller, plastik ürünler ve tekstil ürünlerinde de kullanılan bir bileşiktir. Yağlı boya üretiminde beyazlatıcı pigment ve inceltici olarak kullanılmaktadır. Baryum ayrıca, kimyasal özellikleri bakımından benzerlik gösteren radyum için taşıyıcı faz görevi görür.

Baryum bileşikleri insan ve hayvanlar için tehlikelidir. Suda çözünerek vücuttaki zararlı bileşikler oluşturabilir. Felce ve ölüme yol açabilir. Baryumun yutulması halinde

ortaya çıkabilecek bazı olumsuz etkiler şunlardır; beyin, karaciğer, böbrek ve kalp hasarı ve şişmesi, sinir reflekslerini azaltır, solunum güçlüğü ortaya çıkarır, yüksek tansiyon, kalp ritim bozuklukları, kas zayıflığı, mide tahrişleri ve reflü, iltihaplar, tümörler, kabızlık, yutma zorluğu gibi (ATSDR, 2005; HSDB. 2007).

1.4.12. Titanyum (Ti)

Titanyum ilk olarak maden bilimci ve kimyacı olan William Gregor tarafından 1791 yılında keşfedilmiştir. Dört yıl sonra, Martin Klaproth, Yunan çocuk mitolojisindeki Titans'ların hikayesine dayanarak bulunan bu elemente Titanyum adını vermiştir. Titanyum oksitten titanyum metalini elde etmek için yüz yıldan daha fazla bir süre gerekmiştir (Leyens ve Peters, 2003). Titanyum dioksit E171 koduyla kullanılan bir gıda katkı maddesidir. Bu madde gıdalarda nem tutucu olarak ve renklendirici olarak kullanılmaktadır. Beyaz un, sofr tuzu, şeker, sakız, diş macunu, sabun, deterjanlar, kimyasal ilaçlar, vitamin hapları, şekerleme, karbonat, kabartma tozu gibi ürünlerde titanyum dioksit kullanılmaktadır. Işığı yansıtıcılık, beyazlık ve kapatıcılık gibi özelliklere sahip olmasından boya sanayinde ve beyazlaştırıcı, kalınlaştırıcı, güneş ışığını kesme özelliğine sahip kozmetiklerde kullanılmaktadırlar.

Titanyum dioksit nanoteknolojide kullanılan üç ana maddeden bir tanesidir. Nanoteknolojik boyalarda ve bütün tıbbi ilaçlarda renklendirici ve koruyucu madde olarak titanyum dioksit kullanılmaktadır. Titanyum dioksit kimyasal kalıcı bir maddedir ve vücut tarafında asla parçalanmamaktadır. Titanyum dioksit nano kristalleri fotokataliz özellik göstermektedir. Fotokataliz ışık ile bazı reaksiyonların oluşmasını sağlayan maddedir. Yani vücutta temas ettiği organik parçacıkları yok ederek çalışmaktadır. Titanyum dioksit havada, suda ve çeşitli yüzeylerde organik maddeleri parçalayarak su ve karbondioksit oluşturur. Kendini temizleyen boyalar ve kumaşlarda bu maddeden yapılmaktadır. Kumaşın veya boyanın yüzeyi titanyum dioksit kristalleriyle kaplanmaktadır böylece buralara temas eden organik maddeler parçalanarak leke temizlenmektedir.

Titanyum dioksit vücut tarafında tanınmayan ve vücut tarafından kullanılmayan kimyasal bir maddedir. Bu sebepten bu madde vücutta depolanmaktadır. Depolanan bu madde organik parçacıkları yok etme özelliğine sahiptir. Kuvvetli nem tutucu

olduğundan vücudun su dengesini bozmaktadırlar. Bu madde DNA'da hem tek iplikte hem de çift iplikte tahribatlara neden olmaktadır. Böylece kromozomlara zarar vererek gen yapısını bozmaktadır. Yapılan bir deneyde farelerin suyuna titanyum dioksit parçacıkları konuldu ve beş günün sonunda farelerin gen yapısında bozulmaların olduğu tespit edilmiştir (Kılıç ve Ragab, 1998). Fareler uygulanan bu deney insan hayatına çevrilirse farelerde ki beş günlük zaman insanlarda 1.6 yıla tekabül etmektedir. Yani 1.6 yıl sonunda insanlarda da benzer durumlar görülebilecektir. Titanyum dioksit vücuda bir kez alındığında vücut tarafından parçalanmadığından vücudun farklı organlarında birikmektedir ve boyutları çok küçük olduğundan vücut içinde kolaylıkla gezebilmektedir. Hücrelerin içinde kolayca nüfuz edebilen bu yapı hücre içerisinde her tarafa saldıran bir kimyasal yapıdır. Bu durumda kansere yol açmaktadır (Leyens ve Peters, 2003).

1.4.13. Arsenik (As)

Eser element olduğu hakkındaki ilk bilgiler 1975 yılında yayınlanmıştır. Bağırsaktan emilimi, oluşturduğu bileşiklerin çözünürlüğüne bağlı olup, basit diffüzyon ana mekanizmasıdır. Kanda hem inorganik (proteine bağlı) hem de metile formda (atılımı için bu formda olması gerekir) bulunur. Arsenat metile edilmeden önce arsenite redükte edilir. Metilasyon S-adenosilmetiyonin aracılığı ile karaciğerde gerçekleşir. Atılımın ana yolu idrar olup az miktarda arsenik ter, saç, deri ve safra yolu ile atılır.

Arsenik alımı az ise dokularda belirgin bir birikim olmaz. Normal insanda en çok deri, saç ve tırnak da bulunur. Eser element olduğu bilinmesine rağmen vücuttaki işlevi kesin olarak tespit edilememiştir. Hayvan deneyleri sonucu metile formunun işlevsel önemi olabileceği ve koline benzerliği nedeniyle fosfolipid metabolizması üzerinde etkileri olduğu düşünülmektedir (RDA, 1989).

Arsenik eksikliği hayvanlarda çalışılmış olup, büyüme geriliği, infertilite ve artmış perinatal mortalite ile karakterizedir. Mikroskopik düzeyde en büyük hasar mitokondrilerde gerçekleşir ve ileri aşamalarda mitokondriler parçalanır.

Arsenik gereksinimi hesapları için sadece hayvan deneylerine dayanılır. İnsanda tahmini gereksinim günde 2000 kcal alan bir kişi için 12-15 µg/gündür. Normal diyetle alınan arsenik miktarı ise günlük 12-40 µg dır (RDA, 1989).

Diyetle alınan organik arsenik toksik değildir. İnorganik arsenikin toksik miktarları miligramlar ile ölçülür. Toksikite semptomları; hiperpigmentasyon, hiperkeratoz, deskuamasyon, saç kaybı, hemapoetik baskılanma, portal siroz, periferel nörit ve kilo kaybıdır (Brown, 1990).

1.4.14. Bor (B)

Bitkilerde 1910, hayvanlarda 1923'den bu yana eser element olarak bilinen boron 1981'den itibaren insanlar için de eser element olarak kabul edilmiştir. İnsanda makromineral metabolizmasını düzenlemesi açısından önemlidir.

Borun emilimi ve taşınması hakkında bilgiler çok azdır. Fakat yemekte bulunan bor, sodyum-borat ve borik asit bağırsaktan hızla emilmekte ve idrar ile atılmaktadır. İnsanda ve hayvanlarda steroid hormon metabolizmasını ve hücre membran düzeyinde makro mineral metabolizmasını etkilemektedir. Eksikliğinde en belirgin bulgu büyüme geriliğidir (Brown, 1990).

İnsanda önerilen bir doz saptanmamış olmakla beraber 1 mg/gün civarında olduğu düşünülmektedir. Normal diyetle alınan miktar 0.5-3.1 mg/gün arasındadır.

Toksisitesinde bulantı, kusma, ishal, dermatit ve letarji görülür (RDA, 1989).

1.4.15. Molibden (Mo)

Molibden, genellikle bitkisel besinlerle alınır. Molibden metabolizmada molibdat (MoO_4^{2-}) olarak ince bağırsaklardan emilir. Besinlerle alınan molibdenin % 25-80 arası bir oranı emilim geçirir. Molibden kanda eritrositler içerisinde taşınır. Molibden vücuda fazla alındığında karaciğer, kemikler ve böbreklerde birikime sebep olur. Kuru ağırlık olarak karaciğerde 3.2 ppm; kasta 0.14 ppm molibden bulunmaktadır.

Metabolizmada molibden bazı enzimlerin yapısına katılır. Ürik asit sentezindeki ksantin oksidaz, kükürt metabolizmasında sülfid oksidaz ve karaciğer detoksifikasyonu sistemlerindeki aldehit oksidaz molibdenli enzimlerdir. Besinlerle, bakırın veya sülfat yapılarının fazla alınması, molibden yetersizliğine veya artan gereksinime yol açar. Yine de, molibden yetersizliği üzerine olan araştırmalar henüz yeterli değildir. Araştırmalarda molibden yetersizliğinde; pürin metabolizmasının aksaması, antioksidan

korumanın azalması, sülfütlere duyarlılığın artması ve buna bağlı nörolojik bozuklukların ortaya çıkması ve kanser riskinin artması gibi durumların ortaya çıkması mümkündür. Molibden eksikliğine karşı metabolizmaya molibden takviyesi durumunda Bakır takviyesi de ihmal edilmemelidir. Çünkü molibden ile bakır arasında net bir bağıntı vardır. Buna göre, fazlaca molibdenin yol açtığı diyare, genellikle bakır sülfat tarafından durdurulur. Molibdenin yüksek miktarda alınımında toksik etki gösterebilir (Üstdal ve ark., 2003).

1.4.16. Sodyum (Na)

Ekstrasellüler sıvının temel katyonudur. Suda kolay çözünen sodyum tuzları halinde ekmek ve diğer tahıl ürünlerinde; havuç, karnıbahar, kereviz, ıspanak, fındık gibi bitkilerde; yumurta, deniz ürünleri, süt ve süt ürünleri gibi hayvansal besinlerde bol miktarda bulunmaktadır. Tuz alınmasında bir kısıtlama olmadığı takdirde, 2.4 gramlık günlük miktar vücut için yeterlidir. Normal bir günlük diyet yaklaşık 8-15 g (130-280 mmol) sodyum içerir. İnsanlar için en önemli sodyum kaynağı sofraya tuzu (NaCl)'dur (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

Besinle alınan sodyumun hemen tamamı ince bağırsaktan emilir, bağırsak hücrelerinin bazolateral membranında $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPaz}$ enzimi aracılığıyla üç Na^+ iyonu dolaşıma verilirken hücreye iki K^+ alınır. Vücudun gereksiniminden fazla sodyumun büyük kısmı idrar ve bir miktarı ter ile atılmaktadır (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

Hücre dışı sıvının temel katyonu olan sodyum, asit- baz dengesinde, $\text{Na}^+\text{-K}$ pompasının çalışmasında ve ozmotik basıncın düzenlenmesinde görev alır. Böylece su dengesini korur. Ayrıca kasların uyarılmasında ve membranların geçirgenliğinde görev alır. Aşırı tuzsuz beslenen kişilerde kas krampları görülmesi, sodyumun bu fonksiyonundan ileri gelmektedir. Klorür ve bikarbonat iyonları ile birlikte asit-baz dengesinin sürdürülmesine katkıda bulunur. Glikozun ve amino asitlerin hücreye transportunda ortamda sodyumun bulunması gerekmektedir. Erişkin bir insanın vücudunda yaklaşık 3700 mmol Na^+ bulunur. Vücutta sodyumun 1/3'ü kemik ve kıkırdaklarda bağlı halde bulunmakta ve sabit fraksiyonu oluşturmaktadır. Kalan 2/3 ü ise değişebilir (dinamik) sodyum havuzu olarak başlıca ekstrasel sıvıda bulunur.

Sodyumun serumdaki normal konsantrasyonu 135-145 mmol/L'dir (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

1.4.17. Potasyum (K)

İntrasellüler sıvıyı temel katyonudur. Sebzelerin hemen hepsinde organik tuzlar halinde (potasyum tartarat, potasyum sitrat gibi) potasyum bulunur. Patates lahanaya gibi sebzeler ve kayısı, üzüm, şeftali gibi meyveler potasyum bakımından zengindir. Sütte de çocuklara yetecek kadar potasyum vardır. Ayrıca dana tavuk ve sığır eti sığır karaciğeri bol miktarda potasyum içermektedir. Günlük potasyum gereksinimi 3.5 g (50-150 mmol) kadardır (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

Besinle alınan potasyum ince bağırsaktan kolayca emilerek plazmaya geçer. Dokulara giriş süresi ise dokuya göre değişmektedir. Toplam vücut potasyumu 300 mmol kadardır, bunun büyük kısmı hücre içinde bulunur. Özellikle iskelet ve kalp kası, sinir dokusu ve eritrositler potasyumdan zengindir. Eritrositlerin potasyum konsantrasyonu 100 mmol kadardır, diğer dokularda bu miktar 150 mmol kadar çıkabilir. Hücre dışı K^+ konsantrasyonları ise düşüktür. Serum potasyum düzeyleri 3.5-5.0 mmol/L'dir (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

Potasyum kas kasılmasında da etkilidir. Özellikle kalp kasında etki ederek kalbin ritmik çalışmasını sağlar. Asit baz dengesinde, ozmotik basıncın düzenlenmesinde, vücuttaki su miktarının kontrolünde görev alır. Birçok enzimin aktivatörüdür. Fosforilasyonlar gibi bazı metabolik reaksiyonlar için potasyumun varlığı önemli bir koşuldur. Hücre içi ve hücre dışı sıvılar arasındaki sodyum ve potasyumun dağılımı hücre membranına yerleşmiş olan Na^+-K^+ -ATPaz enzimi tarafından sağlanır. Bu enzim ATP hidrolizinden sağlanan enerjiyi kullanarak konsantrasyon gradyanına karşı 3 Na^+ iyonunu hücre dışında pompalarken 2 potasyum iyonunun hücre içine girmesini sağlar (Gürdöl ve Ademoğlu, 2010).

1.4.18. Kalsiyum (Ca)

Vücutta en çok bulunan beşinci element olan kalsiyum, iskelet sistemi başta olmak üzere yumuşak dokularda ve hücre sıvılarında bulunmaktadır. Erişkin iskeletinde

bulunan 1-1.2 kg kalsiyum yaklaşık olarak % 98 hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) kristalleri şeklindedir. Plazma kalsiyumun yaklaşık olarak % 50 kadarı serbest halde, % 40 kadarı proteine bağlı kalmakta ve % 10 kadarı ise bikarbonat, laktat, fosfat ve sitrat gibi küçük difüze olabilen anyonlarla kompleks oluşturmaktadır. Proteine bağlı kalsiyumun yaklaşık olarak % 80 kadarı albümin, kalanı ise globulinlere bağlıdır. Proteinlerdeki negatif yüklü kısımlara kalsiyum bağlanması pH bağımlıdır. Negatif yükün ve proteine bağlanmanın armasına yol açan alkaloz, serbest kalsiyumun azalmasına neden olmaktadır. Asidozda ise tam tersi bir durum ortaya çıkmaktadır. İskelet sistemi hücre içi ve hücre dışı sıvılara kalsiyum sağlayan ana depo olarak işlev görmektedir. Hücre içi sıvılarda bulunan kalsiyumun kalp ve iskelet kaslarının kasılması, hormon salgılanması glikojen metabolizması ve hücre bölünmesini içeren birçok önemli fizyolojik fonksiyonu bulunmaktadır. Hücre dışı kalsiyumu ise hücre içi düzeyinin sürdürülmesi, kemik mineralizasyonu, kan pıhtılaşması ve plazma membran potansiyeli için gereklidir (Onat ve ark., 2006).

Kalsiyum fizyolojik olarak aktif şekli olan serbest (iyonize) kalsiyum düzeyinin serumda azalması sinir-kas uyarılmasının artmasına ve tetaniye, artması ise sinir kas uyarılmasının azalmasına neden olmaktadır. Hücre içinde ikinci haberci olarak görev yapan kalsiyum, enzim aktivitesini ve hormon salgılamasını düzenlemektedir. Kan kalsiyumun tamamına yakın bölümü plazmada bulunmaktadır. Sağlıklı kişilerde serum kalsiyum düzeyi 9-10 mg/dL arasında değişmektedir (Onat ve ark., 2006).

