

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**BOR MADENLERİNE YAKIN BÖLGELERDEKİ BAZI  
ELEMENTLERİN FRAKSİYONLANMASI VE  
BİYOERİŞİLEBİLİRLİK  
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**MESUT ALAN**

**BALIKESİR, MAYIS - 2017**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**



**BOR MADENLERİNE YAKIN BÖLGELERDEKİ BAZI  
ELEMENTLERİN FRAKSİYONLANMASI VE  
BİYOERİŞİLEBİLİRLİK  
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**MESUT ALAN**

**Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Derya KARA FISHER (Tez Danışmanı)**

**Prof. Dr. Nalan TEKİN**

**Prof. Dr. Mustafa İMAMOĞLU**

**Prof. Dr. Oktay ARSLAN**

**Doç. Dr. Sema BAĞDAT**

**BALIKESİR, MAYIS - 2017**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

MESUT ALAN tarafından hazırlanan "BOR MADENLERİNE YAKIN BÖLGELERDEKİ BAZI ELEMENTLERİN FRAKSİYONLANMASI VE BİYOKERİŞİLEBİLİRLİK SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 08.05.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Prof.Dr. Derya KARA FISHER



Üye  
Prof. Dr. Nalan TEKİN



Üye  
Prof.Dr. Mustafa İMAMOĞLU



Üye  
Prof.Dr. Oktay ARSLAN



Üye  
Doç. Dr. Sema BAĞDAT



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**BOR MADENLERİNE YAKIN BÖLGELERDEKİ BAZI  
ELEMENTLERİN FRAKSİYONLANMASI VE  
BİYOERİŞİLEBİLİRLİK SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ  
DOKTORA TEZİ  
MESUT ALAN  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. DERYA KARA FISHER)**

**BALIKESİR, MAYIS - 2017**

Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki bor madenlerine yakın bölgelerdeki topraklar ve bu topraklarda yetişen farklı sebzelerdeki As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini detaylı olarak belirlemektir.

Bu çalışmanın ilk kısmında bor madenlerine yakın yerleşim yerleri olan Bigadiç'e bağlı İskele, Beğendikler, Yolbaşı ve Susurluk'a bağlı Yıldız köylerinden toprak ve bu topraklarda yetişen sebze örnekleri alındı. Ayrıca bor madenlerine uzak bölge olan Havran'dan da toprak örnekleri alındı. Elementlerin toplam miktarlarının belirlenmesi için toprak ve sebze örneklerine mikrodalga bozundurma yöntemi uygulandı. Çalışmanın ikinci kısmında toprak örneklerinin farklı fraksiyonlarında bulunan elementlerin miktarlarının belirlenmesi amacı ile BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulandı. Ayrıca toprakta daha fazla sayıda fraksiyonlar için bilgi sağlayan yeni alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi geliştirildi. Son olarak çalışmamızda sebze örnekleri ve yetiştikleri toprakların bilinçli ya da bilinçsiz olarak yenmesi durumunda vücuda mide ve bağırsaklar yoluyla geçebilecek elementlerin miktarları model mide ve bağırsak sistemi oluşturularak *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Elde edilen ekstraktlardaki elementlerin derişimleri ICP-AES ya da ICP-MS teknikleri ile belirlendi. Deneysel sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi.

Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile bulunan topraklardaki toplam element derişimleri arasında anlamlı bir farkın olmadığı tek yönlü ANOVA testi ile gösterildi. Havran'dan alınan bir toprak örneği hariç diğer bütün topraklarda As değerleri kirlilik sınır değerlerinin üstünde bulundu. Toprak örneklerinde yapılan çalışmalarda B ve As elementleri arasında bir ilişkinin olduğu istatistiksel olarak Temel Bileşen Analizi ile gösterildi. Sebze örneklerine yaş yakma ve *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen element derişimleri tehlike yaratan üst sınır değerlerinin altında bulundu. Bor madenlerine yakın topraklarda yetişen sebzelerin yenmesi durumunda insan sağlığı için bir zararın olmadığı sonucuna varıldı.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bor, element fraksiyonlaması, toprak, sebze, biyoerişilebilirlik.

## ABSTRACT

### THE FRACTIONATION OF SOME ELEMENTS AND THE DETERMINATION OF THEIR BIOACCESSABILITY LEVELS IN A REGION CLOSE TO BORON MINES

PH.D THESIS

MESUT ALAN

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CHEMISTRY

(SUPERVISOR: PROF.DR. DERYA KARA FISHER )

BALIKESİR, MAY 2017

The aim of this study is to investigate, in detail, the effects on the environmental safety and human health of the elements As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn in the soils collected from near to boron mines in Turkey and in the vegetables grown in these soils.

In the first step of this work, soil samples were collected from İskele, Beğendikler and Yolbaşı villages in Bigadiç and Yıldız village in Susurluk. Vegetable samples grown on these soils were also collected. Additionally, some soil samples were collected from Havran, which is further away from the boron mines. A microwave digestion procedure was used to prepare the soil and vegetable samples prior to the determination of the “total” concentrations of these elements. In the second step of this work, the three stage BCR sequential extraction procedure was used to determine the amounts of these elements in different fractions of the soils. A new, alternative, sequential extraction procedure was developed that yields information for a higher number of fractions of the soil. When vegetables and soil samples are consumed intentionally or unintentionally in the diet, the amount of these elements that is bioaccessible to humans via stomach and intestines was determined by using *in vitro* gastrointestinal methods, i.e. the development of model gastric and intestinal systems. The concentrations of these elements in the extracts were determined using either ICP-MS or ICP-AES. The experimental results were evaluated using statistical methods.

The one way ANOVA test was used to demonstrate that there are no significant differences between the concentrations of the elements obtained from the acid digestion, the sum of the BCR sequential extraction procedure and the sum of the individual fractions for the new alternative sequential extraction procedure. With the exception of one soil sample from Havran, the As concentrations were above the soil pollution limit values. Principal component analysis showed that there is an interrelation between As and B in soils. The concentrations of the elements obtained from acid digestion and *in vitro* gastrointestinal methods of vegetables were under the safe upper levels. Therefore, there are no health risks from eating the vegetables grown on the soils near to boron mines.

**KEYWORDS:** Boron, element fractionation, soil, vegetables, bio-accessibility.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ÇEVRE VE TOPRAK KİRLİLİĞİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Toprak Kirletici Kaynakları .....	4
<b>3. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
3.1 Bor'un özellikleri .....	5
3.2 Dünyada Bor Madenleri .....	6
3.3 Bigadiç ve Susurluk Bor Madenleri .....	6
3.4 Canlılar ve Bor .....	7
3.4.1 Bitkilerde Bor .....	7
3.4.2 Bor ve İnsan Sağlığı.....	8
3.4.2.1 Borun Sağlığımızdaki Önemi.....	9
<b>4. AĞIR METALLER</b> .....	<b>13</b>
<b>5. BCR ARDIŞIK EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ</b> .....	<b>15</b>
<b>6. BİYOYARARLILIK VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİK</b> .....	<b>17</b>
<b>7. <i>IN VITRO</i> GASTROİNTESTİNAL EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ</b> .....	<b>19</b>
<b>8. KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEMLER</b> .....	<b>20</b>
8.1 Gözlenebilme Sınırı (LOD).....	20
8.2 Tayin Sınırı (LOQ) .....	21
8.3 Güven Aralığı .....	21
8.4 Bilinen Değer ile Deneysel Ortalamanın Karşılaştırılması .....	22
8.5 Varyans Analizleri.....	22
8.5.1 Tek Faktörlü veya Tek Yönlü ANOVA .....	24
8.5.2 Tek Yönlü MANOVA .....	24
8.6 Temel Bileşen Analizi .....	25
<b>9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>27</b>
<b>10. ÇALIŞMANIN AMACI</b> .....	<b>32</b>
<b>11. YÖNTEM</b> .....	<b>33</b>
11.1 Materyal.....	33
11.1.1 Toprak Örneklerinin Alınması.....	33
11.1.2 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	34
11.1.2.1 Kurutma.....	34
11.1.2.2 Öğütme.....	34
11.1.2.3 Eleme.....	34
11.1.2.4 Saklama.....	34
11.1.3 Sebze Örneklerinin Alınması.....	35
11.1.4 Sebze Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	35
11.1.4.1 Kurutma.....	35
11.1.4.2 Öğütme.....	36
11.1.4.3 Saklama.....	36