1.4.19. Magnezyum (Mg)

Mg vücutta en bol bulunan dördüncü katyon, hücrede potasyumdan sonra en bol bulunan ikinci katyon olduğu için bir eser element değildir. Hücre içi konsantrasyonu, hücre dışı, konsantrasyonunun yaklaşık 10 kat kadardır. 70 kg ağırlığındaki erişkin insanda 21-28 g Mg bulunmaktadır. Magnezyumun yaklaşık % 60 kadarı kemikte, % 20 kadarı iskelet kasında, % 19 kadarı diğer hücrelerde ve % 1 kadarı ise hücre dışı sıvılardadır. Lökositlerdeki magrimi miktarı, hücre içi Mg düzeyinin bir indeksi olarak değerlendirilmektedir (Onat ve ark., 2006).

Geçiş metallere farklı kimyasal özelliklere sahip olan ve kimyasal bileşiklerde kuvvetli, elektrostatik bağlı yapılar oluşturan Mg, oksijen atomlarını tercih

etmektedir Proteinler ve membranlar üzerindeki bağlanma bölgeleri için kalsiyum ile yarışan magnezyum, ATP başta olmak üzere hücre içindeki önemli anyonik ligandlarla şelat oluşturmaktadır (Onat ve ark., 2006).

Besinlerin magnezyum içeriği değişiklik göstermektedir. Daha çok klorofil içeren sebzelerdir. Deniz ürünleri, fındık ve ceviz gibi kuru yemişler ile tahıllarda, çok daha az miktarlarda ise sıvı ve katı yağlar ile şekerlerde bulunmaktadır. Ayrıca içme suları, özellikle sert sular Mg kaynağıdır. Çok değişiklik göstermesine rağmen diyetle alınan magnezyumun yaklaşık % 20-30 kadarı gastrointestinal sistemden emilmektedir, ince bağırsaktan emilim yüzdesi Mg alınımıyla ters orantılıdır. Mg emilimi malabsorpsiyon sendromlarından etkilenmektedir. Bağırsaktan geçiş süresi fosfat, protein, laktoz veya alkol alımı gibi faktörler Mg emiliminde etkili olmaktadır (Onat ve ark., 2006).

1.4.20. Silisyum (Si)

Esansiyel bir element olan silisyumun eksikliği, hayvanlarda kemik ve kollajen bozukluklarına yol açmaktadır. Glikoaminoglikanların ve poliüridinlerin bileşeni olan silisyum, polisakkarid çapraz bağların oluşumunu sağlamaktadır. Kollajene bağlı olarak bulunan Si, elastinin bir bileşenidir. Prolil hidroksilaz, galaktoz-hidroksilizil, glukozil transferaz ve lizil oksidaz gibi kollajenin posttranslasyonel modifikasyonunu katalizleyen enzimlerini silisyum aktiflemektedir. Bakır ve çinko gibi kollajen ile elastinin çapraz bağlanmasında temel rol oynayan silisyumun büyük olasılıkla kemik kalsifikasyonu ile ilişkisi olduğu düşünülmektedir (Onat ve ark., 2006).

Bol bulunan bir element olan silisyum başta rafine edilmemiş tahıllar olmak üzere birçok besinde bulunmaktadır. Hayvansal gıdalarda deri ve bağ dokusu dışında düşük miktardadır. İnsanda silisyum gereksiniminin günde 5-20 mg olduğu tahmin edilmektedir. Silisyumun atero- siderozu, osteoartrit gelişimim ve yaşlanmayı etkilediği düşünülmektedir. Referans aralığı serumda 0.4-10.0 ug/L kadardır (Onat ve ark., 2006).

1.5. ICP-OES Cihazı ve Analiz için Numune Hazırlama Metotları

1.5.1. Numune hazırlama metotları

Numunenin çözünürleştirilmesi analitiksel metodun önemli bir kısmıdır. Bir örneğin içerdiği iz bileşenlerin saptanmasında; ölçümlerde yapılan işlemlerin yanı sıra analitik örnek içinde homojen dağılmamasına sebep olabilecek örnek alma ve hazırlama aşamaları da büyük önem taşımaktadır. İz elementlerin tayininde doğru sonuçlara ulaşabilmek sadece ölçüm yönteminin amaca uygun olması değil uygulanan örnek hazırlama yönteminin de etkisi çok büyüktür. Örnek hazırlama tüm analiz süresinin % 61-80'ini oluştururken toplam analiz hatasının yaklaşık % 30'unun da nedenidir (Oliveira, 2003).

Çözünürleştirme basamağı element analizinden önceki basamak olup, kritik bir bölümdür. Numunenin organik veya anorganik yapıda olması çözünürleştirme tekniği açısından önemlidir. Bazı analitiksel metotlar direkt katı örneklerle uygulanabilir (elektrotermal atomizasyon gibi) ve ölçümden önce örneklerin çözünürleştirilmesi gerekmez. Fakat çoğu analitiksel metot örneğin çözelti formunu gerektirir.

Günümüzde kullanılan çoğu analitik ölçüm; analiz öncesi, örneğin parçalanmasına dayalıdır. Bu amaçla da kuru kül etme, yaş yakma veya mikrodalga parçalama basamaklarına gerek duyulmaktadır. Bu basamaklarda tek başına bir çözücü kullanılabildiği gibi; $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3\text{-HCl}$, $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ gibi reaktif karışımları da kullanılabilmektedir (Demirel ve ark., 2008).

a) Kuru yakma yöntemi

En eski çözünürleştirme tekniğidir. Tayin edilecek katyonu içeren numune bir kapsül ya da kroze içine konularak bir alev üzerinde yakılır. Bu metot da kullanılan krozelere oldukça önemlidir. Kuartz krozelere özellikle asit ve halojenlere dayanıklı olup bazlara karşı dayanıklı değildir. Porselen krozelere ise kuartz benzer özellik gösterir. Ancak bazı elementler bu krozelere yapışabilir. Bu nedenle kullanılmadan önce asitlerle yıkanmalıdır. Paslanmaz çelik krozelere asit ve bazlara dirençli olmalarına karşın elementlerin analizinde kullanılamaz. Platin kroze inert olmasından dolayı

analizlerde tercih edilmelidir. Ancak platin krozelere göre çok pahalıdır (Milacic ve Kralj, 2003).

Kuru yakma yöntemi; organik materyallere, biyolojik dokulara, bitki ve gıda örneklerine, atıklara uygulanabilir. Kuru yakmada, numunenin organik kısmı olabildiğince yavaş ve düşük sıcaklıkta yakılır. Eser element analizi için kül etme sıcaklığı 450-550 °C arasında değişir. 550 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda çeşitli element kayıpları meydana geldiğinden, çok yüksek sıcaklıklara çıkmak uygun değildir. Kül etme işlemi birkaç saat sürer ve en uygun şartlar altında yapılırsa, beyaz veya açık gri renkte kül elde edilir. Soğutulduktan sonra, tayini amaçlanan elemente göre, nitrik asit veya hidroklorik asit gibi uygun çözücülerde çözülür. Bazen yakma işleminin tam gerçekleşmemesi sonucunda koyu gri veya siyah renkte kül oluşur. Bu durumda, 1 mL nitrik asit ile nemlendirilir ve 1 saat daha kül etme sıcaklığında bekletilir (Hoenig, 2001).

Kuru yakma yöntemi, basit fakat hassas değildir. Uçucu madde kaybı, seyreltmeden kaynaklı analiz esnasında düşük sonuçlar elde etme, küllenme sırasında bazı metallerin çeşitli bileşikleri halinde buharlaşması gibi bazı dezavantajlara sahiptir (İnal ve Kaçar, 2010). Kayıpların en önemli sebeplerinden biri tayin elementlerinin örnek çözeltilerinin kullanılan kapların çeperlerine adsorpsiyonudur. Adsorpsiyon, adsorbe eden yüzey alanı ile orantılı olduğundan, bu yüzeyin mümkün olduğunca küçük tutulması gerekir. Süzgeç kâğıtları, çok büyük bir yüzey alanına sahip olmaları nedeniyle, eser elementlerin adsorpsiyon kayıplarına ilaveten kontamimasyona da neden olabilir, Kuru yakmanın tam olabilmesi için gereken sıcaklık değerlerine ulaşıldığında sodyum ve potasyumda kayıplar da meydana gelebilmektedir. Bu yöntemin diğer bir zayıf yönü ise zaman alıcı ve yavaş olmasıdır (İnal ve Kaçar, 2010).

b) Yaş yakma yöntemi

Eski ve hala çok sık kullanılan bir tekniktir. Bu metoda yaş yakma metodu denmesinin nedeni sıvı reaktiflerin kullanılmasıdır. Yaş parçalama yöntemlerinde yükseltgen asitler (HNO_3 , HClO_4 , der. H_2SO_4) kullanılarak organik yapı parçalanır. Genellikle derişik nitrik asit ve ısı uygulanır. Asidin gücü, oksitleyici veya kompleksleştirici etkisi, kaynama noktası, oluşan tuzların çözünürlüğü, kullanım

güvenirligi ve safligi önemlidir. Yaş yöntemlerde termal, ultrasonik veya radyasyon enerjisi (infrared, ultraviyole ve mikrodalga) kullanılabilir (Oliva ve ark., 2003).

Bu yöntemde organik kısımların parçalanması ve yakılması, sıvı ortamda uygun kap içerisinde ve sıcaklık etkisiyle yapılmaktadır. Sıvı ortamı; asit karışımlar ve yükseltgen reaktifler oluşturur. Kullanılacak kimyasalların seçimi numunenin içeriğine, boyutuna, organik ya da inorganik olmasına, uygulanacak analitik tekniğe uygunluğa göre değişmektedir (Oliva ve ark., 2003).

- H_2SO_4 ile çözünürleştirme: Uçuculuğu diğer asitlere göre daha düşük olduğundan yüksek sıcaklığın istendiği durumlarda kullanılmaktadır.
- HCl ile çözünürleştirme: Oksitler, karbonatlar, fosfatlar ve sülfürlerin çözünürleştirilmesinde etkilidir. İnorganik maddeler için ideal bir çözücüdür. Bazı iyonları indirgemek için de kullanılır.
- HNO_3 ile çözünürleştirme: Arsenik, antimon ve civa sülfürleri çözebildiğinden tercih edilmektedir. Nitrik asit ile parçalama organik numunelerin eser metal içeriklerini tayininden önce sıklıkla yapılır. Bu asit tek başına kullanılarak ya da diğer asitlerle bir karışımı oluşturularak etkin bir çözme işlemi yapılır.
- HF ile çözünürleştirme: Silikatlar, tantalatlar ve niyobatlar için etkin bir uygulamadır. Hidroflorik asit toksik özelliktedir. Numunenin çözülmesi ve aşırı hidroflorik asitin uzaklaştırılması gibi işlemler çeker ocakta yapılmalıdır.
- H_2O_2 ile çözünürleştirme: Çok etkin bir yükseltgen maddedir. Derişik perklorik asidin sıcak çözeltisi özel olarak yapılmış çeker ocakta hazırlanmalıdır. Çünkü bu asidin sıcak derişik çözeltisinin organik asitlerle veya kolay yükseltgenen inorganik maddelerle teması halinde patlayıcı özelliği vardır (Oliva ve ark., 2003).

Örnek parçalama için bu asitlerin genellikle çeşitli kombinasyonları da kullanılmaktadır. Örneğin H_2O_2 - HNO_3 karışımı organik örneklerin parçalanmasında en fazla kullanılan oksidasyon karışımıdır. Ayrıca, hidrojen peroksit yüksek saflığa sahip olduğundan eser element analizleri için oldukça uygundur. H_2SO_4 - HNO_3 karışımı ise parçalama işlemleri için kullanılan bir diğer kombinasyondur. Fakat bu karışımın bazı dezavantajları vardır. Bunlardan en önemlisi parçalama işlemi sırasında baryum sülfat gibi çözünmeyen maddelerin oluşması ve bu maddelerin spektroskopik tayin sırasında girişim yapmasıdır. En etkili kombinasyon ise HNO_3 - $HClO_4$ karışımıdır. Tehlikeli

olmasına karşın en fazla kullanılan yükseltgeyici reaktif HClO_4 'tür (Oliva ve ark., 2003).

Yaş yakma tekniğinde en önemli noktalardan biri de uygun bir ısıtma işleminin uygulanmasıdır. Özellikle nitrik asit kullanıldığında bu daha da önem kazanır. Çünkü nitrik asidin uçuculuğu sülfürik asit ve perklorik asidin uçuculuğundan daha fazladır. Isıtma yüksek sıcaklıklarda yapılırsa numune tamamen okside olmadan asit uçacaktır ve etkin bir yakma işlemi yapılamayacaktır (Oliva ve ark., 2003).

Nitrik asit bazen % 10 (v/v) derişimden fazlasında ve örnek-kalibrasyon çözeltilerinin derişiminde benzerlik olması kaydı ile analitik bir probleme yol açmadan kullanılabilirken; hidroklorik asit ICP-OES için problem yaratmasa da GFAAS'de (Grafit Fırınılı Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi) analit klorürlerinin oluşabilmesi nedeni ile kullanımı sakıncalıdır. Sisleştiriciye dayanan ICP-OES, AAS (Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi) veya ICP-MS'te ise sülfürik asit problem oluşturmaktadır. Kuru yakmaya oranla daha fazla çözücü gerektiğinden reaktiflerden gelen kirlenmeler, örnek sınırlaması, büyük dikkat gerektirmesi dezavantajlarıdır. Kuru yakmaya nazaran hızlı, daha az zahmetli ve tekrarlanabilirliğinin yüksek olmasından dolayı daha çok kullanılır (Oliva ve ark., 2003).

c) Mikrodalga yöntemi

Mikrodalga tekniği ile örnek çözünürleştirme, analitik kimyada ilk defa 1975'te Abu Samra ve arkadaşları tarafından biyolojik örneklerin asitlerle hızlı bir şekilde çözünürleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ticari amaçlı olarak 1989'da basınç kontrollü, 1992'de sıcaklık kontrollü mikrodalga fırınlara örnek hazırlamada kullanım izni verilmiştir. Modern analiz laboratuvarlarında mikrodalga çözünürleştirme yöntemleri eser ve ultra eser elementlerin analizinde örneğin çözünürleştirilmesinde gittikçe yaygınlaşarak kullanılmaktadır. Özellikle un, buğday, yenilen deniz ürünleri, şarap gibi farklı gıda maddelerinde ve referans maddelerde eser element analizlerinde farklı çözünürleştirme yöntemleri kullanılmış ve en iyi sonucun mikrodalga çözünürleştirmenin verdiği görülmüştür (Schiffmann, 1986).

Mikrodalga metotlarında elektromanyetik radyasyon ile parçalama gerçekleşir. Mikrodalgaların polar molekül ile etkileşmesi ile başlayan süreç sonunda; moleküllerdeki dönme hareketleri ve moleküller arası çarpışma ısı üretir. Üretilen bu

ısıdaki sıcaklık dağılımları daha homojen olmakta, yüzeyin aşırı ısınması önlenmemekte ve ürün kalitesi üründe oluşabilecek yüzey sertleşmesi gibi bazı olayların engellenmesi ile gelişebilmektedir. Bunların yanı sıra mikrodalgaların bu dalgaları daha iyi absorbe eden materyaller tarafından seçici olarak emilmesi sayesinde gıdaların özellikle kurutma işlemi sırasında seçici ısıtması gerçekleşmektedir (Schiffmann, 1986).

Mikrodalga ile parçalama metoduyla hem organik hem de inorganik maddeler parçalanabilir. Yüksek basınç ve sıcaklık elde edilmesi bakımından kapalı kaplar tercih edilir. Kapalı kapların yüksek basınç ve sıcaklık sağlaması dışındaki bir avantajı da buharlaşma kayıplarının önüne geçilebilmesidir. Burada az miktarda kullanılan reaktif parçalama için yeterli olacaktır. Böylece reaktiften gelen kirlenmelerinde önüne geçilebilecektir. Mikrodalga parçalama yöntemlerinde genellikle HNO_3 , $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$, $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{HF}$, $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3 + \text{HF}$, $\text{HF} + \text{HCl}$, $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$, ve kral suyu (aqua regia) gibi asit karışımları kullanılır (Schiffmann, 1986).

Mikrodalga çözünürleştirme ile bileşenlerin çözünürleştirilmesi çok hızlı olmaktadır. Çözünmesi güç olan bileşenlerin bile çözünmesi için sadece 5 ile 10 dakikaya ihtiyaç duyulur. Genellikle kolay otomatikleştirildiğinden dolayı, analiz için numune hazırlanması basamağında gerekli olan süre azaltılmış olur (Chatwal ve Arora, 2008).

Mikrodalga kapalı sistem kapları için ilk olarak teflondan ve 7 atm gibi düşük basınçlara dayanan kaplar üretildi. Bu basınç sınırı kapların kullanılma miktarı ile azalabiliyordu. Mikrodalga fırında sonraki gelişme ceketli kaplardı. Teflondan yapılan bu kaplar polietermit kaplıydı ve 60-110 atm basınca kadar dayanabiliyorlardı (Kingston, 1998).