11.1.5	Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	36
11.1.6	Kullanılan Alet ve Cihazlar .....	37
11.1.7	Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı .....	39
11.1.7.1	Elementlerin Stok Çözeltileri .....	39
11.1.7.2	Standart Çözeltiler .....	39
11.1.7.3	BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi, Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve <i>In Vitro</i> Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler .....	43
11.2	YÖNTEM .....	44
11.2.1	Toprak ve Sebze Örneklerine Uygulanan Yöntemler .....	45
11.2.1.1	Yaş Yakma Yöntemi .....	45
11.2.1.2	BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi .....	46
11.2.1.3	Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi .....	48
11.2.1.4	<i>In Vitro</i> Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi .....	51
<b>12.</b>	<b>BULGULAR .....</b>	<b>53</b>
12.1	Tayin Sınırı Değerleri .....	53
12.2	Toprakla ilgili yapılan Çalışmalar .....	56
12.2.1	Yaş Yakma Yöntemi .....	56
12.2.1.1	Standart Referans Toprak Örneği (NCS DC 73386 Soil) .....	56
12.2.1.2	Toprak Örnekleri .....	57
12.2.2	BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi .....	58
12.2.2	Alternatif Geliştirilen Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi .....	63
12.2.3	<i>In vitro</i> Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi .....	70
12.3	Sebzelerle yapılan Çalışmalar .....	75
12.3.1	Yaş Yakma Yöntemi ve <i>In vitro</i> Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi .....	75
12.3.2	Standart Referans Sebze Örneği - Domates Yaprağı (Tomato Leaves 1573a) .....	76
12.3.3	İskele Köy Girişi'nden Alınan Örnekler .....	77
12.3.4	İskele Köy Çıkışı'ndan Alınan Örnekler .....	79
12.3.5	Beğendikler'den Alınan Örnekler .....	82
12.3.6	Yolbaşı'ndan Alınan Örnekler .....	83
12.3.7	Yıldız'dan Alınan Örnek .....	85
<b>13.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>87</b>
13.1	Toprak Örneklerinde Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi .....	87
13.1.1	Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi .....	87
13.1.2	Toprak Örneklerinden Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi .....	88
13.2	Yaş Yakma, BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi İle Bulunan Topraklardaki Toplam Eser Element Miktarının Değerlendirilmesi .....	94
13.3	BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yönteminin Farklı Fazları Arasındaki İlişkinin Manova Testi İle Belirlenmesi .....	108
13.4	Toprak Örneklerindeki Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi .....	115
13.4.1	Arseniğin Biyoerişilebilirliği .....	116
13.4.2	Borun Biyoerişilebilirliği .....	116
13.4.3	Baryumun Biyoerişilebilirliği .....	117

13.4.4	Kadmiyumun Biyoerişilebilirliği .....	118
13.4.5	Kobaltın Biyoerişilebilirliği .....	119
13.4.6	Kromun Biyoerişilebilirliği .....	120
13.4.7	Bakırın Biyoerişilebilirliği .....	121
13.4.8	Demirin Biyoerişilebilirliği .....	122
13.4.9	Manganın Biyoerişilebilirliği .....	123
13.4.10	Nikelin Biyoerişilebilirliği .....	124
13.4.11	Kurşunun Biyoerişilebilirliği .....	125
13.4.12	Çinkonun Biyoerişilebilirliği .....	126
13.5	Toprak Örneklerinde <i>In Vitro</i> Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Mide Fazında Çözünebilen Bor ve Diğer Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	127
13.6	Toprak Örneklerinde <i>In Vitro</i> Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Bağırsak Fazında Çözünebilen Bor ve Diğer Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	129
13.7	Sebze Örneklerinde Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi .....	132
13.7.1	Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi .....	132
13.7.2	Sebze Örneklerinden Elde Edilen Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi .....	133
13.8	Sebze Örneklerindeki Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi .....	140
13.8.1	Arseniğin Biyoerişilebilirliği .....	140
13.8.2	Borun Biyoerişilebilirliği .....	141
13.8.3	Kadmiyumun Biyoerişilebilirliği .....	142
13.8.4	Kobaltın Biyoerişilebilirliği .....	143
13.8.5	Kromun Biyoerişilebilirliği .....	144
13.8.6	Bakırın Biyoerişilebilirliği .....	145
13.8.7	Demirin Biyoerişilebilirliği .....	146
13.8.8	Manganın Biyoerişilebilirliği .....	147
13.8.9	Nikelin Biyoerişilebilirliği .....	148
13.8.10	Kurşunun Biyoerişilebilirliği .....	150
13.8.11	Çinkonun Biyoerişilebilirliği .....	151
13.8.12	<i>In Vitro</i> Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Mide Fazında Çözünebilen Sebzelerdeki Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	152
13.8.13	<i>In Vitro</i> Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Bağırsak Fazında Çözünebilen Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	155
14.	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>158</b>
15.	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>161</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Şekil 13.1:</b> Topraklardaki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör loading grafiği.....	93
<b>Şekil 13.2:</b> Topraklardaki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1-İskele-köy girişı, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6- Havran-1, 7-Havran-2, 8- Havran-3). .....	94
<b>Şekil 13.3:</b> Topraklardaki eser elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği. ....	128
<b>Şekil 13.4:</b> Topraklardaki eser elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1-İskele-köy girişı, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6- Havran-1, 7-Havran-2, 8-Havran-3). ....	129
<b>Şekil 13.5:</b> Topraklardaki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği. ....	131
<b>Şekil 13.6:</b> Topraklardaki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1-İskele-köy girişı, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6- Havran-1, 7-Havran-2, 8-Havran-3). ....	131
<b>Şekil 13.7:</b> Sebzelerdeki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör loading grafiği.....	139
<b>Şekil 13.8:</b> Sebzelerdeki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1a-İskele köy girişı lahana; 1b-İskele köy girişı biber; 1c-İskele köy girişı sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Beğendikler biber; 3b-Beğendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).....	139
<b>Şekil 13.9:</b> Sebzelerdeki elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği.....	154
<b>Şekil 13.10:</b> Sebzelerdeki elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1a-İskele köy girişı lahana; 1b-İskele köy girişı biber; 1c-İskele köy girişı sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Beğendikler biber; 3b-Beğendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).....	154
<b>Şekil 13.11:</b> Sebzelerdeki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği. ....	156
<b>Şekil 13.12:</b> Sebzelerdeki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği(1a-İskele köy girişı lahana; 1b-İskele köy girişı biber; 1c-İskele köy girişı sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Beğendikler biber; 3b-Beğendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).....	157

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları (Tasatar, 1995). ....	4
<b>Tablo 3.1:</b> Bor elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. ....	5
<b>Tablo 3.2:</b> Dünya Bor Rezervleri (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).....	6
<b>Tablo 5.1:</b> BCR ardışık ekstraksiyon yöntemine ait şematik görünüm. ....	16
<b>Tablo 8.1:</b> Varyans analizleri türleri. ....	23
<b>Tablo 8.2:</b> ANOVA tablosu. ....	24
<b>Tablo 11.1:</b> Kullanılan sebze örnekleri ve yerleri. ....	35
<b>Tablo 11.2:</b> Deneylerde tayini yapılan elementler, kullanılan tuzları. ....	36
<b>Tablo 11.3:</b> Mikrodalga bozundurma cihazı kullanım şartları. ....	37
<b>Tablo 11.4:</b> ICP-MS' de ölçümlerde kullanılan çalışma koşulları. ....	38
<b>Tablo 11.5 :</b> ICP-OES' de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları. ....	39
<b>Tablo 11.6 :</b> Toprak örneklerinin yaş yakma deneylerinde toplam element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, mg L <sup>-1</sup> . (Standartlar toprakta bulunma değerine göre hazırlanmıştır.) ....	40
<b>Tablo 11.7:</b> Toprak örneklerine BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi, alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ve <i>in vitro</i> gastrointestinal ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, mg L <sup>-1</sup> . (Standartlar toprakta bulunma değerine göre hazırlanmıştır.) ....	41
<b>Tablo 11.8:</b> Sebze örneklerine yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, µg L <sup>-1</sup> ....	41
<b>Tablo 11.9:</b> Sebze örneklerine <i>in-vitro</i> gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, µg L <sup>-1</sup> ....	42
<b>Tablo 12.1:</b> ICP-OES ve ICP-MS cihazına ait gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	53
<b>Tablo 12.2:</b> Yaş yakma yöntemi, BCR Ardışık ekstraksiyon yöntemi ve geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 7. adımı için gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	54
<b>Tablo 12.3:</b> Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemlerinin 1-6. Adımları için gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri. ....	55
<b>Tablo 12.4:</b> <i>In vitro</i> Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile yapılan analizlerin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.....	56
<b>Tablo 12.5:</b> Standart Referans Maddeye (NCS DC 73386 Soil) ait referans değerler ile bulunan değerler ve % geri kazanımlar.....	57
<b>Tablo 12.6:</b> Bor madenlerine yakın bölgelerden alınan topraklardaki toplam	

element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	58
<b>Tablo 12.7:</b> Bor madenlerine uzak yerleşim yeri olan Havran'dan alınan topraklardaki toplam element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ). .....	58
<b>Tablo 12.8:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen As derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	59
<b>Tablo 12.9:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen B derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	59
<b>Tablo 12.10:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ba derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	60
<b>Tablo 12.11:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cd derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	60
<b>Tablo 12.12:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Co derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	60
<b>Tablo 12.13:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cr derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	61
<b>Tablo 12.14:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cu derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	61
<b>Tablo 12.15:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Fe derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	62
<b>Tablo 12.16:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Mn derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	62
<b>Tablo 12.17:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ni derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	62
<b>Tablo 12.18:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Pb derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	63
<b>Tablo 12.19:</b> Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Zn derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	63
<b>Tablo 12.20:</b> Topraklarda örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen As derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	64
<b>Tablo 12.21:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen B derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	65
<b>Tablo 12.22:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ba derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	65
<b>Tablo 12.23:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cd derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	66
<b>Tablo 12.24:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Co derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	66
<b>Tablo 12.25:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cr derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	67
<b>Tablo 12.26:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cu derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	67
<b>Tablo 12.27:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Fe derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	68
<b>Tablo 12.28:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Mn derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	68
<b>Tablo 12.29:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ni derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	69
<b>Tablo 12.30:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Pb derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> . .....	69
<b>Tablo 12.31:</b> Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon	

	yöntemi ile elde edilen Zn derişimleri, mg kg <sup>-1</sup> .....	70
<b>Tablo 12.32:</b>	Standart referans toprak örneğinin (NCS DC 73386 Soil) yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	71
<b>Tablo 12.33:</b>	İskele Köy Çıkışı toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ). ....	71
<b>Tablo 12.34:</b>	İskele Köy Girişi toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ). ....	72
<b>Tablo 12.35:</b>	Yolbaşı toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ). ....	72
<b>Tablo 12.36:</b>	Beğendikler toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	73
<b>Tablo 12.37:</b>	Yıldız toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ) ....	73
<b>Tablo 12.38:</b>	Havran-1 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ) ....	74
<b>Tablo 12.39:</b>	Havran-2 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ) ....	74
<b>Tablo 12.40:</b>	Havran-3 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ) ....	75
<b>Tablo 12.41:</b>	Standart referans madde - domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a)'na ait referans değerler ile bulunan değerler (mg kg <sup>-1</sup> ) ve % geri kazanımlar.....	76
<b>Tablo 12.42:</b>	Standart referans madde - domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a)'ndan mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri, (mg kg <sup>-1</sup> ).....	77
<b>Tablo 12.43:</b>	Lahana örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	78
<b>Tablo 12.44:</b>	Sarımsak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	78
<b>Tablo 12.45:</b>	Biber örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	79
<b>Tablo 12.46:</b>	Marul örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	80
<b>Tablo 12.47:</b>	Sarımsak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	80
<b>Tablo 12.48:</b>	İspanak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	81
<b>Tablo 12.49:</b>	Soğan örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	81
<b>Tablo 12.50:</b>	Biber örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg <sup>-1</sup> ).....	82

<b>Tablo 12.51:</b> Ispanak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	83
<b>Tablo 12.52:</b> Soğan örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	84
<b>Tablo 12.53:</b> Marul örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	84
<b>Tablo 12.54:</b> Turp örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	85
<b>Tablo 12.55:</b> Nohut örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	86
<b>Tablo 13.1:</b> Standart Referans Madde (NCS DC 73386 Soil) $t_{\text{deneysel}}$ değerleri....	88
<b>Tablo 13.2:</b> Toprak örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan elementlerin arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.....	92
<b>Tablo 13.3:</b> Toprak örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan toprak örnekleri arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.....	93
<b>Tablo 13.4:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam As derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	95
<b>Tablo 13.5:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam B derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	96
<b>Tablo 13.6:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Ba derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	97
<b>Tablo 13.7:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cd derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	98
<b>Tablo 13.8:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Co derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	99
<b>Tablo 13.9:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cr derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	100
<b>Tablo 13.10:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cu derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	101
<b>Tablo 13.11:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Fe derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	102
<b>Tablo 13.12:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Mn derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	103
<b>Tablo 13.13:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Ni derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	104