1.5.2. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometrisi (ICP-OES)

İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometri (ICP-OES), AAS'ye göre daha geniş çalışma aralığı, multielement tayin yapabilme özelliği, termal bozunmaya karşı dirençli (refirakter) elementlerin tayininde daha duyarlı sonuç vermesi gibi özellikleriyle, metal tayinlerinde AAS ile birlikte en sık başvurulan tekniktir.

ICP hem kalitatif hem de kantitatif elementel analizde yarar sağlayan karakteristik emisyon çizgileri yönünden zengindir. Bir emisyon spektrometresinde olması gereken özellikler aşağıda verilmiştir:

- Yüksek ayırma gücü (0,01nm)
- Hızlı sinyal elde edilmesi ve geri kazanım
- Düşük kaçak ışık
- Geniş dinamik aralık (>10⁶)
- Doğru ve kesin dalgaboyu belirlenmesi ve seçimi
- Kesin şiddet okumaları
- Çevresel değişkenlere karşı yüksek kararlılık
- Kolay zemin düzeltmeleri
- Bilgisayar kontrollü işletim; çıktı, veri toplama, işleme, vb.

ICP-OES cihazlarında; numune çözeltisinin ve gazın plazmaya akışındaki düzensizlikler, optik kısımda kaymalar ve elektronik kısımlardaki düzensizlikler veya sistemin kilitlenmesi gibi problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca kullanılan argon gazının kalitesi de çok önemlidir. Düşük kalitedeki argon gazının kullanımında plazma oluşumu zor olur veya hiç oluşmaz (İnal ve Kaçar, 2010).

İndüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi daha çok suda veya organik çözücülerde çözülebilen numunelerin kalitatif ve kantitatif analizlerinde kullanılır. Prensipte olarak, bütün metalik elementler, ICP yöntemi ile tayin edilebilir. Bir vakum spektrometre fosfor, azot, kükürt ve karbon tayini için gereklidir, çünkü bu elementlerin emisyon çizgileri, atmosfer bileşenlerinin absorpsiyon yaptığı, 180 nm'nin altındaki dalga boylarına kadar uzanır. Dalga boylarının belirlenmesiyle aynı anda 60 veya daha fazla element analiz edilebilir. ICP yönteminin dezavantajı yüksek bakım maliyeti ve cihaz enstrümanlarının pahalı olması nedeniyle rutin analizlerin yapılamamasıdır. ICP-OES çok düşük gözlenebilirlik sınırına sahiptir. Fakat yüksek metanol ya da asetonitril (>10%) içeriği kolaylıkla tolere edilemez. ICP-OES'nin avantajı metallerle birlikte sülfürlerinde takip edilebilmesidir (Skoog ve ark., 2013).

ICP kaynaklarıyla elde edilen gözlenebilirlik sınırları, diğer atomik spektral işlemlerden elde edilenlerden daha iyidir. Birçok elementin 10 ppb düzeyinde veya daha

az düzeyde tayini yapılabilmektedir. Çizelge1.1'de birkaç spektral yöntemin gözlenebilme sınırları karşılaştırılmıştır (Yılmaz ve ark. 1997).

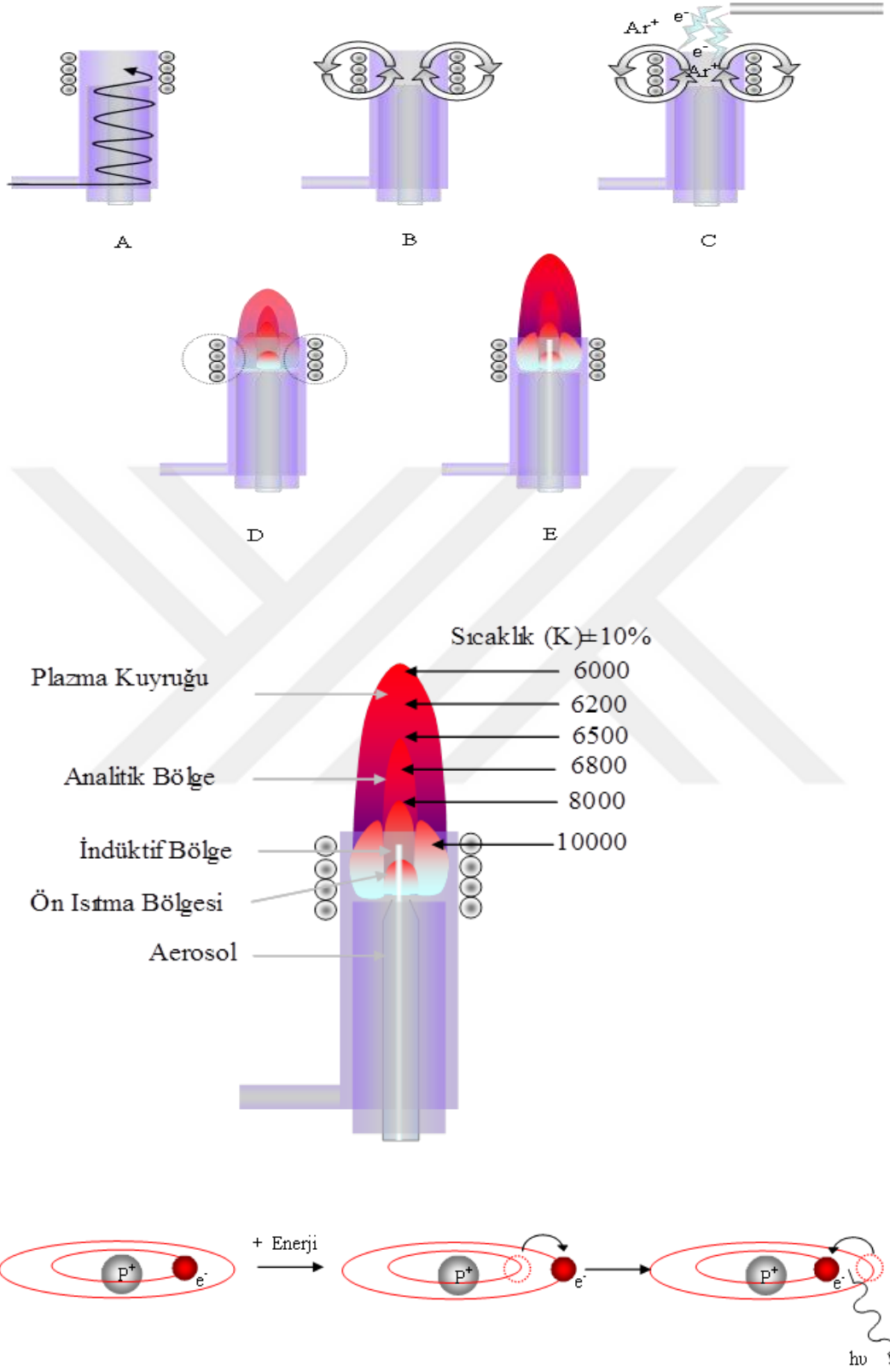
Çizelge1.1. Atomik spektral yöntemlerin gözlenebilme sınırlarının karşılaştırılması
(Yılmaz ve ark. 1997)

Yöntem	Verilen derişimlerde tayin edilen element				
	<1 ppb	1-10 ppb	11-100 ppb	100-500	>500 ppb
ICP	9	32	14	6	0
AES	4	12	19	6	19
AFS	4	14	16	4	6
FAAS	1	14	25	3	14

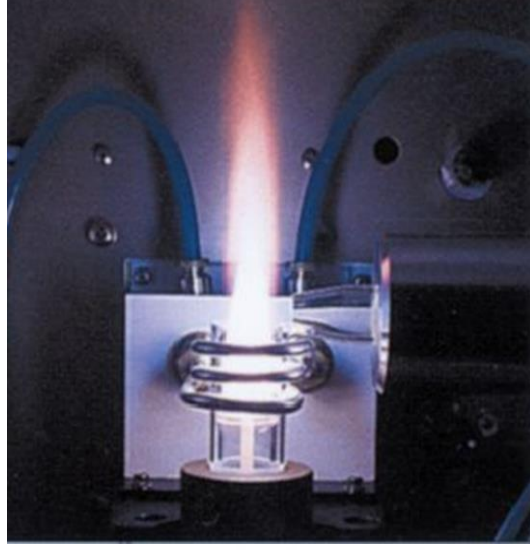
a) *İndüktif Eşleşmiş Plazma Kaynağı*

Plazma, nötr gaz, katyon ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Ar, iyonlaşmış Ar ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma iç içe üç kuvars borudan oluşan hamlaç (torch) ile oluşturulur. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, hamlaca, 27 veya 40 MHz frekansında ve 0,5-1,5 kW arasında güç sağlar Tesla bobini adı verilen sistemle kıvılcım oluşturularak argonun iyonlaşması sağlanır. Plazma artık hazırdır.

Oluşan iyon ve elektronlar indüksiyon bobini tarafından oluşturulan (Şekil 1.3'de H ile işaretli) manyetik alan salınımlarıyla etkileşir. Bu etkileşim, Şekil 1.3'de gösterilen kapalı, düzenli bir yol içinde bobin içindeki iyon ve elektronların akmasına neden olur; iyon ve elektronların bu harekete karşı direnci sonucunda, bir ohm'luk ısı oluşur. Bu yolla oluşan plazma sıcaklığı, dıştaki kuvars silindirin termal izolasyonunu gerektirecek kadar yüksektir. Bu izolasyon, Şekil 1.3'de oklarla belirtildiği gibi borunun duvarlarına teğet olacak şekilde argon akışıyla sağlanır. Teğet akış, radyal olarak plazma merkezini ve içteki tüpün iç duvarlarını soğutur. ICP-OES ve ICP-MS tekniklerinin her ikisinde de örnek, plazma alevinde 6000- 10000 K'de atomize edilir ve uyarılır (Şekil 1.4). Önce ICP-OES ile emisyon spektrumu görüntülenir.



Şekil 1.3. ICP’de plazma oluşum aşamaları, sıcaklık değişimi ve analitik bölge (Montaser ve Golightly, 1992).



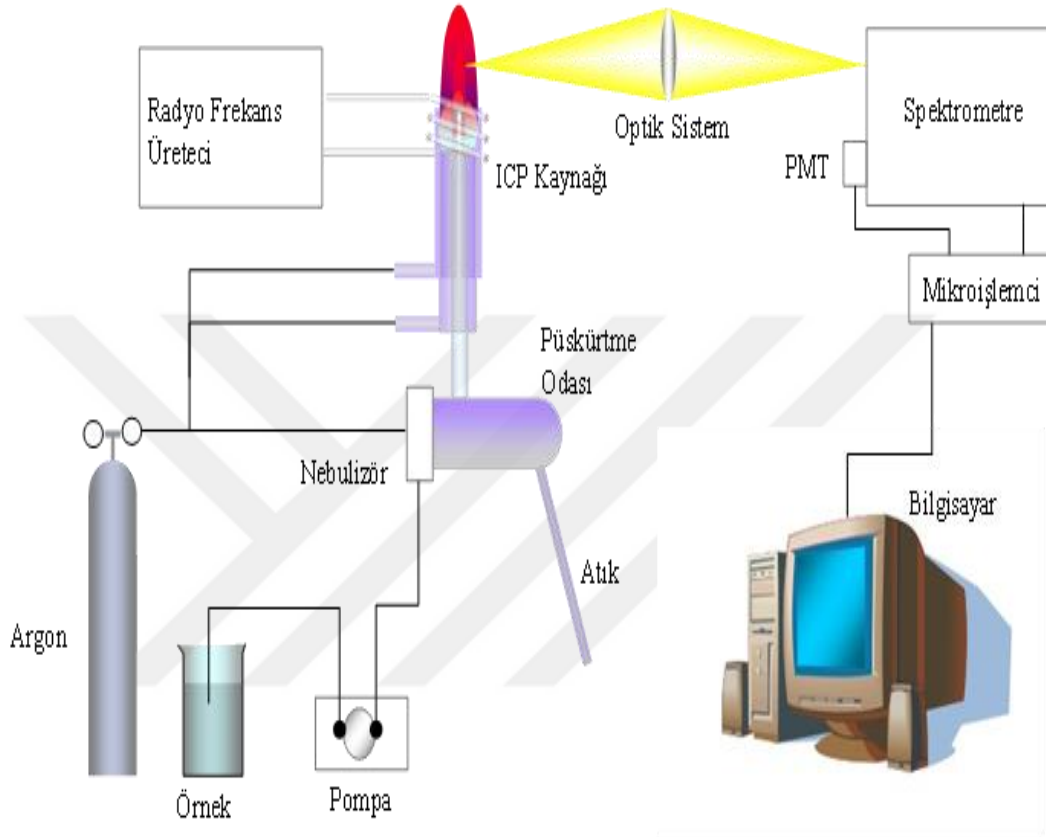
Şekil 1.4. Plazmanın görünüşü (Montaser ve Golightly, 1992).

b) Numune verme

Numune çözeltisi bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilir. Küçük çaplı damlacıklar taşıyıcı argon ile en içteki ince borudan hamlaca ulaşır; atomlaşma/iyonlaşma gerçekleşir. Plazmaya sıvı ve katı numuneleri vermek için diğer bir yöntem, elektrotermal buharlaştırmadır. Sonra buhar plazma hamlacına bir argon akışıyla taşınır. Gözlenen sinyal, elektrotermal atomik absorpsiyonda elde edilen piklere benzer geçişli bir piktir. Bir plazma hamlaç ile eşleşmiş elektrotermal buharlaştırmada çok az miktarda numunelerle çalışılabilir ve geniş, doğrusal bir çalışma aralığında düşük gözlenebilme sınırlarına ulaşılabilir, girişimler önlenir ve ICP ile çoklu element tayini mümkün olabilir (Şekil 1.5) (Montaser ve Golightly, 1992).

Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu değişik şekillerde ölçülebilir. ICP-OES cihazları, sırayla ölçüm yapanlar (sequential) ve aynı anda ölçüm yapanlar (simultaneous) olmak üzere iki bölümde incelenebilir. Sequential cihazlarda monokromatörle birlikte sadece bir detektör (fotoçoğaltıcı tüp) vardır. Seçilen dalga boyundaki ışık detektöre gönderilir ve ışın şiddeti ölçülür. Bu işlem her bir element veya daha doğru bir deyişle her bir dalga boyu için tekrarlanır. Simültane cihazlarda ise tüm ışın emisyonları aynı anda ölçülür. Bir tip cihazda çok sayıda fotoçoğaltıcı detektör, önceden belirlenmiş dalga boylarında ölçüm yapmak için sabit sütlerin arkasına monte edilmiştir. Diğer tip simültane cihazlar ise echelle monokromatör ve iki boyutlu yük-

enjeksiyon detektörlü bir tasarıma sahiptir. Tüm ışınlar tek detektör ile ölçülür. Simültane cihazların bir avantajı da analizlerde iç standart kalibrasyonu yapılmasına imkan vermesidir.

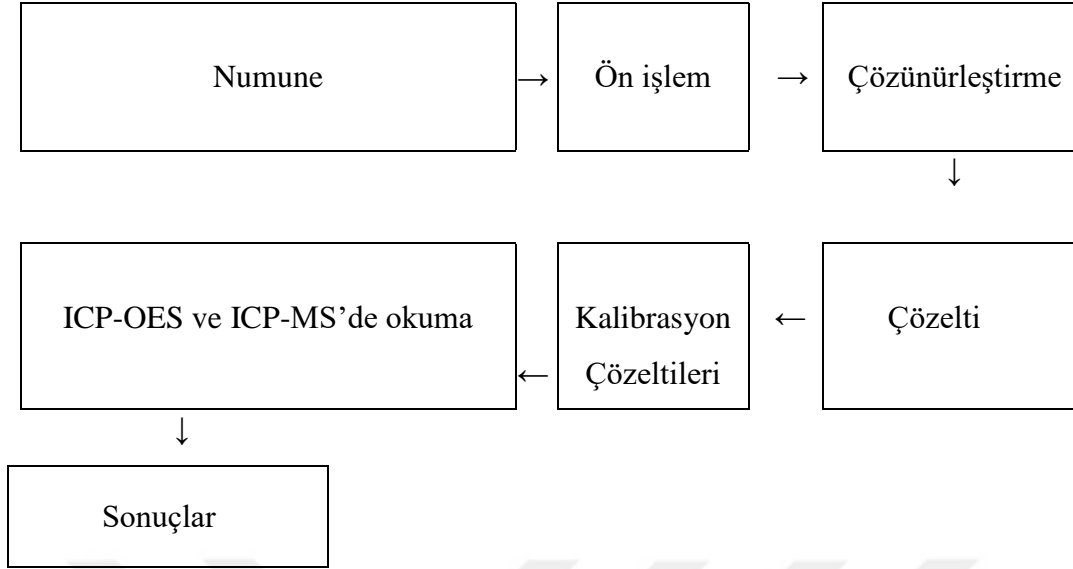


Şekil 1.5. ICP-OES cihazı şematik gösterimi (Montaser ve Golightly, 1992).