<b>Tablo 13.14:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Pb derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). ....	105
<b>Tablo 13.15:</b> Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Zn derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).....	106
<b>Tablo 13.16:</b> Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan topraklardaki toplam eser element derişimlerinin tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmesi. ....	107
<b>Tablo 13.17:</b> BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin fazları arasındaki ilişkinin çift yönlü çoklu varyans analizi (MANOVA) uygulanarak elde edilen MANOVA tablosu. ....	109
<b>Tablo 13.18:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden As elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.....	110
<b>Tablo 13.19:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cd elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin fazlarının homojen grupları.....	111
<b>Tablo 13.20:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Co elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.....	112
<b>Tablo 13.21:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cr elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi homojen grupları. ....	112
<b>Tablo 13.22:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cu elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.....	113
<b>Tablo 13.23:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Fe elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları. ....	114
<b>Tablo 13.24:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Mn elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.....	114
<b>Tablo 13.25:</b> Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Zn elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi homojen grupları. ....	115
<b>Tablo 13.26:</b> Topraklarda As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	116
<b>Tablo 13.27:</b> Topraklarda B elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.....	117
<b>Tablo 13.28:</b> Topraklarda Ba elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	118
<b>Tablo 13.29:</b> Topraklarda Cd elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	119
<b>Tablo 13.30:</b> Topraklarda Co elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	120
<b>Tablo 13.31:</b> Topraklarda Cr elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri ....	121
<b>Tablo 13.32:</b> Topraklarda Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	122
<b>Tablo 13.33:</b> Topraklarda Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	123
<b>Tablo 13.34:</b> Topraklarda Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	124
<b>Tablo 13.35:</b> Topraklarda Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	125
<b>Tablo 13.36:</b> Topraklarda Pb elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	126
<b>Tablo 13.37:</b> Topraklarda Zn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri....	127
<b>Tablo 13.38:</b> Toprak örneklerinde mide fazında çözünen bor ve diğer	

elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri. ....	127
<b>Tablo 13.39:</b> Toprak örneklerinde mide fazında çözünen toprak örnekleri arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri. ....	128
<b>Tablo 13.40:</b> Toprak örneklerinde bağırsak fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri. ....	130
<b>Tablo 13.41:</b> Bağırsak fazında çözündürülen topraklar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri. ....	130
<b>Tablo 13.42:</b> Standart Referans Madde -domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a) $t_{deneyse}$ değerleri. ....	133
<b>Tablo 13.43:</b> Sebze örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan bor ve diğer elementlerin arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.....	138
<b>Tablo 13.44:</b> Sebze örneklerinde yaş yakma yöntemi ile sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri. ....	138
<b>Tablo 13.45:</b> Sebzelerde As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	141
<b>Tablo 13.46:</b> Sebzelerde B elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	142
<b>Tablo 13.47:</b> Sebzelerde Cd elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	143
<b>Tablo 13.48:</b> Sebzelerde Cr elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	145
<b>Tablo 13.49:</b> Sebzelerde Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	146
<b>Tablo 13.50:</b> Sebzelerde Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	147
<b>Tablo 13.51:</b> Sebzelerde Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	148
<b>Tablo 13.52:</b> Sebzelerde Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	149
<b>Tablo 13.53:</b> Sebzelerde Pb elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	151
<b>Tablo 13.54:</b> Sebzelerde Zn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri. ....	152
<b>Tablo 13.55:</b> Sebze örneklerinde mide fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri. ....	153
<b>Tablo 13.56:</b> Mide fazında çözündürülen sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri. ....	153
<b>Tablo 13.57:</b> Sebze örneklerinde bağırsak fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri. ....	155
<b>Tablo 13.58:</b> Bağırsak fazında çözündürülen sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri. ....	156

## ÖNSÖZ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışma Prof. Dr. Derya KARA FISHER danışmanlığında yapılmıştır.

Öncelikle çalışmalarım esnasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Derya KARA FISHER'e, en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Örneklerin analize hazırlanma aşamasında Fiziksel Kimya Araştırma Laboratuvarından yararlanılmıştır. Destekleri için sayın hocam Prof. Dr. Mehmet DOĞAN'a teşekkür ederim.

Örneklerin analizlenmesi sırasında çalışmalarına yardımcı olan değerli hocam sayın Dr. Andy FISHER'e teşekkürü borç bilirim. Çalışmalarım da yardımcı olan arkadaşım Doç.Dr. Cennet KARADAŞ'a teşekkür ederim.

Örneklerin analize hazırlanması ve deneysel çalışmalarda Fiziksel Kimya Araştırma Laboratuvarı, Balıkesir Üniversitesi Temel Bilimler Uygulama ve Araştırma Merkezi Biyoloji ve Kimya Laboratuvarlarından yararlanılmıştır. Her iki birimdeki değerli hocalarıma ve değerli arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler ederim.

Çalışmalarına 110T0031 nolu proje ile destekte bulunan TÜBİTAK'a ve BAP 2008/13 nolu proje ile destekte bulunan Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.



# 1. GİRİŞ

Çevrede elementlerin dağılımı ve biyoyararlılığı yalnızca toplam element derişimine değil aynı zamanda katı fazda bağlı olduğu forma da bağlıdır. Toprak ve bitkilerdeki toplam element derişimlerinin tayini üzerine pek çok metot geliştirilmiş ve uygulanmıştır (Kara, Özsavaşçı ve Alkan,1997; Kara ve Alkan 2001; Kara, Fisher, ve Hill, 2005). Topraklardaki elementlerin iyonları organik yapı, demir, alüminyum ve mangan oksihidroksitleri, silikat mineralleri, karbonatlar ve sülfürler gibi farklı fazlarda bulunur. Elementlerin bu iyonları iyon değişimi, adsorpsiyon, çöktürme ve birlikte çöktürme gibi farklı mekanizmalarla katı faz üzerinde tutunur. Çevre kirliliğinin sonucu olarak meydana gelen değişiklikler metalik kirliliklerin davranışını önemli ölçüde etkiler (Burger ve Gochfeld 2006; Moreno, Navarro, ve De las Heras, 2006; Ravindra, Meenakshi, Rani, ve Kaushik, 2003). Topraklarda en önemli olgu ise bitki, hayvan ve insanlar için metallerin biyoyararlılık ya da zehirlilik etkilerini belirlemektir. Çevre kirlenmesinin sonucu olarak değişen pH, redoks potansiyelleri, iyon değişim prosesleri ve mikrobiyal aktivite topraktan bitkinin yapısına geçecek metal miktarının değişmesine neden olur. Toprak yapısında bulunan biyoyararlılığı olan metaller belirli seviyeyi geçince sağlık açısından zehir etkisi oluşturmaktadır. O nedenle topraktan bitkiye geçebilecek metal miktarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Örneğin topraktaki ve sedimentlerdeki karbonatlara bağlı metal içeriği pH değişimine karşı oldukça hassastır ve asidik pH'larda oldukça büyük çözünürlüğe sahiptir (Moreno vd., 2006; Orescanin, Lovrencic, Mikelic, Barisic, Matasin, Lulic ve Pezelj, 2006).

Balıkesir ili Bigadiç ilçesinde oldukça zengin bor yatakları vardır. Bu çalışmada bu bölgedeki topraklarda yetiştirilen sebzelerin bor içeriğinin fazla olabileceği ve borun insan sağlığı için önemi düşünüldüğünde bu bölgede yetiştirilen sebzeler yenildiğinde insan vücudunda birikebilecek bor miktarının da yüksek olabileceği tahmin edildi. Bu amaçla bu bölgelerdeki topraklarda ve bu topraklarda yetişen değişik sebze örnekleri incelenerek bu toprak ve sebze örneklerine geçen

toplam bor miktarı ve diğer bazı elementlerin derişimleri belirlendi. Ayrıca bu toprak ve sebzelerin yenmesi durumunda insan vücudunda mide ve sindirim yolu ile birikebilecek elementlerin derişimleri *in vitro* gastro intestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Topraklardaki elementlerin bitkiler için biyoalınabilirliğinin belirlenmesi için BCR ekstraksiyon yöntemi kullanıldı ve ayrıca yeni bir ardışık ekstraksiyon yönteminin geliştirilmesi için çalışmalar yapıldı. Bu çalışmada bor madenlerine yakın topraklar ve bu topraklarda yetişen sebzeler incelenerek borun ve diğer bazı elementlerin hem bitkiler için önemi ve hem de insan sağlığı üzerindeki etkileri detaylı olarak belirlenmeye çalışıldı.