ICP-OES cihazlarında ölçüm dikey (vertical) veya yatay (axial) plazma pozisyonlarında yapılabilir. ICP teknolojisinin ilk yıllarında emisyonların plazmanın yan tarafında gözlemlendiği radyal tekniği kullanılmaktaydı. Daha sonraları, plazmanın torch eksenine doğrultusunda izlenebildiği aksiyal sistemler geliştirildi. Yatay plazmanın dikey plazmaya üstünlüğü daha duyarlı sonuçlar vermesi, düşük konsantrasyonlarda (ppb) ölçüm yapılması, dedeksiyon limitleri iyi olmasıdır (Montaser ve Golightly, 1992).

c) *ICP-OES cihazı ile örneklerin analiz basamağı*

ICP-OES cihazıyla metal analizinde gerçekleştirilen işlem basamakları Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. ICP-OES cihazında analiz basamakları.

Öncelikle analiz edilecek olan numune cihaza uygun hale getirilmelidir. Bunun içinse uygun ön işlem metodu seçilerek çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilir. Bu çalışmada numunelere üç ayrı ön işlem metotları da uygulanmıştır ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Daha sonra elementlerin miktar tayini için öncelikle cihazlarda miktar tanımlaması yapılması gerekmektedir. İstenilen ppm'de ya da ppb'de çözeltiler hazırlanarak cihaz kalibre edilir. Plazmada oluşan atom ve iyonların emisyonu ölçülür. Yani seçilen dalga boyundaki ışık dedektöre gönderilir ve ışın şiddeti ölçülür. Bu işlem her bir element veya dalga boyu için tekrarlanır. Böylece örnek içerisindeki element derişimleri ölçülebilir (Montaser ve Golightly, 1992).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada 50 adet 200-250 g'lık porsiyon alabalık kullanıldı. Kullanılan balıkların 10 âdeti Çatak Çayı'ndan tutulan Dağ Alabalığı (*Salmo trutta macrostigma*) (Dağ alası, Kırmızı Benekli Alabalık), 10 âdeti yine Çatak Çayı'ndan tutulan Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), 15 âdeti ticari olarak alabalık çiftliğinde yetiştirilen Dağ Alabalığı (*Salmo trutta macrostigma*) (Kırmızı Benekli alabalık) ve 15 âdeti de yine ticari olarak alabalık çiftliğinde yetiştirilen Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*)'ndan oluşmaktadır. Temin edilen balıklar buz dolu termoslar ile laboratuvar ortamına getirildi. Daha sonra, laboratuvar ortamında ağırlık, boy uzunluğu ölçüldükten sonra çalışılacak dokular ayrılarak -20 °C'deki derin dondurucuda analize hazırlanıncaya kadar donduruldu.

2.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

ICP-OES cihazı (Thermo Scientific X II Series),
Etüv (Termal),
Hassas terazi (Sartorius),
Santrifüj (SED 6),
Derin dondurucu (Samsung),
Ayarlanabilir otomatik pipetler (Socorex, Swiss, Brand)
Watman süzgeç kâğıdı No.41,
Cam tüp,
Plastik santrifüj tüpü,
Ependorf tüp,
Tüplük,
Dişli Penset,
Cerrahi Makas,
Parafilm.

2.3. Kimyasal Maddeler ve Malzemeler

Nitrik asit (HNO₃) Merck

Hidrojenperoksit (H₂O₂) Merck

Hidroklorik asit (HCl) Merck

Triton X 100 Sigma

Etil alkol (Merck)

Aseton (Merck)

Metanol (Merck)

Deiyonize saf su

2.4. Yöntem

2.4.1. Numunelerin analize hazırlanması

Doku örneklerinden 1 gram (yaş doku) tartılıp cam tüplere konuldu. Dokuların üzerine % 65'lik HNO₃ ile % 36.5 'luk HCl 1:1 oranında hazırlanan çözeltiden 3 ml eklenerek ve oda sıcaklığında 1saat bekletildi. Daha sonra karışımın hacmi % 65'lik HNO₃ ile 5 ml ye tamamlandı ve 95 °C'de yaklaşık 2 saat etüvde bekletildi. Etüvden çıkarılan tüpler oda sıcaklığına gelinceye kadar beklendi. Soğuyan karışımın üzerine oda sıcaklığında bulunan deiyonize saf sudan 2 ml eklendikten sonra % 30'luk H₂O₂'den de 3 ml eklendi. Tüplerde oluşan karışımlar tekrar 95 °C'deki etüvde iki saat bekletildi. Etüvden çıkarılan tüpler oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar 2 ml deiyonize saf su ile seyreltilerek Watman No.41 süzgeç kâğıdı ile süzüldü. Plastik santrifüj tüplerine alınan süzüntü 2000-3000 RPM'de 10 dk. santrifüj edildi. Santrifüjleme işleminden sonra üstte kalan sıvı kısım plastik tüplere aktarılarak üzerine % 1oranında hazırlanan Triton X 100 oranında hazırlanan Triton X 100 karışımından son hacim 10 ml olacak şekilde eklendi. Son durumda hacimleri 10 ml olan pastik tüplerdeki karışımlar ICP-OES 'de analiz için hazır hale getirildi (Alam ve ark., 2002).

2.4.2. Kalibrasyon (standart) ve kör çözeltilerinin hazırlanması

Cihazın optik ayarlarının yapılması için kör çözeltisi kullanılır. Genelde kör çözeltisi olarak distile su veya reaktifin kendisi kullanılır. Çalışmamızda numuneleri sulandırmak amacıyla kullanılan distile su kör olarak kullanıldı. Kalibrasyon standardı olarak da analizi yapılacak her bir metal için 1000 ppm'lik multielement standart çözeltisi kullanıldı. Kalibrasyon standart çözeltilerinden 1, 5, 20, 50, 150, 300 ppm'lik 6 farklı konsantrasyonda çözelti hazırlanarak Be, B, Al, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Ba, Pb, Na, Mg, Si, K, Ca, Fe, As, Se ve Sb elementleri için kalibrasyon grafikleri çizildi. Numuneler bu kalibrasyon aralıklarında iki tekrar yapılarak okundu.



Şekil 2.1. Analizde kullanılan ICP-OES cihazı.

2.5. Verilerin istatistiksel analizi

Analizler sonucunda elde edilen değerler ortalama \pm standart hata olarak ifade edildi. Farklı örnekleme alanlarından ortaya çıkan değerlerinin çoklu karşılaştırmaları için ANOVA ve arkasından Tukey testi yapılarak farklılık ortaya konuldu. Değerler arasındaki fark 0.05'e göre yapıldı.



3. BULGULAR

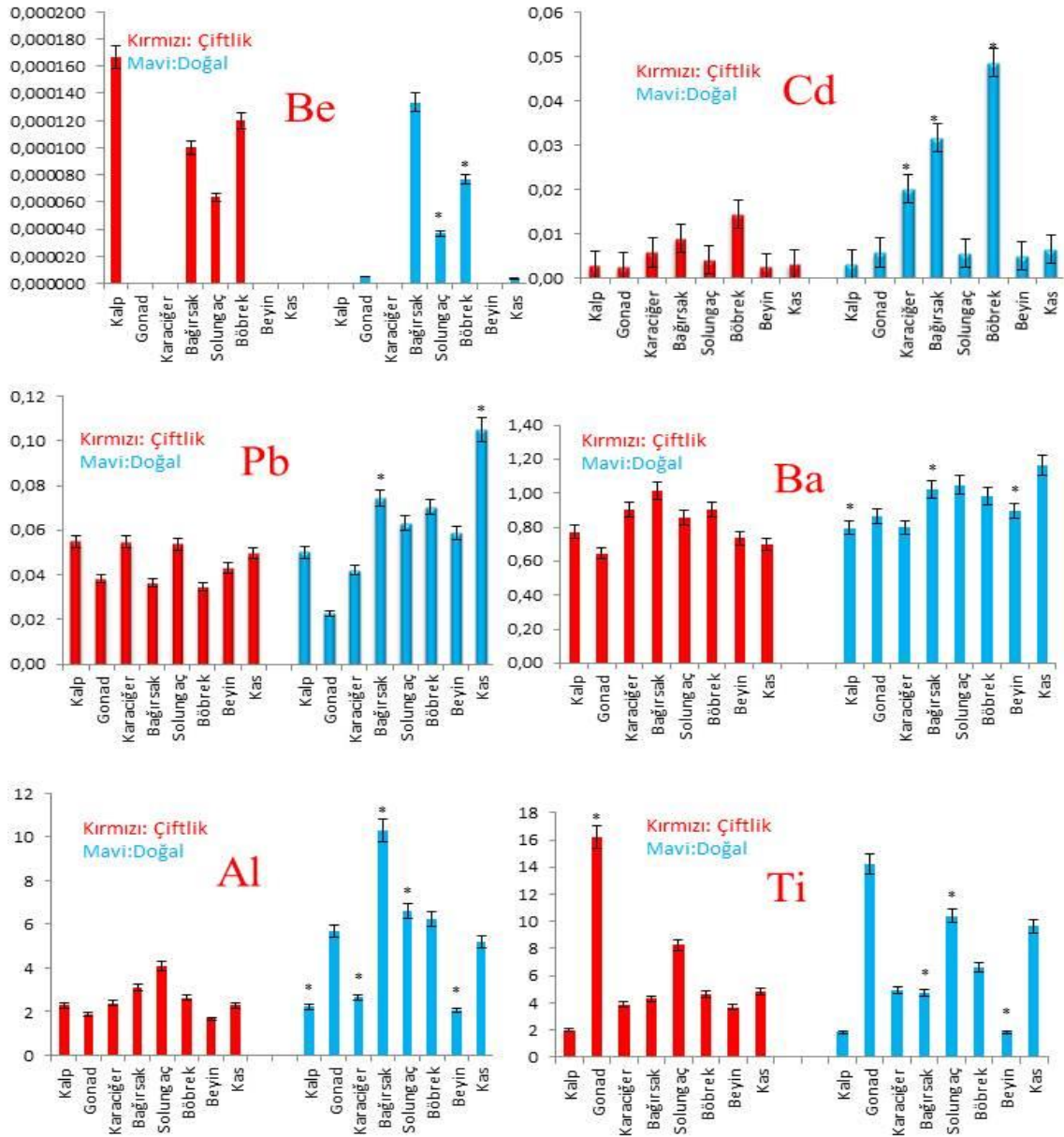
Çalışmada Van'nın Çatak ilçesinde bulunan Çatak Çayı'ndan ve ticari bir alabalık tesisinden numune alımı gerçekleştirildi. Alınan alabalık numunelerinin kalp, kas, karaciğer, solungaç, böbrek, beyin, bağırsak, gonad, dokularında Be, B, Al, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Ba, Pb, Na, Mg, Si, K, Ca, Fe, As, Se ve Sb düzeyleri tespit edildi. Analizde Be elementi bazı dokularda belirlenirken As, Se ve Sb elementleri dokularda tespit edilmedi. Sonuçlar toksik elementler (Be, Cd, Pb, Al, Ba, Ti), (Çizelge 3.1; Çizelge 3.5) eser elementler (Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, Cr, B, Si, Mo), (Çizelge 3.2; Çizelge 3.3; Çizelge 3.6; Çizelge 3.7.) ve makro elementler (Ca, Mg, K, Na), (Çizelge 3.4 ; Çizelge 3.8) olarak gruplandırıldı.

Çizelge 3.1. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg)

	Be	Cd	Pb	Ba	Al	Ti
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Salmo trutta macrostigma</i>						
Kalp	0.0002±0.00	0.003±0.00	0.055±0.02	0.774±0.08	2.292±0.87	1.969±0.76
Gonad	ALA	0.003±0.00	0.038±0.01	0.647±0.12	1.858±0.75	16.20±5.0*
Karaciğer	ALA	0.006±0.00	0.055±0.02	0.905±0.32	2.377±0.92	3.854±0.78
Bağırsak	0.0001±0.00	0.009±0.00	0.036±0.01	1.015±0.70	3.123±0.79	4.304±0.98
Solungaç	0.00006±0.00	0.004±0.02	0.054±0.02	0.856±0.24	4.085±0.98	8.261±3.45
Böbrek	0.0001±0.00	0.014±0.01	0.035±0.01	0.906±0.45	2.642±0.85	4.604±1.63
Beyin	ALA	0.002±0.00	0.043±0.01	0.735±0.28	1.668±0.79	3.678±0.99
Kas	ALA	0.003±0.00	0.050±0.03	0.701±0.32	2.288±0.89	4.862±1.02
Doğal Ortamda Yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i>						
Kalp	ALA	0.003±0.00	0.050±0.01	0.796±0.12	2.221±0.79	1.850±0.54
Gonad	0.000005±0.00	0.006±0.00	0.023±0.01	0.86±0.29*	5.68±1.67*	14.26±4.12
Karaciğer	ALA	0.020±0.01*	0.042±0.01	0.801±0.45	2.661±0.98	4.946±0.98
Bağırsak	0.0002±0.00	0.032±0.01*	0.07±0.02*	1.026±0.78	10.29±3.7*	4.748±1.27
Solungaç	0.00004±0.00*	0.006±0.00	0.063±0.01	1.05±0.65*	6.61±2.03*	10.46±4.8*
Böbrek	0.00008±0.00*	0.049±0.02*	0.07±0.03*	0.984±0.29	6.28±3.65*	6.62±1.48*
Beyin	ALA	0.005±0.00	0.059±0.01	0.896±0.38	2.054±0.97	1.827±0.75
Kas	0.000003±0.00	0.007±0.00	0.11±0.03*	1.17±0.78*	5.20±1.53*	9.65±4.54*

ALA: Analiz limitinin altında, *P<0.05

Salmo trutta macrostigma balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre Gonad dokusunda Ba ve Ti elementlerinde; karaciğer dokusunda Cd elementinde; bağırsak dokusunda Cd, Pb, Al, elementlerinde; solungaç dokusunda Be, Ba, Al ve Ti elementlerinde; böbrek dokusunda Be, Cd, Al ve Ti elementlerinde; kas dokusunda ise Cd, Pb, Ba, Al ve Ti elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.1.) (Şekil 3.1.) ($P<0.05$).



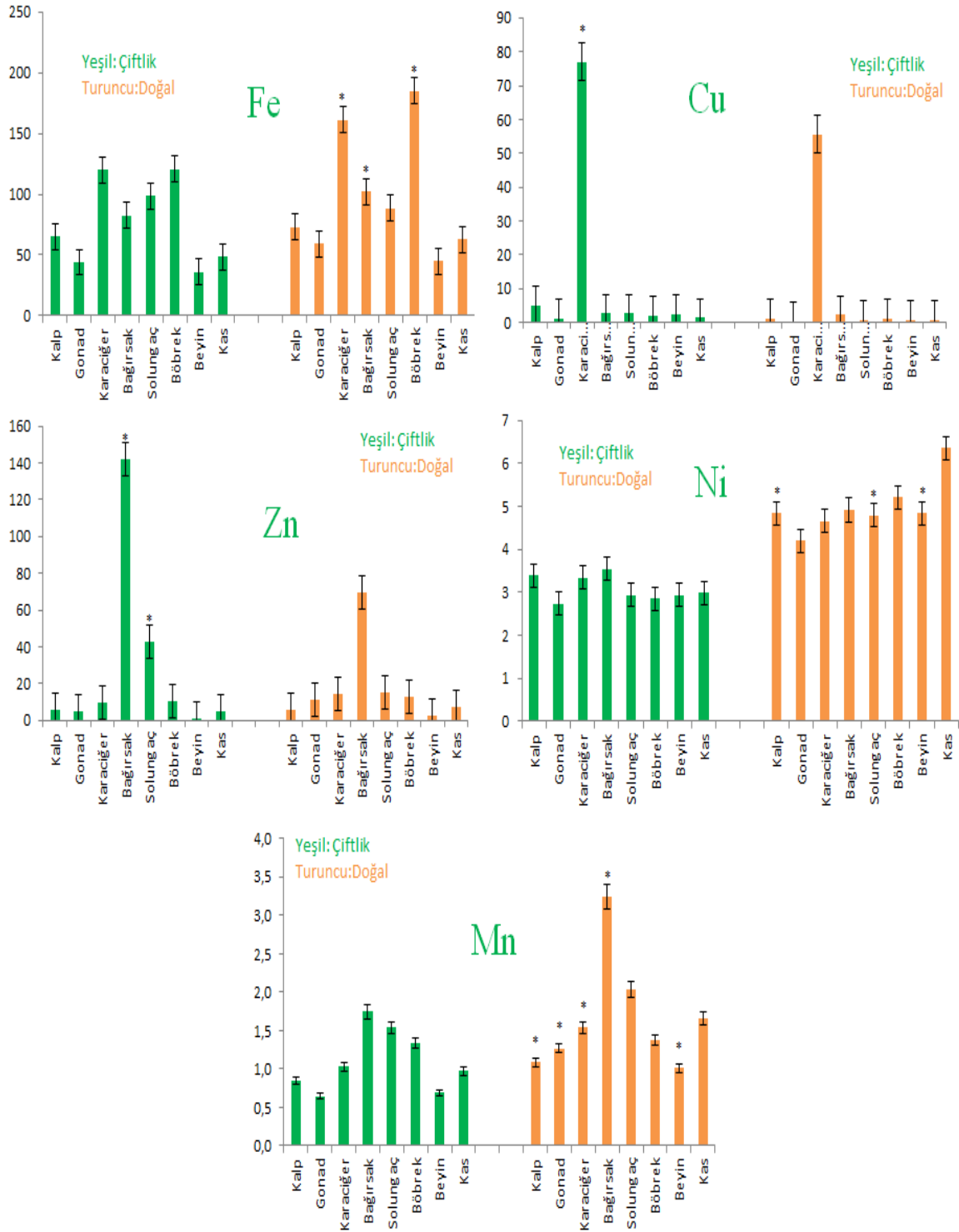
Şekil 3.1. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).

Salmo trutta macrostigma balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre gonad dokusunda Mn ve Ni elementlerinde; karaciğer dokusunda Cu, Fe ve Mn elementlerinde; bağırsak dokusunda Fe, Mn ve Zn, elementlerinde; solungaç dokusunda Zn ve Mn elementlerinde; böbrek dokusunda Fe ve Ni elementlerinde; kas dokusunda ise Mn ve Ni elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.2.) (Şekil 3.2.) ($P<0.05$).

Çizelge 3.2. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Salmo trutta macrostigma</i>					
Kalp	65.33±11.36	4.960±1.05	5.313±2.36	0.845±0.23	3.384±1.67
Gonad	44.00±9.64	1.201±0.78	5.237±2.12	0.646±0.33	2.737±0.96
Karaciğer	120.00±59.78	77.043±24.12*	9.628±3.37	1.029±0.50	3.339±1.12
Bağırsak	82.67±29.41	2.746±0.99	141.833±48.67*	1.745±0.79	3.542±1.26
Solungaç	98.67±23.68	2.723±1.21	43.06±12.32*	1.539±0.59	2.931±1.11
Böbrek	120.67±49.12	2.078±0.89	10.701±5.66	1.345±0.45	2.859±0.98
Beyin	36.00±11.36	2.378±0.98	1.329±0.68	0.689±0.27	2.931±1.24
Kas	48.67±15.78	1.411±0.76	5.016±2.26	0.971±0.45	2.994±1.45
Doğal Ortamda Yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i>					
Kalp	72.667±17.29	1.212±0.49	5.800±1.40	1.089±0.67	4.837±1.45
Gonad	59.000±9.56	0.308±0.19	11.065±4.59	1.271±0.57*	4.201±2.04*
Karaciğer	161.33±65.22*	55.56±19.87	14.346±6.10	1.536±0.75*	4.662±2.12
Bağırsak	102.000±43.67*	2.269±1.05	69.680±22.55	3.241±1.98*	4.916±2.68
Solungaç	88.667±22.43	0.884±0.38	15.423±6.69	2.038±1.12*	4.785±1.98
Böbrek	184.667±77.42*	1.235±0.57	12.536±5.78	1.374±0.78	5.206±2.05*
Beyin	44.667±10.56	0.859±0.23	2.554±1.09	1.010±0.67	4.846±2.05
Kas	62.667±17.87	0.782±0.12	7.544±3.12	1.663±0.43*	6.356±3.22*

* $P<0.05$



Şekil 3.2. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg).

Salmo trutta macrostigma balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre kalp dokusunda Mo ve Cr elementlerinde; gonad dokusunda Mo ve Cr elementlerinde; karaciğer dokusunda Mo ve Cr elementlerinde; bağırsak dokusunda Co elementinde; solungaç dokusunda Mo elementinde; böbrek dokusunda Co, Mo ve Cr elementlerinde; beyin dokusunda Mo ve Cr elementlerinde; kas dokusunda ise Mo ve Cr elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.3.) (Şekil 3.3.) ($P<0.05$).

Çizelge 3.3. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg)

	Co	Mo	B	Cr	Si
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Salmo trutta macrostigma</i>					
Kalp	0.107±0.03	0.742±0.23	5.870±1.67	6.644±3.33	76.667±23.98
Gonad	0.087±0.02	0.6145±0.24	5.434±1.55	5.998±2.99	93.333±37.74
Karaciğer	0.102±0.02	0.708±0.27	6.223±2.33	6.092±2.66	96.000±39.43
Bağırsak	0.110±0.08	0.814±0.39	6.496±2.69	7.711±3.99	107.333±41.56
Solungaç	0.105±0.01	0.665±0.18	5.017±2.10	6.802±3.15	95.333±40.07
Böbrek	0.123±0.04	0.751±0.28	6.027±2.89	6.472±2.96	97.333±39.66
Beyin	0.084±0.02	0.629±0.20	5.851±2.97	6.040±3.11	66.667±24.07
Kas	0.095±0.08	0.659±0.27	6.028±3.05	6.617±4.00	106.667±38.76
Doğal Ortamda Yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i>					
Kalp	0.174±0.07	0.951±0.45*	5.998±2.51	9.444±3.99*	73.333±28.19
Gonad	0.188±0.05	0.821±0.38*	6.995±2.99	8.901±3.78*	106.000±46.56
Karaciğer	0.2245±0.10	1.009±0.49*	6.141±3.56	9.33±4.08*	90.667±42.55
Bağırsak	0.305±0.12*	0.966±0.17	6.419±4.48	9.522±3.08	98.000±39.08
Solungaç	0.2213±0.09	1.002±0.27*	5.071±2.09	9.153±4.67	84.000±33.22
Böbrek	0.3912±0.19*	1.115±0.63*	6.782±3.53	9.992±4.33*	99.333±42.56
Beyin	0.146±0.06	0.960±0.67*	6.179±4.05	9.117±4.58*	65.333±27.67
Kas	0.188±0.06	1.162±0.68*	6.74±4.69	11.434±5.49*	112.000±51.12

* $P<0.05$



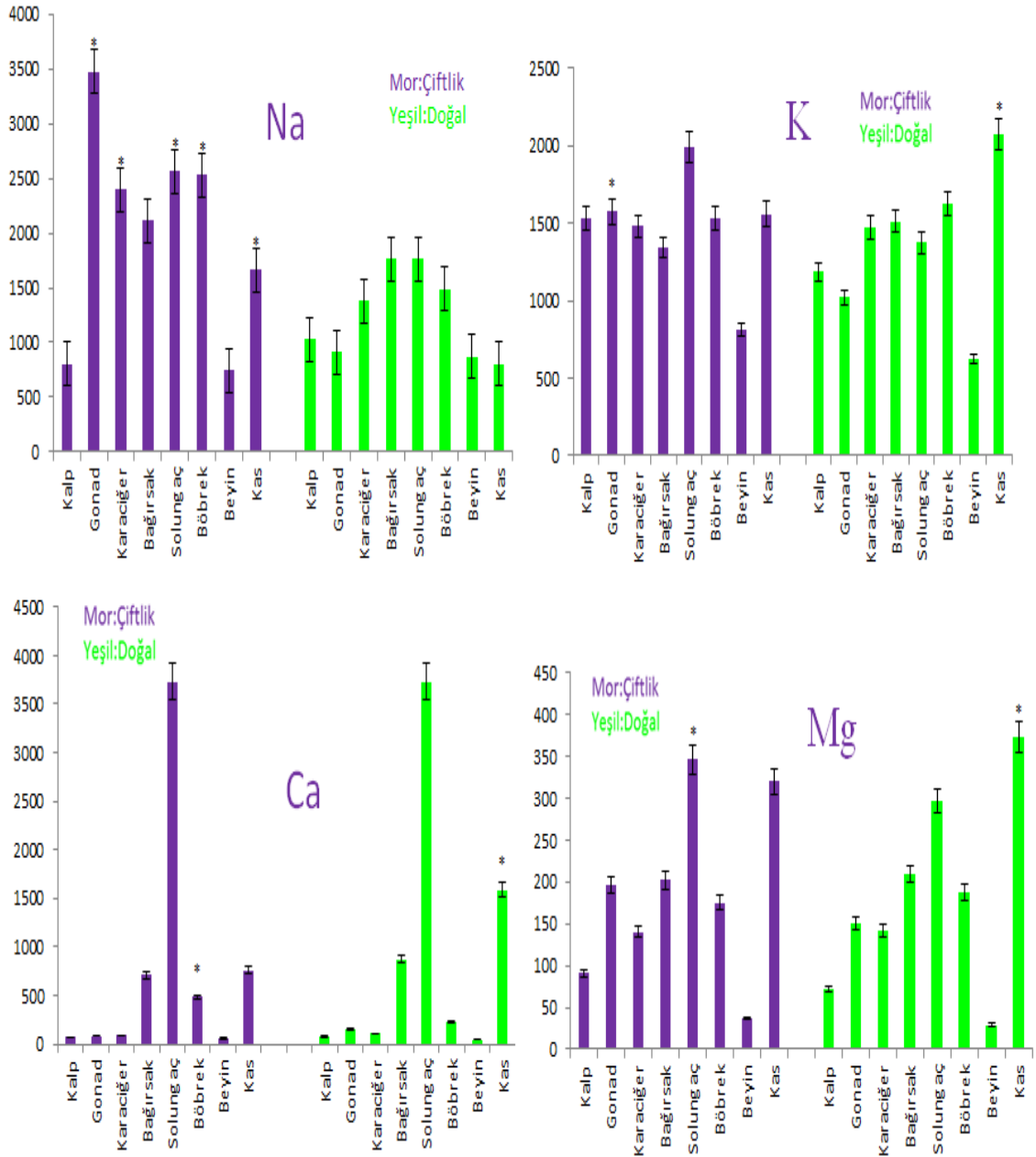
Şekil 3.3. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg).

Salmo trutta macrostigma balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre gonad dokusunda Na ve K elementlerinde; karaciğer dokusunda Na elementinde; bağırsak dokusunda Na elementinde; solungaç dokusunda Na ve Mg elementlerinde; böbrek dokusunda Na ve Ca elementlerinde; kas dokusunda ise Na, K, Ca ve Mg elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.4) (Şekil 3.4) ($P<0.05$).

Çizelge 3.4. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının makro element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg)

	Na	K	Ca	Mg
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Salmo trutta macrostigma</i>				
Kalp	800.49±153.21	1526.67±692.45	66.43±11.22	90.66±22.34
Gonad	3473.33±1278.42*	1573.33±509.78*	80,23±21.53	195.33±51.65
Karaciğer	2393.33±987.51*	1480.11±499.78	88.61±18.55	140.67±47.87
Bağırsak	2113.33±842.76*	1340.21±443.59	710.67±198.99	202.33±63.01
Solungaç	2566.67±963.45*	1986.67±541.69	3733.33±1069.34	346.67±87.79*
Böbrek	2533.33±756.96*	1526.67±498.11	480.91±98.55*	174.67±53.90
Beyin	746.67±157.89	813.33±256.39	58.73±14.76	36.667±12.56
Kas	1666.67±427.12*	1560.28±398.77	760.33±134.42	320.59±102.41
Doğal Ortamda Yetişen <i>Salmo trutta macrostigma</i>				
Kalp	1026.67±403.77	1186.67±397.19	73.33±23.78	71.33±28.91
Gonad	910.71±211.55	1020.12±300.81	153.53±50.67	150.41±71.49
Karaciğer	1380.33±498.99	1473,33±641.22	106.70±43.65	142.81±86.55
Bağırsak	1766.67±798.00	1513.33±568.76	873.33±408.61	209.33±58.98
Solungaç	1760.37±530.76	1373.33±309.57	3733.33±1501.99	296.67±81.34
Böbrek	1486.67±309.42	1626.67±609.55	230.61±78.16	188.20±73.51
Beyin	873.33±200.79	620.44±287.99	45.33±11.29	29.33±10.29
Kas	806.67±198.97	2073.33±897.11*	1586.67±641.18*	373.33±91.62*

* $P<0.0$



Şekil 3.4. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Salmo trutta macrostigma* alabalığının eser element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).

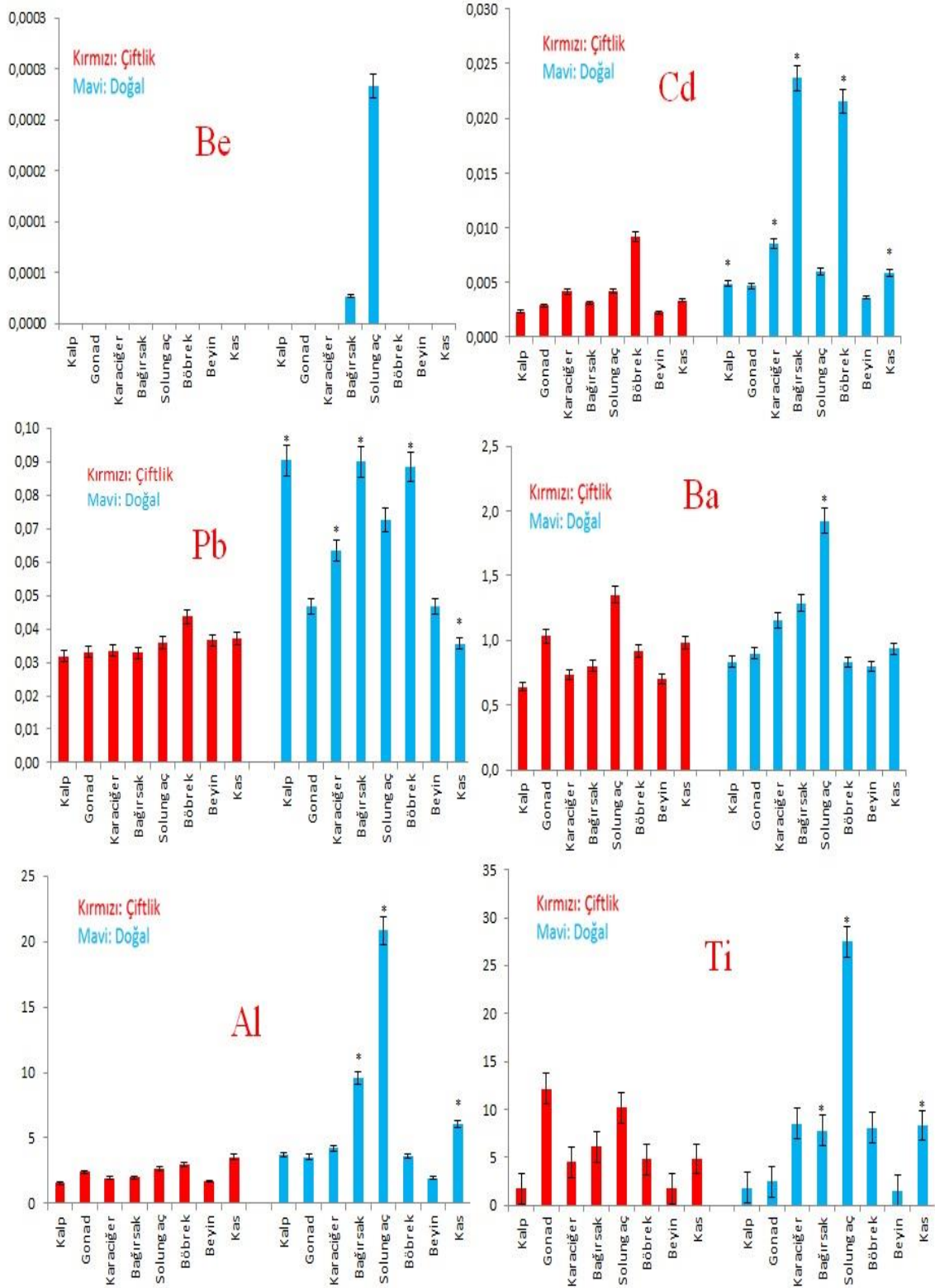
Oncorhynchus mykiss balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre kalp dokusunda Cd ve Pb elementlerinde; gonad dokusunda Ti elementinde; karaciğer dokusunda Cd, Pb ve Ti elementlerinde; bağırsak dokusunda Cd, Pb ve Al elementlerinde; solungaç dokusunda Pb, Ba, Al ve Ti elementlerinde; böbrek

dokusunda Cd, Pb ve Ti elementlerinde; kas dokusunda ise Cd, Al ve Ti elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.5) (Şekil 3.5) ($P<0.05$).