## 2. ÇEVRE VE TOPRAK KİRLİLİĞİ

Toprak kirliliği, insan etkinlikleri ile katı, sıvı ve radyoaktif artık ve kirleticilerin gerekli önlemler alınmadan toprağa verilmesi sonucunda toprağın fiziksel, biyolojik, kimyasal ve jeolojik özelliklerinin bozulmasıdır. Fabrikalardan çevreye salınan atıklar çevredeki tarıma uygun arazileri etkilemekte, ormanları tahrip etmekte, yeraltı ve yer üstü su kaynaklarını kirletmektedir. Bunun sonucunda bu su kaynaklarının içme ve sulama amacıyla kullanım olanakları azalmaktadır. Endüstriyel alanların yakınındaki tarıma uygun topraklarda iz element ve ağır metal birikimine neden olabilmektedir (Aktan, 2004).

Aynı zamanda madencilik, maden ergitme, zenginleştirme, ticari gübreler, tarımda kullanılan pestisit, insektisit gibi zehirli kimyasal maddeler ve diğer antropojenik etkilerle doğrudan ve dolaylı olarak birçok farklı nitelikte maddeler topraklara sürekli olarak katılmaktadır (Apaydın, 2005).

Madencilik işletmelerinde hazırlık ve üretim çalışmalarında yapılan patlamalarla oluşan tozlar rüzgârın etkisi ile taşınarak toprak yüzeyine inmektedir. Çeşitli kimyasal maddelerden dolayı topraklarda meydana gelen kirliliklerin uzun vadede potansiyel bir tehlike yaratacağı belirtilmektedir (Apaydın, 2005).

Çeşitli kirleticilere maruz kalan topraklar bu kirleticilere karşı tamponlama gücüne sahiptir. Toprakların bu özelliği ekosistemin tamponlama kapasitesi olarak da tanımlanabilir. Ancak uzun süreli çevresel şartların değişmesi ile özellikle toprağın tamponlama kapasitesi aşıldığında topraklarda cereyan eden mineralizasyon ve biyolojik döngülerde önemli aksamalar ve telafi edilemeyecek zararlar ortaya çıkabilmektedir (Apaydın, 2005).

Topraktaki ağır metal içeren kirlilikler, doğrudan insanlar, hayvanlar veya bitkiler tarafından alınarak besin zinciri yoluyla insanlara ve hayvanlara ulaşır. Toprak kirleticileri arasında ağır metaller diğer kirliliklere göre daha fazla önem kazanmıştır ve yapılan çalışmaların birçoğu bu sorun üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çünkü günümüzde teknolojiye ağır metaller oldukça yaygın kullanım alanına sahiptir. Sonuç olarak ağır metaller üretim sürecinde salınan çeşitli atıklarla ya da mamül ağır

metal ürünlerinin kullanılması sonucunda toprağa karışmaktadır ve topraktan da bitki bünyesine geçerek besin zincirine katılarak önemli bir kirlilik olarak karşımıza çıkmaktadır (Hinds, Jockson ve Newman, 2005).

## 2.1 Toprak Kirletici Kaynakları

Kirletici kaynakları çevreye verilme şekline göre (noktasal kaynak ve yaygın kaynak) ve insan aktivitelerine göre ayrılabilir. İnsan aktivitelerine göre çeşitli kirletici grupları Tablo 2.1’de verildi.

**Tablo 2.1:** İnsan aktivitelerine göre kirletici grupları (Tasatar, 1995).

<b>AKTİVİTE</b>	<b>BİLİNER KİRLETİCİ ÖRNEKLER</b>
Enerji alanında	Ağır metaller
	Asidik ve korozif maddeler
	Radyonükleidler
Tarımsal	Ticari gübreler / ahır gübreleri
	Pestisitler
	Tuzlulaştırıcı maddeler
Endüstriyel	Maden atıkları (ağır metaller ve radyonükleidler)
	Dioksinler ve ilgili maddeler
	Kimyasal atık depoları
Şehirselsel, evsel ve ticari	Klorlanmış bileşikleri içeren atıkların yakılması
	Kentsel çöpler, ağır metaller

### 3. BOR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

#### 3.1 Bor'un özellikleri

Periyodik tabloda 3. gruptaki tek ametal bordur. Bu gruptaki diğer elementlerden çok daha küçük olması nedeni ile metalik özellikteki diğer grup elementlerinden (Al, Ga, In ve Tl) belirli farklılıklar gösterir. Komşu grupta bulunan karbon ve köşegeninde yer alan silisyum ile benzer özellikler gösterdiği bilinir. Karbon ve silisyum'dan farkı değerlik elektronlarının sayısı, değerlik orbitallerinin sayısından bir eksiktir. Bor atomunun 3 değerlik elektronu ve 4 değerlik orbitali vardır. Karmaşık kimyasal özellikleri, yapısındaki elektron eksikliğinden kaynaklanır. Oksijene olan ilgisi nedeni ile doğada saf olarak bulunamaz (Guthrie, 2003). Bor elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1' de verildi.

**Tablo 3.1:** Bor elementinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Atom ağırlığı	10.811 ± 0,005 g/mol
Kaynama noktası	2500 °C
Yoğunluğu	2,34 g/cm <sup>3</sup>
Oksidasyon sayısı	3
Elektronegatifliği	2,0
İyonlaşma enerjisi	191 kcal /g.atom
Sertliği	9.3 Mohs
Atom Yarıçapı	0,98
Buharlaşma ısısı	128 kcal /g.atom
Kristal yapısı	Hekzagonal

### 3.2 Dünyada Bor Madenleri

Dünyadaki toplam bor rezervlerinin en büyüğü, yaklaşık %66'sı Türkiye'de bulunmaktadır. İkinci büyük bor rezervi ABD'dir ve dünya rezervlerinin %13,24'lük payına sahiptir. Diğer bor rezervleri Arjantin, Bolivya, Şili, Çin, İran, Kazakistan, Peru ve Rusya'da bulunmaktadır. Ülkemizdeki bor mineralleri rezervlerinin toplamı 665 879 243 tondur. Ancak bor cevheri üretimi bakımından % 42.17'lik pay ile ABD'den sonra ikinci sırada yer alır. Dünyada işletilen bor madenlerinin B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarlarına göre dağılım yüzdeleri aşağıda Tablo 3.2'de verildi (Nizamoglu, 1988).

**Tablo 3.2:** Dünya Bor Rezervleri (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 1995).

Ülke	Rezerv(1000 ton)	% Oranı
Türkiye	803 000	63
A.B.D	209 000	16,4
B.D.T	136 000	10,7
Çin Halk Cumhuriyeti	36 000	2,8
Arjantin	9 000	0,7
Bolivya	19 000	1,5
Şili	41 000	3,2
Peru	22 000	1,7
Toplam	1 275 000	100

### 3.3 Bigadiç ve Susurluk Bor Madenleri

Türkiye'nin özellikle kuzeybatı bölgelerinde bor madenleri bulunmaktadır. Bigadiç bor yatakları rezerv bakımından Türkiye' nin en önemli yataklarındandır. Etibank'ın faaliyete başladığı 1976 yılında 30 milyon ton olarak bilinen toplam rezerv bölgede gerçekleştirilen toplam derinliği 65419 metre olan 512 adet sondaj çalışması sonunda 630 milyon tona yükselmiştir. Bigadiç işletmesinde başlıca bor mineralleri kolemanit ve üleksit' tir (ETİMADEN, 2017).