Çizelge 3.5. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg)

	Be	Cd	Pb	Ba	Al	Ti
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Oncorhynchus mykiss</i>						
Kalp	ALA	0.0024±0.00	0.032±0.01	0.638±0.10	1.544±0.54	1.699±0.89
Gonad	ALA	0.0029±0.00	0.033±0.01	1.032±0.45	2.412±0.79	12.12±5.55*
Karaciğer	ALA	0.0042±0.00	0.033±0.02	0.7364±0.21	1.932±0.73	4.508±2.05
Bağırsak	ALA	0.0032±0.00	0.032±0.01	0.8023±0.35	1.962±0.37	6.109±3.56
Solungaç	ALA	0.0042±0.00	0.035±0.01	1.351±0.45	2.65±0.98	10.149±4.97
Böbrek	ALA	0.0092±0.00	0.043±0.06	0.915±0.49	3.002±1.05	4.763±2.09
Beyin	ALA	0.0023±0.00	0.036±0.01	0.702±0.23	1.702±0.63	1.712±0.87
Kas	ALA	0.0034±0.00	0.037±0.02	0.982±0.66	3.550±1.02	4.814±1.97
Doğal Ortamda Yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i>						
Kalp	ALA	0.005±0.00*	0.090±0.33*	0.833±0.45	3.700±2.11	1.778±0.33
Gonad	ALA	0.0047±0.00	0.046±0.01	0.896±0.26	3.542±1.78	2.473±0.87
Karaciğer	ALA	0.009±0.00*	0.063±0.03*	1.150±0.79	4.200±1.59	8.477±2.67*
Bağırsak	0.000027±0.	0.024±0.09*	0.090±0.04*	1.283±0.83	9.528±5.59*	7.760±2.09
Solungaç	0.00023±0.0	0.006±0.02	0.072±0.05*	1.923±0.69*	20.83±8.66*	27.47±9.33*
Böbrek	ALA	0.022±0.01*	0.088±0.03*	0.832±0.49	3.630±1.07	8.027±3.05*
Beyin	ALA	0.0036±0.01	0.046±0.01	0.797±0.37	1.929±0.78	1.523±0.33
Kas	ALA	0.006±0.02*	0.035±0.01	0.934±0.36	6.053±4.67*	8.305±2.78*

* $P<0.05$



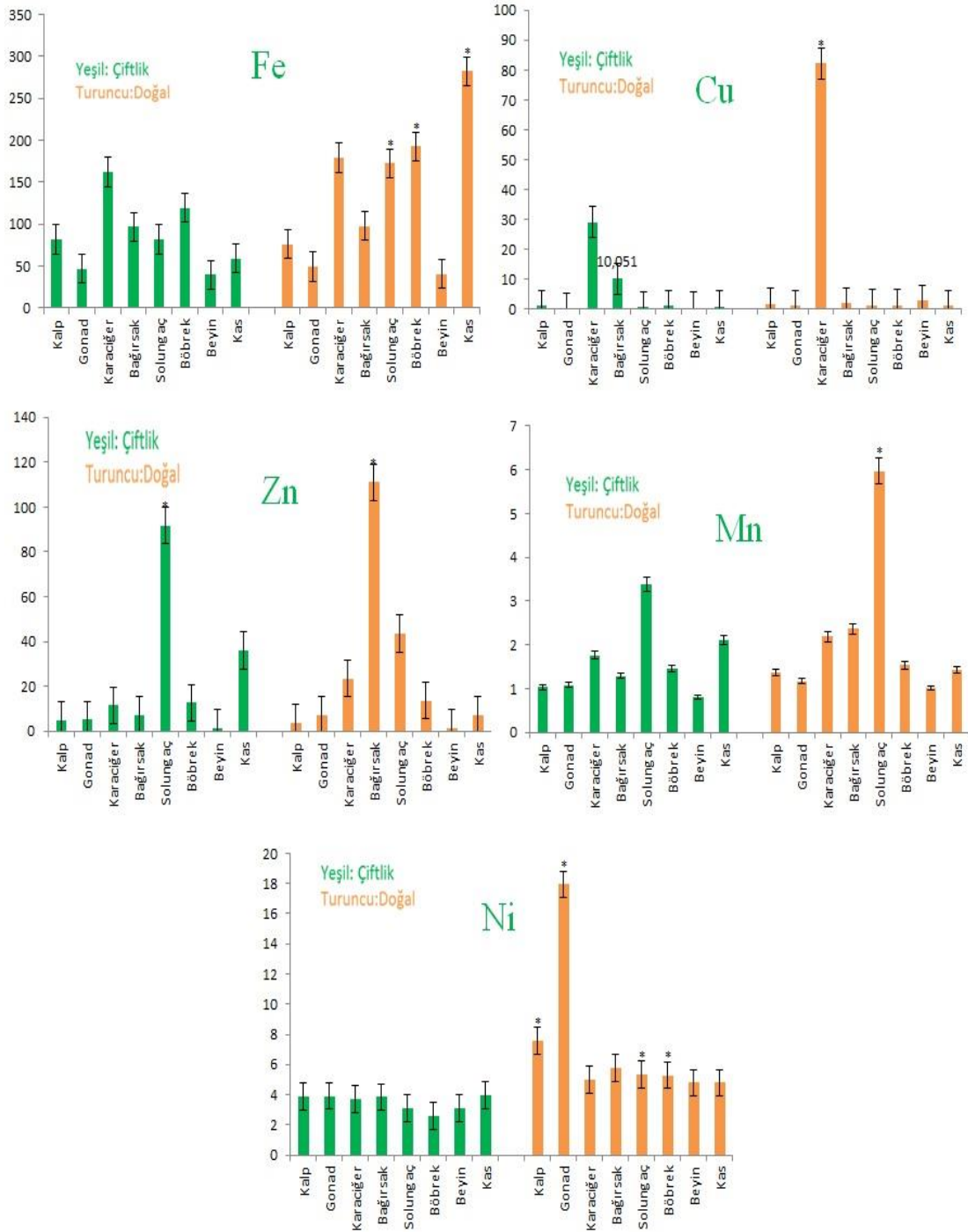
Şekil 3.5. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının toksik element (Be, Cd, Pb, Ba, Al, Ti) düzeyleri (mg/kg).

Oncorhynchus mykiss balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre kalp dokusunda Ni elementinde; gonad dokusunda Ni elementinde; karaciğer dokusunda Cu elementinde; bağırsak dokusunda Cu ve Zn, elementlerinde; solungaç dokusunda Fe, Zn, Mn ve Ni elementlerinde; böbrek dokusunda Fe ve Ni elementlerinde; kas dokusunda ise Fe ve Zn elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.6) (Şekil 3.6) ($P<0.05$).

Çizelge 3.6. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg)

	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Oncorhynchus mykiss</i>					
Kalp	82.720±33.03	0.945±0.37	4.998±2.67	1.036±0.45	3.850±1.08
Gonad	46.666±17.86	0.121±0.08	5.172±3.55	1.081±0.33	3.915±1.07
Karaciğer	162.330±67.98	29.086±16.79	11.556±6.04	1.767±0.46	3.736±0.94
Bağırsak	96.888±39.02	10.512±4.47*	7.242±3.99	1.294±0.94	3.834±1.12
Solungaç	82.930±28.67	0.502±0.17	91.81±37.89*	3.386±1.33	3.127±0.98
Böbrek	119.333±55.67	0.962±0.398	12.676±5.01	1.461±0.44	2.578±0.87
Beyin	39.333±9.64	0.431±0.29	1.422±0.76	0.802±0.33	3.111±1.09
Kas	59.333±21.39	0.893±0.49	35.958±7.57*	2.108±0.76	3.996±1.73
Doğal Ortamda Yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i>					
Kalp	76.090±22.50	1.613±0.33	3.753±1.03	1.374±0.49	7.57±2.89*
Gonad	49.333±17.37	0.971±0.35	7.227±2.12	1.176±0.51	17.93±4.59*
Karaciğer	179.33±93.04	82.28±34.76*	23.563±7.89	2.188±0.69	4.96±1.57
Bağırsak	98.088±39.66	1.88±0.73	111.87±78.65*	2.373±0.63	5.74±2.09
Solungaç	172.67±78.93*	1.156±0.59	43.49±22.51	5.96±2.67*	5.31±2.98*
Böbrek	192.67±98.67*	1.266±0.45	13.659±7.43	1.534±0.37	5.293±2.77*
Beyin	40.667±11.24	2.697±0.79	1.431±0.67	1.01±0.27	4.782±2.15
Kas	282.02±106.35*	0.957±0.36	7.187±2.61	1.439±0.34	4.781±1.99

* $P<0.05$



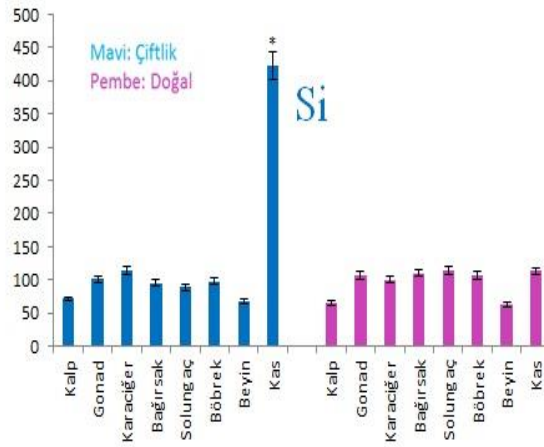
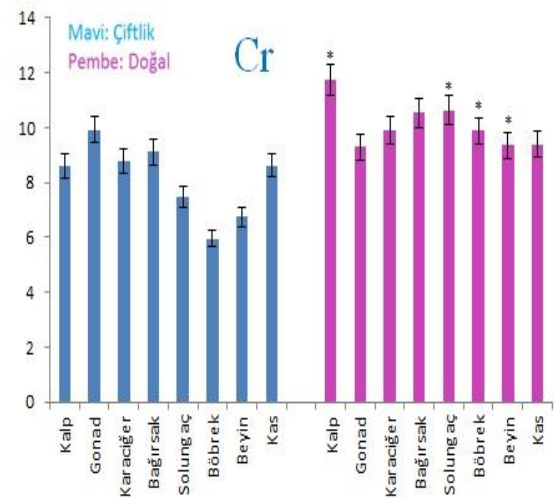
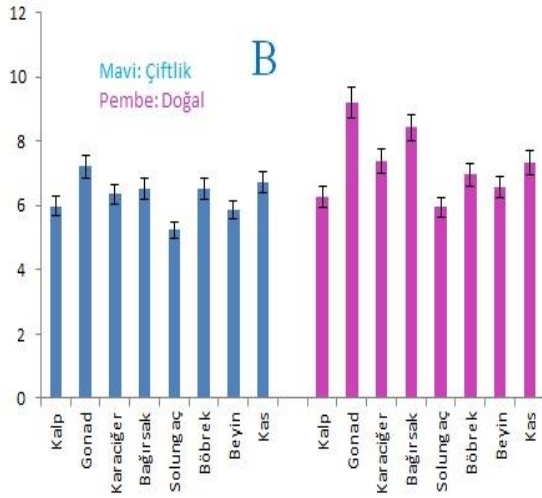
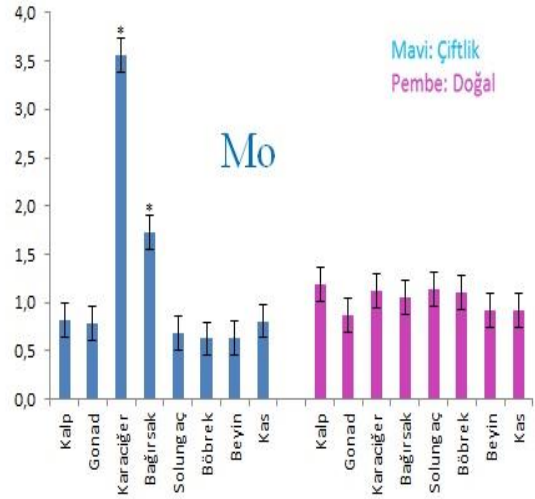
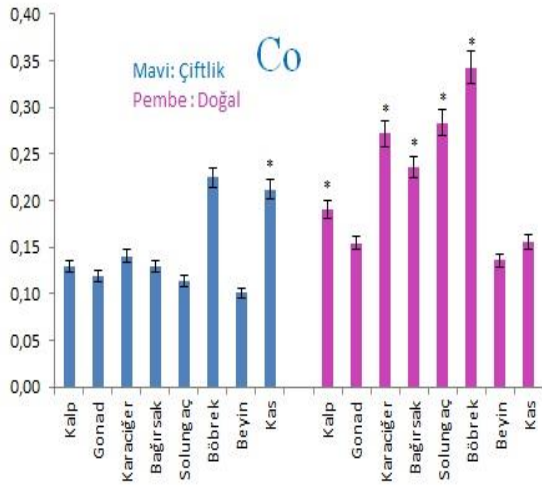
Şekil 3.6. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının eser element (Fe, Cu, Zn, Mn, Ni) düzeyleri (mg/kg).

Oncorhynchus mykiss balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre kalp dokusunda Co ve Cr elementlerinde; karaciğer dokusunda Mo ve Co elementlerinde; bağırsak dokusunda Co ve Mo elementlerinde; solungaç dokusunda Co ve Cr elementinde; böbrek dokusunda Co, ve Cr elementlerinde; beyin dokusunda Cr elementinde; kas dokusunda ise Co ve Si elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.7) (Şekil 3.7) ($P<0.05$).

Çizelge 3.7. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg)

	Co	Mo	B	Cr	Si
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Oncorhynchus mykiss</i>					
Kalp	0.129±0.00	0.819±0.23	5.988±1.67	8.615±3.67	71.333±30.64
Gonad	0.119±0.03	0.790±0.33	7.220±2.33	9.930±3.97	101.333±45.87
Karaciğer	0.139±0.05	3.555±1.63*	6.346±2.17	8.793±2.33	114.666±47.34
Bağırsak	0.129±0.02	1.721±0.55*	6.518±2.26	9.113±4.22	95.777±45.88
Solungaç	0.114±0.02	0.688±0.20	5.233±2.13	7.488±3.58	88.666±39.69
Böbrek	0.225±0.08	0.624±0.36	6.534±3.09	5.939±2.66	98.32±41.55
Beyin	0.101±0.09	0.636±0.23	5.868±2.11	6.745±3.01	68.490±27.87
Kas	0.212±0.06*	0.808±0.27	6.723±3.13	8.620±4.78	423.333±143.62*
Doğal Ortamda Yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i>					
Kalp	0.191±0.04*	1.184±0.27	6.273±2.67	11.733±5.23*	64.667±22.49
Gonad	0.155±0.50	0.874±0.13	9.207±5.63	9.296±3.97	106.666±43.91
Karaciğer	0.272±0.00*	1.123±0.33	7.370±3.49	9.925±3.33	100.667±33.57
Bağırsak	0.236±0.01*	1.06±0.29	8.431±3.99	10.540±4.99	110.870±38.59
Solungaç	0.2834±0.02*	1.136±0.26	5.943±2.33	10.616±4.07*	114.666±47.09
Böbrek	0.343±0.10*	1.099±0.59	6.967±4.64	9.876±3.67*	106.667±55.67
Beyin	0.136±0.01	0.923±0.47	6.554±3.98	9.352±3.79*	62.666±21.76
Kas	0.156±0.02	0.918±0.33	7.337±5.09	9.390±4.57	113.333±43.12