### 3.4 Canlılar ve Bor

Bor doğrudan proton verici rol oynayarak hücre zarının yapısına ve fonksiyonlarına etki eder. Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli olan bir elementtir. Hayvanlarda ve insan dokularında ise küçük miktarlarda bulunur (Gregory ve Kelly, 1997). Siyanobakterilerin azot döngüsünde bor kullandıkları bilinmektedir (Ho, 2000).

Borik asit kompleksleri karbohidratların (şeker ve polisakkaritler) nükleotidlerin (adenozin monofosfat ve niasinamid adenin nükleotid) ve vitaminlerin (askorbik asit, piridoksin, riboflavin) yapılarında bulunmaktadır. Aynı zamanda birçok bileşikte borik asit formundaki esterler bulunur. En kararlı esterler borik asitin iki karbohidrat arası köprü yaptığı fruktoz-bor-fruktoz gibi moleküllerdir. Bu tür çözünebilir bor kompleksleri bitkilerin floem ve nektar (bal özü) yapılarında yer alır. Bor içeren polisakkaritlerde bitki hücre duvarlarında pektin formunda bulunur (Murray, 1998).

#### 3.4.1 Bitkilerde Bor

İlk olarak 1923'te Warington tarafından borun bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli bir element olduğu kanıtlandı (Ho, 2000). Bitkilerdeki bor içeriği topraktan alabildiği miktara bağlıdır. Bor içeriği en fazla olan bitkiler yapraklı sebzeler, turunçgil dışındaki meyveler, kuruyemişler, baklagiller, tahıllar ve su bitkileridir. Örneğin Karadeniz Bölgesindeki fındık içerisindeki bor içeriği ortalama 15 ppm iken (Şimşek, Korkmaz, Velioğlu ve Ataman, 2003) Avusturalya'da 0.277 ppm dir, İç Anadolu bölgesindeki üzümdeki bor içeriği 5-6 ppm iken Avusturalya'da 0.451 ppm' dir (Gregory ve Kelly, 1997).

Bitkiler boru pasif absorpsiyon yolu ile büyük bir oranda  $B(OH)_3$  şeklinde alırlar. Ancak çok az aktif absorpsiyon yolu ile  $B(OH)_4$  şeklinde de alırlar. Bor bitkilerde tepe noktalarına kadar ksilem iletim boruları içerisinde taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile de yakından ilişkilidir. Bu yüzden bitkilerin bor alımlarında önemli farklılıklar ortaya çıkar (Gregory ve Kelly, 1997).

Ilıman iklime sahip bölgelerde yetişen bitkilerde bor toksisitesine ender rastlanmaktadır ve bunun nedeni genellikle yüksek miktarda bor gübresi kullanımından kaynaklanmaktadır. Topraklarda atık suların ve arıtma çamurlarının kullanılmasından dolayı bor birikmesi ortaya çıkar. Atık sular ve arıtma çamurlarındaki bor kaynağı evlerde kullanılan deterjanlarda kullanılan beyazlatıcı madde olan %10-25 perborattır. Atık sular içinde bulunan bor bileşikleri suda yüksek çözünürlüğe sahip olduklarından dolayı arıtma prosesleri sırasında tutulamazlar ve büyük kısmı suda kalır. Borla kirlenmemiş yüzey suları 0,05–0,1 mg L<sup>-1</sup> B içerirken bor karışan sulama sularında bor derişimi 0,6 mg L<sup>-1</sup> ye kadar arttığı belirlendi. Bu derişimlerdeki suyla sulanarak yetişen bitkilerde bor toksisitesi gözlenebilir ( Schobel, 1993).

Bor toksisitesine en duyarlı bitkiler üzüm, incir ve fasulye iken orta derecede duyarlı bitkiler arpa, bezelye, mısır, patates, yonca ve domatestir. Bor toksisitesine en dayanıklı bitkiler şalgam, şeker pancarı ve pamuktur. Bor toksisitesine maruz kalan bitkilerin yaşlı yapraklarının uçları sararır ve nekrozlar oluşur. Daha sonra yaprak kenarlarına ve orta damara bu belirtiler yayılır. Yapraklar yanık bir görünüm alarak erken dökülür (Kacar ve Katkat, 1998) .

### **3.4.2 Bor ve İnsan Sağlığı**

Bor elementinin insanlar için de gerekli bir element olduğu son yıllarda yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Bor beslenme yoluyla daha çok bitkisel yiyeceklerden eser olarak alınan bir elementtir. Kemikler ve dişlerin yapısında bulunmaktadır (Mccoy, Kenney, Montgomery, Irwin, Williams ve Orrell, 1994).

İnsan vücudunun bor elementine az miktarda ihtiyacı vardır ve hücrelerde sentezlenemediğinden dolayı besinlerle dışarıdan alınması gerekir. 1981 yılına kadar bor elementinin insanlar üzerinde bir etkisinin olmadığı düşünülüyordu. Fakat daha sonra yapılan çalışmalarla borun, birçok tedavi için vazgeçilmez bir element olduğu ve insan gelişiminde düşünülenin tam aksine önemli bir rol aldığı belirlenmiştir. Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından günlük alınması gereken B miktarı 2–3 mg olarak önerilmektedir (BOREN, 2010).



Avrupa Birliği (AB), tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, paketlenmesi ve etiketlenmesi için yayınladığı 67/548/EEC sayılı direktif çerçevesinde bor ve türevlerini “Kategori 2” altında “üremeye olumsuz etkili toksik madde” olarak sınıflandırdı. Bu karar hayvan deneylerine dayandırılarak alınmıştır. Ancak bu çalışmalarda alınan limit değerlere insanların maruz kalması mümkün değildir (BOREN, 2010).

Bor madenlerinde çalışan işçiler solunum yolu ile yüksek derişimlerde bora maruz kalabilirler. Fakat Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesine (EFSA) ait raporlarda sudan ve gıdalardan alınabilecek bor miktarının Avrupa Birliği limit değerlerini aşmasının mümkün olmadığı vurgulanmaktadır (EFSA, 2004). BOREN enstitüsü tarafından yapılan bir projede günlük maruz kalınan bor miktarının 6,48 mg B gün<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. Tehlike yaratan üst sınır bor ve türevleri için kesin olarak belirlenmemesine rağmen WHO bu değeri 13 mg gün<sup>-1</sup> olarak yayınlamıştır (BOREN, 2010).

Ülkemizde ve dünyada insanlar üzerinde yürütölen epidemiyolojik çalışmalarda bor elementinin üremeye olumsuz etki yapacağı yönünde bir sonuç ortaya konulmamıştır. Ülkemiz tarafından hazırlanan tüm itiraz raporlarında yer alan bilimsel çalışmaların sonuçlarının AB’li yetkililerin değerlendirmeye alması gerektiği vurgulanmıştır. Ancak AB’li yetkililer insanlar üzerinde yapılan çalışmaların sayısının az olması nedeni ile hayvan deneylerine bağlı kalınacağını ifade etmiştir (BOREN, 2010).