* $P<0.05$



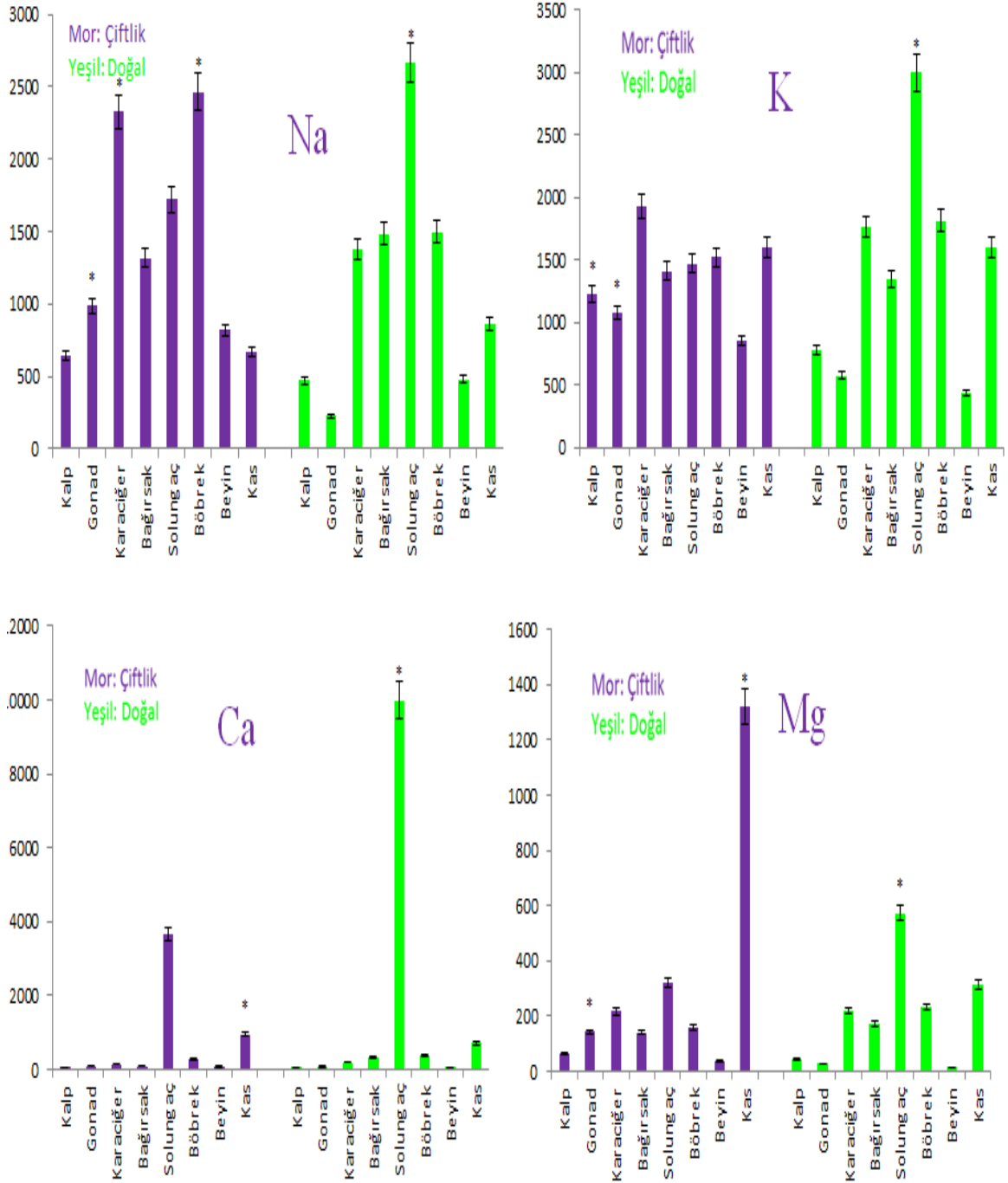
Şekil 3.7. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının eser element (Co, Mo, B, Cr, Si) düzeyleri (mg/kg).

Oncorhynchus mykiss balık türünde çiftlikte yetiştirilenlerin doğal ortamda yetişenlere göre kalp dokusunda K elementinde; gonad dokusunda Na, K ve Mg elementlerinde; karaciğer dokusunda Na elementinde; solungaç dokusunda Na, K, Ca ve Mg elementlerinde; böbrek dokusunda Na elementinde; kas dokusunda ise Ca ve Mg elementlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 3.8) (Şekil 3.8) ($P<0.05$).

Çizelge 3.8. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının makro element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg)

	Na	K	Ca	Mg
Çiftlikte Yetiştirilen <i>Oncorhynchus mykiss</i>				
Kalp	646.667±243.17	1226.667±491.34*	46.963±12.09	64.231±17.97
Gonad	986.666±345.11*	1080.723±200.78*	96.222±29.99	144.432±29.88*
Karaciğer	2326.667±989.67*	1933.333±654.09	146.666±47.12	217.333±98.06
Bağırsak	1320.432±543.88	1413.333±397.65	96.222±22.19	141.778±39.99
Solungaç	1720.333±459.98	1473.333±379.67	3666.67±1543.05	320.667±71.88
Böbrek	2466.667±777.05*	1520.691±504.61	286.666±67.16	159.333±49.19
Beyin	820.212±151.65	853.333±154.62	76.667±29.31	36.667±7.08
Kas	666.667±98.63	1606.667±698.01	953.333±378.09*	1320.667±287.53*
Doğal Ortamda Yetişen <i>Oncorhynchus mykiss</i>				
Kalp	473.333±78.51	780.433±176.24	42.432±9.09	44.333±17.06
Gonad	226.111±61.32	573.333±157.87	72.666±37.06	29.334±8.07
Karaciğer	1380.330±434.89	1766.667±708.92	193.333±65.78	220.293±78.50
Bağırsak	1486.667±435.79	1346.667±459.22	340.633±151.55	171.333±64.32
Solungaç	2666.667±678.11*	3000.001±998.65*	10000.01±3000.21*	573.333±151.90*
Böbrek	1500.021±355.98	1813.333±764.12	393.333±69.05	233.333±54.16
Beyin	480.020±151.24	440.332±101.27	24.666±6.39	16.266±6.98
Kas	866.667±303.79	1606.667±709.63	713.333±265.72	313.333±101.32

* $P<0.05$



Şekil 3.8. Çiftlikte ve doğal ortamda yetişen *Oncorhynchus mykiss* alabalığının eser element (Na, K, Ca, Mg) düzeyleri (mg/kg).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda, dünya çapında tüketilen balık miktarı yararlı yüksek kaliteli proteinlerden, yüksek yağ asidi ve mineral içeriğinden dolayı hızla büyümektedir (Bosch ve ark., 2016; Golden ve ark., 2016). İnsan nüfusunun artması, ekonomik ve teknolojik gelişmeler dünya çapında su kalitesinde önemli ölçüde bozulmalara yol açmıştır (Zhang ve ark., 2015; Rajeshkumar ve ark., 2017). Bu durum su kaynaklarına ve nehirlere daha fazla kirletici madde boşaltılarak su kirliliği ve ötrofikasyonu meydana getirmektedir. Bu nedenle, suda yaşayan canlıların, özellikle de yaygın olarak tüketilen balık türlerinde toksik metal konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir (Liu ve ark., 2015 ; Gu ve ark., 2016).

Hızlı nüfus artışına paralel olarak gıda ihtiyacıda artmaktadır. Sağlıklı bir beslenme için tüm besin maddelerinden yeteri kadar alınmalıdır. Yetişkin bir birey günde 35-40 g hayvansal protein almalıdır. Çiftliklerde yetiştiriciliği yapılan sığır, koyun, tavuk gibi hayvanlar vücut ısılarını sabit tutmak için ilave yem tüketirler. Hâlbuki balıkların soğukkanlı olmalarından dolayı, vücut sıcaklıklarını sabit tutmak gibi bir mecburiyetleri yoktur. Bu sebepten, daha az yem tüketirler ve yemden daha iyi yararlanırlar. Ülkemizde balık yetiştiriciliğinin çok iyi durumda olduğu söylenemez. Ancak ülkemizin üzerinde bulunduğu iklim kuşağı nedeni ile iç su ve deniz balıklarının yetiştiriciliğine çok uygundur. Alabalık yetiştiriciliği dünyada yaklaşık 100 yıldır yapılmaktadır. Ülkemizde ise yaklaşık 25 yıldır sazan ve alabalık yetiştiriciliği yapılmaktadır (Öksel, 2012).

Çin'de Taihu Gölü Meiliang Körfezi'nde bulunan *Carassius carassius* ve *Crassostrea gigas* balık dokularında yapılan çalışmada (Pb, Cd, Cr ve Cu) ağır metal düzeylerinin genel olarak yüksek dozda olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada bu sonuca ekosistemin bozulmasının, sanayileşmenin ve insanın çok yönlü faaliyetlerinin neden olduğu ifade edilmektedir (Rajeshkumar ve ark., 2018). Yine Güney Çin denizinde ticari olarak değerli olan ve doğal olarak yetişen (*Thunnus obesus*, *Decapterus lajang*, *Cubiceps squamiceps* ve *Priacanthus macracanthus*) balık türlerinde (Cd, Pb, Cr, Ni, Cu ve Zn) element düzeyleri belirlenmiştir. Bulunan değerlerin sağlık açısından tehlike oluşturmadığı bildirilmiştir (Gu ve ark., 2017). Varol ve ark., (2017) Fırat nehri üzerinde bulunan balık çiftliğinden alınan Gökkuşağı alabalığı ile yapılan eser element

çalışmasında Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, As, Pb, Cd and Zn elementlerinin düzeyleri ve sürekli tüketim durumunda vücuttaki birikimi araştırılmıştır. Ağır metal düzeylerinin uluslararası sağlık kuruluşlarınca izin verilen seviyeyi aşmadığı belirtilmiştir. Yaptığımız çalışmada da bulunan değerlerin bazılarının bu çalışmalar ile paralellik gösterdiği görülmektedir.

Homa Lagününde bulunan *Mytilus galloprovincialis* ve *Thylacodes decussatus* türleri ile yapılan bir çalışmada (Hg, Cd, Pb, Cr, Zn ve Cu) element konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışmada artan çevresel kirlilik sonucu ağır metal düzeyinin potansiyel risk oluşturduğu belirtilmiştir (Bilgin ve Suzer, 2017). *Alburnus tarichi*, balık türünde bazı metal düzeylerinin değişiminin araştırıldığı bir çalışmada (Be, Bi, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn, Se, Ni, Mn) elementlerinin varlığı analiz edilmiştir. Bu durumun çevre kirliliğinin bir sonucu olduğu bildirilmiştir (Yeltekin ve Oğuz, 2017). Qin ve ark., (2015) Çin’ de üç ayrı balık çiftliğinden alınan sazan balığında (Li, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Mo, Zn, Se, Sr, Al, Ti, As, Cd, Sb, Ba, Hg, Pb ve U, Co, Be, Ga, Ag, Sn, Te, Tm ve Tl) eser elementlerinin düzeylerini belirlemiştir. Yaptığımız çalışmada toksik element düzeylerinin bu çalışmalardan yüksek olduğu görülmektedir. Fakat yine de balık dokusu Pb ve Cd toksik element düzeylerinin Turkish Food Codex (TFC, 2011) ve European Communities Commission Regulation (EC, 2006) (balık dokusunda olabilecek maksimum Pb ve Cd düzeyi 0.3-0,05 (mg/kg wet weight) olarak belirlenmiştir.) tarafından belirlenen maksimum limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Her iki balık türünün bazı dokularında Be elementinin olduğu da belirlenmiştir (Çizelge 3.1, 3.5). Bununla birlikte, toksik etkileri olan berilyumun balıkta buluna bilecek en alt seviyesi literatürde bildirilmemiştir. Doğal ortamda bulunan balıkların solungaç dokusunda ise özellikle Al ve Ti düzeylerinin daha önce belirtilen çalışmada ki değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun su kirliliğinden ve nehir çevresindeki tarımsal ilaçlamalardan kaynaklandığı düşünülebilir. Toksik olan Ba elementi düzeyleri ise diğer literatür sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Güney Çin’de Xiang nehrinde bulunan (*Carassius auratus*, *Squaliobarbus curriculus*, *Pelteobagrus fulvidraco* ve *Silurus asotus*) dört balık türünde (Mg, Al, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Ba ve Pb) 16 elementin düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmada balık boyutları ile element düzeyleri arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Ancak balık tüketiminde element düzeylerinin sağlığa

zararlı bir boyutta olmadığı belirtilmiştir (Jia ve ark., 2018). Bhourri ve ark. (2010), Tunus'ta yaptıkları çalışmada doğal levrek balığı ile denizde kafes içerisinde yetiştirilen levrek balıklarının kas ve karaciğer dokularında K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn element konsantrasyonlarını belirlemiştir. Kafes içerisinde yetiştirilen balıklarda Mn ve Zn element konsantrasyonu, doğal ortamda yetişen balıklara göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Bu değerler arasındaki farklılığın beslenmeden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Yaptığımız çalışmada da her iki ortamda bulunan balık türlerinin element düzeylerinin bu çalışmaların sonuçları ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Avigliano ve ark. (2015), Arjantin'de farklı bölgelerde bulunan sulara gümüş balığının kas dokusunda ağır metal ve eser element düzeylerini araştırmıştır. Çalışmada As, Ag, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, Ga, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Te, Ti, U, V ve Zn element düzeyleri tespit edilmiştir. Toksik olan As, Hg ve Pb düzeylerinin sağlığı tehdit edecek kadar yüksek olduğunu bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada ise doğal ortamda yetişen balıklarda *Salmo trutta macrostigma* türünde Cd, Pb, Ba, Al, Fe, Mn, Ni, Co, Cr elementleri, çiftlikte yetiştirilenlerde ise Na, Cu, Zn, elementleri balığın bazı dokularında daha yüksek seviyelerde bulunarak anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4). *Oncorhynchus mykiss* türünde ise doğal ortamda yetişen balıklarda Cd, Pb, Ba, Al, Fe, Mn, Ni, Cr elementleri, çiftlik ortamında Mo elementi de daha yüksek düzeyde bulunarak anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 3.5, 3.6, 3.7, 3.8). Bu farklılıklar balıkların çiftliklerde kaynak suyu ortamında yem ile beslenmesinden, doğal ortamda ise her türlü dış etkiye açık bir nehirde sucul canlılardan beslenmesinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Sonuç olarak; örnekleme için bölgemizde ticari amaçlı alabalık üretiminde önemli bir yeri olan Van'ın Çatak ilçesi ve Çatak nehri tercih edilmiştir. Çatak nehrinde doğal olarak yetişen *Salmo trutta macrostigma* ve *Oncorhynchus mykiss* ile çiftliklerde yetiştirilen *Salmo trutta macrostigma* ve *Oncorhynchus mykiss* bakılarının kalp, kas, karaciğer, böbrek, solungaç, gonad, beyin ve bağırsak dokularında toksik element, eser element ve makro element düzeyleri ICP-OES cihazı ile analiz edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde genel olarak doğal ortamda büyüyen balıkların tükettikleri besinlerin belirli bir kontrol altında olmaması ayrıca bu balıkların nehir suyu ortamında bulunmalarından dolayı element düzeyleri bazı dokularda daha yüksek seviyede olabilmektedir. Çiftliklerde yetiştirilen balıkların ise daha kontrollü bir şekilde yem

tüketmelerinden ve kaynak suyu ortamında bulunmalarından dolayı elementleri daha düşük düzeyde olabilmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, doğal ortamda ve çiftliklerde yetişen her iki balık türünün de eser element ve makro element düzeyleri bakımından besin kalitesinin yüksek olduğu görülmektedir. İki balık grubu arasındaki element konsantrasyonlarında gözlenen farklılıkların çevre koşullarına, balık hareketliliğine, beslenme farklılıklarına ve element biriktirme kabiliyetlerine bağlı olarak değiştiği düşünülebilir. Ayrıca çalışmada, metabolizma için oldukça büyük öneme sahip olan Se elementi ile toksik As ve Sn elementlerinin tespit edilememesinin ICP-OES cihazında ölçüm esnasında elementler arası etkileşiminden (interferans) kaynaklandığı düşünülebilir.



KAYNAKLAR

- Aksoy, M., 2011. *Beslenme Biyokimyası*, 3.Baskı, Ankara, 703s.
- Anonim, 1998. *Çatak Kaymakamlığı Brifing Dosyası*: 2, Çatak – Van.
- Anonim, 2009. *Drinking Water Contaminants*, United States Environmental Protection Agency EPA, Washington. 816-F-09-0004.
- Atay, D., Korkmaz, A.G., 2001. *Balık Üretim Tesisleri ve Planlanması*, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi, Ankara, 215.
- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laurenson, L.J.B., Stagnitti, F., Snow, E., 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **53**: 348–354.
- Avigliano, E., Schenone, N.F., Volpedo, A.V., Goessler, W., Cirelli, A.F., 2015. Heavy metals and trace elements in muscle of silverside (*Odontesthes bonariensis*) and water from different environments (Argentina): aquatic pollution and consumption effect approach. *Science of the Total Environment*. 506-507.
- ATSDR. 2005. Toxicological profile for barium and barium compounds (draft for public comment). U.S. Department of Health and Human Services. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*.
- Bilgin, M., Suzer, E.U. 2017. Assessment of trace metal concentrations and human health risk in clam (*Tapes decussatus*) and mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea). *Environmental Science Pollution Research* **24**: 4174–4184. DOI 10.1007/s11356-016-8163-2.
- Bosch, A.C., Neill, B.O., Sigge, G.O., Kerwath, S.E., Hoffman L.C. 2016. Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **96**, 32-48.
- Boylu, D., 2014. *Prebiyotik Kullanımının Balık Bağırsak Florası ve Büyüme Parametrelerine Etkisi*. Yeksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Bhourri, A.M., Bouhlel, I., Chouba, L., Hammami, M., El Cafsi, M., Chaouch, A., 2010. Total lipid content, fatty acid and mineral compositions of muscles and liver in wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*), *African Journal of Food Science*, **4**(8): 522-530.
- Brown, M. L., 1990. *Present Knowledge in Nutrition*, 6th edition, edited by. International Life Sciences Institute-Nutrition Foundation (USA).
- Bruno, D.W., Poppe, T.T., 1996. *A Colour Atlas of Salmonid Diseases*. Academic Press. London.194 p.
- Canlı, M., Ay, Ö., Kalay, M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. *Tr. J. of Zoology*. **22**: 149-157.
- Canlı, M., Atli, G., 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*. **121**: 129-136
- Cavallo, F., Gerber, M., Marubini, E., et al., 1991. Zinc and copper in breast cancer, a joint study in northern Italy and Southern France. *Cancer*. **67**: 738-745.
- Chatwal, G. R., Arora, M., 2008. *Analytical Chemistry*. Himalaya Publication Mumbai, 44-45.