### **3.4.2.1 Borun Sağlığımızdaki Önemi**

1899’da Merc Manual’ın yaptığı bir çalışmada adet yokluğu, adet düzensizliği, epilepsi, ürik asit yüksekliği ve vücuttaki tüm düzensizliklerin tedavisinde borik asidin kullanıldığı belirtilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda ise bor’un eklem ve kemik sağlığı açısından önemi üzerinde durulmuştur (Murray, 1998). Bor vücuttaki kalsiyum, magnezyum ve fosfor absorpsiyonunu dengeleyen kemik sağlığı açısından önemli bir elementtir. Kadın atletlerle 1994’de yapılan bir çalışmada, bor’un kandaki fosfor seviyesini azalttığı ve magnezyum derişimini ise artırdığı gösterilmiştir. Bu iki temel element kemik sağlığı açısından çok önemlidir

(Saygıdeğer Demir, 2005). Osteoartrit, osteoporoz ve romatoid artirit hastalıklarını önlediği gibi tedavilerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Menapoz giren kadınların günlük 3 mg bor almaları durumunda östrojen etkisini artırdığı vurgulanmaktadır. Bu etki osteoporoz tedavisinde borun önemini göstermiştir (Nielsen, Hunt, Mullen, ve Hunt, 1987). Diğer bir çalışmada ise koroner kalp hastalıklarına iyi geldiği ve HDL kolesterolünü azalttığı raporlanmıştır (Samman, Naghii, Lyons, Wall ve Verus, 1998). Borun etkileri kısaca özetlenecek olursa:

- Bağışıklık sistemini güçlendirir,
- Optimal dozda ömrü uzatır,
- Hormon seviyesini ayarlar,
- Beyinde atıklığı ve bilmeye ait performansı artırır,
- Cilt hastalıklarının, romatizmal hastalıkların, vajinal enfeksiyonların ve kanserin tedavisinde kullanılır (Gregory ve Kelly, 1997),
- Osteoporozun ve osteoartritin önlenmesinde önemlidir.

Yapılan çalışmalarla borun serumdaki bakırı ve bakırlı enzimleri artırıcı etki gösterdiği ortaya konulmuştur (Gregory ve Kelly, 1997). Bor ve magnezyum eksikliğinin hayvanların kemiklerinde yapısal bozukluklara neden olduğu bulunmuştur. Bor takviyesi ile serum magnezyum derişimi artarak kemiklerde normal derecede büyüme gözlenmiştir. Sonuç olarak bor takviyesi kemik gelişimi için oldukça önemlidir (Saygıdeğer Demir, 2005). 20–27 yaşlarındaki bayanlarda yapılan bir çalışmada, bor takviyesinin serumdaki fosfor derişimini düşürücü etki gösterdiği bulunmuştur. Egzersiz yapan kişilerde ise bu değişikliğe daha az rastlanılmıştır. Yapılan diğer bir çalışmada sınır düzeyde metionin ve fazla miktarda arginin içerikli olarak beslenen hayvanlara bor takviyesi yapılmış ve bazı yararlı etkiler gözlenmiştir. Sıçanlarda metionin ve Mg eksikliği büyümeyi baskılar, dalağın ve böbreğin vücut ağırlığına oranı artar. Bu semptomların bor takviyesi ile azaltılabileceğini çeşitli çalışmalar göstermiştir (Saygıdeğer Demir, 2005).

Bor, kalsiyum ve magnezyum metabolizmasında rol alır ve eksikliği magnezyum eksikliğine neden olur. Buda osteoporoz ve osteoartrit riskini artırır. Bor eksikliği böbrek taşlarının oluşumunu da artırabilir. Bor zihinsel fonksiyonlara da yararlı etki ettiğinden dolayı eksikliğinde zihin atıklığında azalma da söz konusu

olabilir (Saygıdeğer Demir, 2005).

Yapılan çalışmada düşük miktarda bor alarak beslenen Mauritius ve Jamaica'da yaşayan insanlarda osteoartrit görülme oranı % 50–70 iken, borca zengin beslenen Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere ve Avustralya'da osteoartrit görülme oranı % 20 civarındadır (Nielsen, 1994).

Yapılan farklı çalışmalarda osteoartritli kişilerin eklemlerinin etrafındaki kemiklerdeki bor derişiminin normal kişilerin eklemlerine bağı kemiklerindeki göre çok daha az olduğı bulunmuştur. Ayrıca bor eksikliği olan insan ve hayvanlarda bazı elementlerin (Örneğin; Ca, Mg, VitaminD, methionin, arginin) fonksiyonlarında azalma görülmüştür (Nielsen, 1994) .

Gıda ürünlerinde ve içme sularında çok az miktarda bor bulunur ve vücuda bor alımı günlük beslenme yoluyla olur. Bor madenlerine yakın yerleşim yerlerinde yaşayan kişiler ve bor madenlerinde çalışan kişiler havadaki boratı toz olarak deri ile temas sonucu veya açık yaralardan vücutlarına alabilirler. Yiyeceklerle alınan borun büyük bir kısmı idrar yolu ile vücuttan atılır. Yapılan çalışmalar ağız yolu ile alınan borun yarısının 24 saat sonra, diğeri yarısının ise 4 gün içinde idrardan atıldığını göstermiştir. Kan ya da idrardaki bor seviyeleri değışik teknikler kullanılarak belirlenebilir (ATSDR,1992).

Yaşları 20-53 arasında değışen 32 denek üzerinde 7 gün süresince yapılan bir çalışmada borun uygun günlük alımı erkeklerde;  $2,28 \pm 1,3$  ve kadınlarda;  $2,16 \pm 1,1$  mg gün<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Naghii, 1996). Dünya Sağlık Örgütü yetişkin bir insanın beslenme yoluyla günde 1-13 mg bor almasında bir sakınca olmadığını vurgulamıştır (Cantürk, 2002). Bazı çalışmalarda ise günlük 3 mg bor alımının yeterli olacağı belirlenmiştir. Bu doz, bol sebze, meyve, kuruyemiş ve baklagiller ile alınabilir. Diyetlerinde bu maddeleri yeterince tüketmeyenlerin günde 3 mg elementel boru gıda yakviyesi olarak almaları önerilir. Piyasada satılan bor tabletleri 3 ya da 6 mg bor içermektedir. Borun metabolizmaya alımında kullanılan en yaygın formları sodyum borat, bor sitrat, bor aspartat ve bor glisinattır (Gregory ve Kelly, 1997).

Kazayla yiyeceklerle büyük miktarlarda bor bileşikleri yendiğinde zehirlenmelere neden olur. Borik asit hasarlı dokulardan absorbe edilir. Antiseptik

maddeler içerisinde bir miktar borik asitin olması özellikle bebek ve yeni doğanlarda toksik kazaların yaygın nedenlerindedir. 100 mg'dan daha fazla borun yenmesi durumunda toksik etkilerin ortaya çıktığı bilinmektedir. Öldürücü doz sınırı ise yetişkinlerde; 15-20 g çocuklarda 3-6 g olarak vurgulanmıştır (Nielsen, 1994). En yaygın akut bor zehirlenmelerinin başında, mide bulantısı, kusma, ishal (mavi-yeşil renkte), karın ağrısı, deri ve mukoz membranında kızarıklık, böbrek kanallarında hasar, ciğer fonksiyonlarında bozukluk, sarılık, idrarda riboflavin salgısı azalması olarak belirtilmiştir. Kronik zehirlenme olarak görülen semptomlar ise, anoreksia, sindirim sistemi bozuklukları ve zayıflık, deri iltihabı, adet düzensizlikleri, anemi, havale ve saç dökülmesidir (Saygıdeğer Demir, 2005).

Diyetle 4500 ppm'in üzerinde borik asit alan erkeklerin testislerinde körelme, 1000 ppm borik asit alınması durumunda ise sperm hareketlerinde azalma gözlenmiştir (Gregory ve Kelly, 1997). Ancak Balıkesir'in Bandırma ilçesinde yapılan bir çalışmada bor ile kısırlığın hiç bir ilişkisi olmadığı ortaya konulmuştur (Naghii, 1996).