- Chen, Z., Meng, H., Xing, G., Chen, C., Zhao, Y., Jia, G., Wang, T., Yuan, H., Ye, C., Zhao, F., Chai, Z., Zhu, C., Fang, X., Ma, B., Wan, L., 2006. Acute toxicological effects of copper nanoparticles in vivo. *Toxicological Letters*, **163**(2): 109-120.
- COMA, 1991. *Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom*. Report of the Panel on Dietary Reference Values, Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy. HMSO, London.
- Çelikkale, M.S., 1994. *İç su Balıkları ve Yetiştiriciliği*. Cilt, I. K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi. Trabzon. Yayın No: 2. 419 s.
- Çetinkaya, O., 1996. Çatak çayı (Dicle Nehri) dağ alabalıklarının (*Salmo trutta magostigma* Dummerl, 1858) Bazı biyolojik özelliklerinin incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*.
- Davidson, T., Kluz, T., Burns, F., Rossman, T., Zhang, Q., Uddin, A., Nadas, A., Costa, M., 2004. Exposure to chromium (IV) in the drinking water increases susceptibility to UV-induced skin tumors in hairless mice, *Toxicology and Applied Pharmacology*, **196**: 431-437.
- Demirel, S., Tüzen, M., Saraçoğlu, S., Soylak, M., 2008. Evaluation of various digestion procedures for trace element contents of some food materials. *Journal of Hazardous Materials*, **152**: 1020-1026.
- Denkhaus, E., Salnikow, K., 2002. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity, *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, **42**: 35-56.
- Dünya Sağlık Örgütü, 1982a. *Toxicological evaluation of certain food additives*, Joint FAO/WHO expert committee on food additives, WHO food additives series Geneva. No: 7.
- Dünya Sağlık Örgütü, 1982b *Evaluation of certain food additives and contaminants*, Technical report series Geneva. No: 683.
- Dural, M., Göksu, M.Z., Özak, A.A., 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon, *Food Chemistry*, **102**: 415-421.
- EC., 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the *European Union, Commission Regulation* No:1881, 2006.
- Emre, Y., Kürüm, V., 1998. *Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri*, Ankara, 1: 215-217.
- FAO, 1983. *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fisheries products*, Food and Agriculture Organization, Fish Circ No: 464.
- Fosmire, G.J., 1990. Zinc toxicity, *The American Journal of Clinical Nutrition*, **51**: 225-227.
- Föstner, U., Wittman, G.T.W., 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environments*. Springer Verlag, Berlin, Germany. 486p.
- Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., Serra, J.A., Barat, J.M., 2010. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality, *Food Chemistry*, **119**: 1514-1518.
- Ganjavi, M., Ezzatpanah, H., Givianrad, M.H. Shams, A., 2010. Effect of canned tuna fish processing steps on lead and cadmium contents of Iranian tuna fish. *Food Chem.* **118**: 525p.
- Golden, C.D., Allison, E.H., Cheung, W.W., Dey, M.M., Halpern, B.S., Mc Cauley D.J.

- Smith, M., Vaitla, B., Zeller, D., Myers, S.S., 2016. Nutrition: fall in fish catch threatens human health. *Nature*, **534**: pp. 317-320.
- Goldscmidt, V.M., 1958. *Geochemistry*. Oxford Univ. Pres, London, 730.
- Gu, Y.G., Huang, H.H., Lin Q. 2016. Concentrations and human health implications of heavy metals in wild aquatic organisms captured from the core area of Daya Bay's fishery resource reserve, South China Sea. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, **45** : pp. 90-94
- Güner, Y., 2003. *Alabalık Yetiştiriciliği*. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araş. Merkezi, Çiftçi Broşürü. 43.
- Gürdöl, F., Ademoğlu, E. 2010. *Biyokimya*. Nobel Tıp Kitapevleri. İstanbul/Türkiye. 2: 475-478.
- He, Z.P., Song, J.M., Zhang, N.X., Zhang, P. Xu, Y.Y., 2009. Variation characteristics and ecological risk of heavy metals in the south Yellow Sea surface sediments. *Environ. Monit. Assess.* **157**:515-528.
- Hem, J. D., 1985. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Naturel Water*. U. S. Geological Survey Water-Supply, USA, 263.
- Hoenig, M., 2001. *Preparation Steps in Environmental Trace Element Analysis*- Facts and Traps. *Talanta*, **54**: 1021-1038,
- Honda, K., Tatsukawa, R., Itano, K., Miyazaki, N Fujiyama, T., 1983. Heavy Metal Concentrations in Muscle, Liver and Kidney Tissue of Striped Dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and Their Variations with Body Length, Weight, Age and Sex. *Agric. Bioi. Chem.* **47** (6), 1219-1228,
- HSDB, 2007. Barium, elemental. *Hazardous Substances Data Bank*. National Library of Medicine. <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. October 16, 2007
- İnal, A., Kaçar, B. 2010. *Bitki Analizleri*, Nobel Akademi Yayıncılık, Ankara, 1- 912.
- İngiliz Sağlık Departmanı, 1991. *Committee on Medical Aspects of Food Policy, Dietary Reference Values For Food Energy and Nutrients in the United Kingdom*. Report on health and Social Subjects. London. No: 41.
- Jia, Y., Wang, L., Cao, J., Li, S., Yang, Z. 2018. Trace elements in four freshwater fish from a mine-impacted river: spatial distribution, species-specific accumulation, and risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1207-z>
- Kanışkan, N., Açıkkalp, E., Caner, N., Güven, A., 1996. *Temel Kimya*, Ed.: Zor, L., Anadolu Üniversitesi Yayınları. Eskişehir. No: 672.
- Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., Nastis, A. 2008. Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. *Bioresource Technology*, **99**: 8578-8584.
- Kaya, S., ve Akar, F., 1998. Herbisidler, "Kaya S. ve ark.(eds): *Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji*, 1. baskı" kitabında s. 272 Medisan Yayınevi, Ankara,
- Kılıç, B. A., Ragab A. 1998. Interlökin-6 geni baskılanmış transgenik farelerde titanyum partiküllerinin osteolitik etkilerinin değerlendirilmesi *Acta Orthop Traumatol Turc*, **32**: 215-218.
- Kingston, H. M., 1998. *Overview of Microwave Assisted Sample Preparation*, 1. Baskı, Duquesne University, Pittsburgh, 88-212.
- Köse, E., 2007. *Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi), Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı.

- Kromhout, D., Bosschieter, E.B, Lezenne, C.C., 1985. The Inverse Relation Between Fish Consumption and 20-Year Mortality From Coronary Heart Disease. *The New England Journal of Medicine*. **312**:1205-1209.
- Leitritz, E., Lewis, R.C., 1980. Trout and salmon culture (Hatchery methods). *Publications - Agriculture and Natural Resources.*, **41**: Berkeley. 197p.
- Leyens, C., Peters, M., 2003. "Titanium and titanium alloys", *Wiley-VCH*, 2003.
- Liu, J.L., X.R. Xu, Z.H. Ding, J.X. Peng, M.H. Jin, Y.S. Wang, Y.G. Hong, W.Z. 2015. Yue Heavy metals in wild marine fish from South China Sea: levels, tissue- and species-specific accumulation and potential risk to humans. *Ecotoxicology*, **24** : pp. 1583-1592
- Mc Neely, R.N., Dwyer, L., Neimanis, V.P., 1979. *Water Quality Sourcebook- A guide to Water Quality Parameters : Inland Waters Directorate*, Water Quality Branch, Ottawa Canada, 88.
- Mertz, M., 1981. The Essential Trace Elements, *Science*, **213**: 1332-1338.
- Minganti, V., Drava, G., De Pellegrini, R., Siccardi, C., 2010. Trace elements in farmed and wild gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Marine Pollution Bulletin*, **60**: 2022-2025.
- Milacic, R., Kralj, B. 2003. Determination of Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr in Some Slovenian Food Stuffs. *European Food Research and Technology* **217**:211-214,
- Montaser, A., Golightly, D.W. (Editörler). 1992. Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry. *VCH Publishers*, 1-1040,
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Singh, R.B., Mishra, S., 2010. Effect of toxic metals on human health, *The Open Nutraceuticals Journal*, **3**: 94-99.
- Oğuz, A.R., Yeltekin, A.Ç., 2014. Metal Levels in the Liver, Muscle, Gill, Intestine, and Gonad of Lake Van Fish (*Chalcalburnus tarichi*) with Abnormal Gonad. *Biol Trace Elem Res*. **159**: 219-223.
- Oliveira, E. 2003. Sample preparation for atomic spectroscopy: Evolution and Future Trends. *Journal of The Brazilian Chemical Society.*, **14**(2): 174-182.
- Oliva, S. R., Raitio, H., Mingorance, M. D. 2003. Comparison of Two Wet Digestion Procedures for Multi-element Analysis of Plant Samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. **34**: 2913-2923.
- Onat, T., Emerk, K., Sözmen, E.Y. 2006. *İnsan Biyokimyası*. Palme Yayıncılık. Ankara/ Türkiye.2: 606-607.
- Öksel, G. 2012. *Balık Yetiştiriciliği*. Tarım Kütüphanesi. BALIK_YETİSTİRİCİLİĞİ <http://www.tarimkutuphanesi.com/> 12.12.2017
- Patterson, K.Y., Holbrook, J.t., Bodner, J.E., Kelsay, J.L., Smith, J.C., Veillon, C., 1984. Zinc, copper, and manganese intake and balance for adults consuming self-selected diets, *The American Journal of Clinical Nutrition*, **40**: 1397-1403.
- Plum, L.M., Rink, L., Haase, H., 2010. The essential toxin: Impact of zinc on human health, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **7**: 1342-1365.
- Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. Mou, Z., 2015. Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish. *Food Control*. **50**: 1-8.
- Radjaei, A., 2006. *Kuzey Marmara Denizi'ndeki Karagöz İstavrit Balığında (Trachurus trachurus L., 1758) Bazı Ağır Metal Birikimleri*. (Yüksek lisans tezi), Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, İstanbul.

- Rajeshkumar, S., Liu Y., Zhang X., Ravikumar B., Bai G., Xiaoyu L. 2018. Studies on seasonal pollution of heavy metals in water, sediment, fish and oyster from the Meiliang Bay of Taihu Lake in China. *Chemosphere* **191** : 626-638. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.078>
- Rajeshkumar, S., Liu, Y., Ma, J., Duan, H.Y., Li, X., 2017. Effects of exposure to multiple heavy metals on biochemical and histopathological alterations in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Fish. Shellfish. Immunol.* S 1050-4648 (17) 30474-6. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.08.013>.
- RDA 1989 (Recommended Dietary Allowances), 10th edition, Food and Nutrition Board Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAS, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, *National Research*. Council;1989
- Slastenenko, E., 1955. *Karadeniz havzası balıkları*. E.B.K. Umum Müd. Yay. İstanbul, **11**(3): 17-18.
- Schiffmann, R.F. 1986. Food Product Development for Microwave Processing. *Food Technology*, **40**(6): 94-98.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman, T. A. 2013. *Enstrümental Analiz İlkeleri*. (Çeviri Editörü): Kılıç, E., Köseoğlu, F., Yılmaz, H., Bilim Yayıncılık, 232- 1037.
- Smit, A.H., Steinmaus, C.M., 2009. Health effects of arsenic and chromium in drinking water: Recent Human Findings, *Annual Review of Public Health*, **30**: 107-122.
- Steffens, W., 1981. Moderne Fish wirts chaft. *Verlag J. Neumann-Neudamm*. Melsungen. Berlin. Basel. Wien. 375 s.
- Tarhan U., Harmancı A., 2013. Van'da Alabalık Üretimi "Van, Alabalıkta Bir Dünya İlidir". <http://www.vansiyaseti.com/van/vanda-alabalik-uretimi-h15263.html>. **18 Kasım 2013**.
- TFC., 2011. *Regulation on contaminants in foodstuffs*. Republic of Turkey Ministry of Food Agriculture and Livestock, Number: 28157, Ankara.
- Tuzen, M., 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea Turkey, *Food and Chemical Toxicology*, **47**: 1785-1790.
- Üstdal, K. M., Karaca, L., Türmöz, Y., Testereci, H., Kuş, S., Paşaoğlu, H., 2003. *Biyokimya*. Medipres Matbacılık Yayıncılık. Malatya/Türkiye 1: 174-175.
- Varol, M., Kaya, G.K., Alp A., 2017. Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River: Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment* 599–600. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.052>
- Viñas, P., Pardo-Martínez, M., Hernández-Córdoba, M., 2000. Rapid determination of selenium, lead and cadmium in baby food samples using electrothermal atomic absorption spectrometry and slurry atomization, *Analytica Chimica Acta*, **412**: 121-130.
- Waalkes, M.P., Anver, M.R., Diwan, B. A., 1999. Chronic Toxic and Carcinogenic Effects of Oral Cadmium the Noble Rat: Induction of Neoplastic and Proliferative Lesions of the Adrenals, Kidney, *Prostate and Testes J Toxicol Environ Health*, **58**: 199-214.
- World Health Organization (WHO). 1984. *Guidelines for Drinking Water Quality*, Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information : WHO Publ., Geneva, Switzerland, 335.
- Yanık, T., 2009. Gökkuşluğu alabalığı ve alabalıkların morfolojik özellikleri arazi çalışmaları. *Doğal Alabalık Çalışmayı*.

- Yarsan, E. Bilgili, A., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus Krynicky*) Örneklerinde Ağır Metal Düzeyleri. *Türk J. Vet . Anim. Sci.*, 24:93-96.
- Yeltekin, A.Ç., Oğuz A.R., 2017. The Variations in The Levels of Some Metals in The Different Tissues of Van Fish (Alburnus Tarıçlı, Guldenstadt 1814) According to Gender and Weight, *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.26, pp.864-871.
- Yılmaz, A., Genç, O., Bektaş, A., 1997. *Enstrümental Analiz Yöntemleri*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Hacettepe Üniversitesi, Ankara,
- Yildiz, M., 2008. Mineral composition in fillets of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*): A comparison of cultured and wild fish, *Journal of Applied Ichthyology*, 24(5): 589-594.
- Ysart, G., Miller, P., Croasdale, M., Crews, H., Robb, P., Baxter, M., L'argy, C., Harrison, N., 2000. 1997 UK Total diet study – dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc, *Food Additives and Contaminants*, 17(9): 775-786.
- Zhang, L., Shi, Z., Zhang, J.P., Jiang, Z., Wang, F., Huang, X., 2015. Spatial and seasonal characteristics of dissolved heavy metals in the east and west Guangdong coastal waters, South China. *Mar. Pollut. Bull.* 95, 419-426.

ÖZGEÇMİŞ

Van'da 1990 yılında doğdu. İlk ve Orta öğretimini Van'da tamamladı. 2011 yılında Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sağlık Yüksek Okulu Hemşirelik Bölümü'ne başlayıp 2015 yılında mezun oldu. 2015 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 18/05/2018

Tez Başlığı / Konusu: “Çatak Çay’ında Yetişen Kırmızı Benekli Alabalık İle Tesislerde Yetiştirilen Bazı Alabalık Türlerinin Eser Element Ve Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması”

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 65 sayfalık kısmına ilişkin, 18/05/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3 (üç) dür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

18/05/2018

Adı Soyadı: Emin SAĞLAMER

Öğrenci No: 159102102

Anabilim Dalı: Kimya / Biyokimya

Programı: Tezli

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Dr. Öğr. Üyesi Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)