Bora maruz kalınarak ortaya çıkan zehirlenmelerde tercih edilen müdahale yöntemi bor ekstraksiyonunu artırması nedeniyle N-asetil sistein uygulamasıdır (Gregory ve Kelly, 1997).

#### 4. AĞIR METALLER

Yoğunlukları  $5 \text{ g/cm}^3$  ve bu değerin üzerinde olan metaller ağır metaller olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller önemli bir kirletici grubunu oluşturmaktadır. Bu elementler zehirli ve kanserojen etkilere sahiptir ve canlı organizmalarda birikme potansiyelleri söz konusudur. Günümüzde endüstrinin en zararlı sonuçlarından birisi, ağır metallerin toprak ve su kaynaklarına ulaşması ile çevre kirliliğine neden olmasıdır. Gerçekten toprakların ve su kaynaklarının ağır metallerle kirlenmesi ve çevreye verdiği zararlar, çok önemli güncel sorunlar haline gelmiştir (Çepel, 1997).

Bazı anataşlar, mineral gübreler, biyosidler, kanalizasyon atık maddeleri, kentsel atık maddeler, atık sular, madencilik ve motorlu araçların egsoz gazlarının içerisinde miktarları ve türleri değişen ağır metaller bulunmaktadır. Toprakta ağır metal kirliliğine neden olan en önemli kaynak, bu metallerle kirlenmiş olan havanın çoğunlukla yağışlar ve kısmen de çökme ile toprağa ulaşması ile oluşur. Toprağın ağır metallerle kirlenmesi, bu metallerin havadaki yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte aynı zamanda toprağın yapısal özelliklerine de bağlıdır. Örneğin; toprağın yapısındaki humus ve kil miktarları ve kil minerali tipleri ağır metallerin toprakta birikmesinde önemli etkilere sahiptir. Toprağa karışan bazı zararlı maddeler, örneğin tuzlar topraktan uzaklaştırılabilmelerine rağmen ağır metaller uzaklaştırılamazlar ve çok önemli bir toprak kirliliği sorununu oluştururlar. Yüksek yoğunlukta biriktiklerinde toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilerler. En tehlikeli etkisi ise besin maddelerine oradan da besin zinciri yoluyla canlılara geçmeleridir (Çepel, 1997).

Ağır metaller zehirlilik seviyesi ve canlıların bünyelerindeki işlevlerine göre sınıflandırılabilir. Kurşun, kadmiyum ve civa bilinen en zararlı ağır metallerlerdir. Bu metaller her derişimde zehirlidir ve biyolojik herhangi işlevleri bulunmamaktadır. Yaşamsal rolü olmayan ağır metaller çok küçük derişimde bile psikolojik dengeyi bozarak sağlık problemlerine yol açabilirler. İkinci grup ağır metaller ise arsenik, bizmut, indiyum, antimon ve talyumdur. Bu ağır metaller insan bünyesine biyokimyasal açıdan gerekli olmamasına rağmen bazı biyokimyasal sistemlerde eser miktarları tolere edilebilir. Bakır, çinko, kobalt, nikel, vanadyum, selenyum, krom

ve demir üçüncü grup ağır metalleri oluşturmaktadır. Bu ağır metaller biyokimyasal olarak rol alan gerekli yani yaşamsal role sahiptir. Fakat bu metallerin derişimi belli derişim düzeyinin üzerine çıktığında vücut için zehirleyici etki göstermektedir. Bu grup elementlerden nikel, krom, bakır ve selenyum nükleik asitlerle etkileşime girerek kanserojen etki oluşturabilirler. Bir ağır metalin yaşamsal rolünün olup olmadığı bulunduğu organizmaya bağlıdır. Örneğin nikel bitkilerde zehir etkisi gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunmalıdır (Nişli ve Ertaş, 2001).

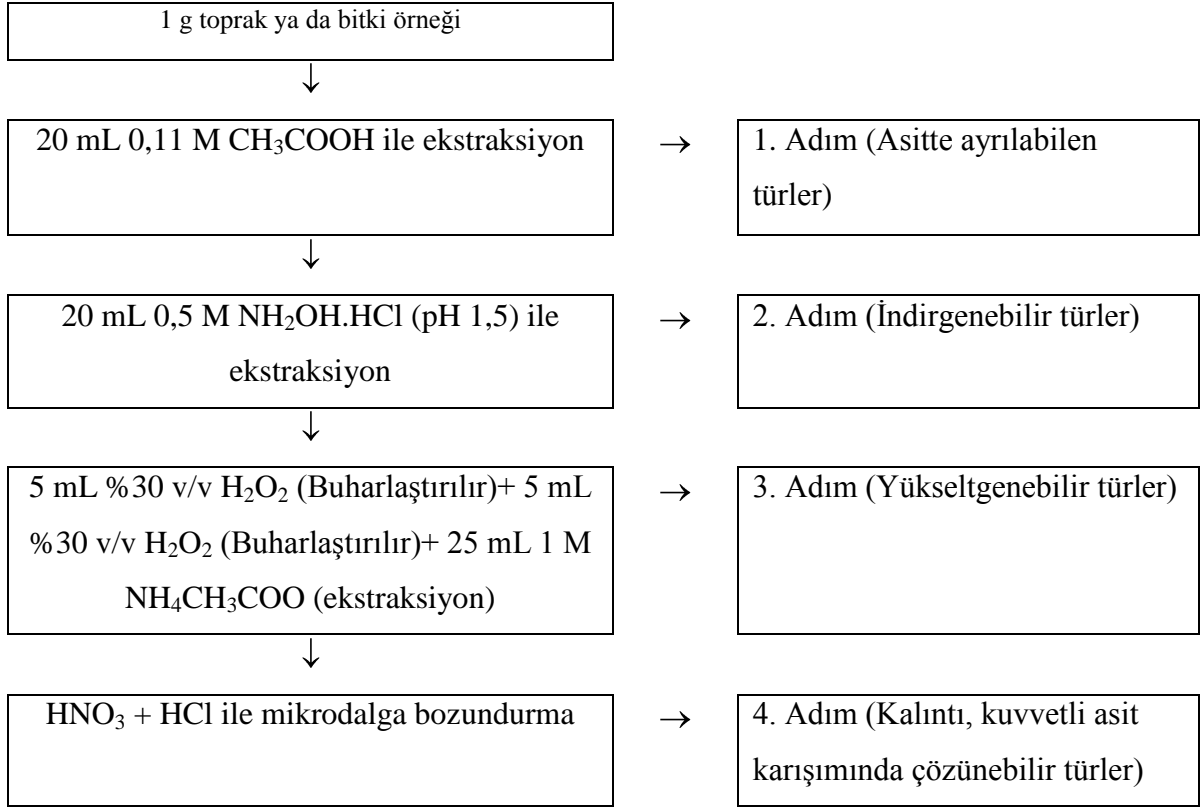
Eser elementler vücutta çok yönlü işlevlere sahiptir. Bir kısmı enzimleri aktiflemede rol alır, bir kısmı ise enzimlerin yapısında bulunur. Bazı eser elementler hormon ve vitaminlerin yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bazıları ise bağışıklık sistemi için gereklidir. Canlılar için hayati öneme sahip olan eser elementler biraz yüksek dozda alındığı takdirde organizma üzerinde zehir etkisi yapmaktadır (Doğan ve Soylak, 2000).

## 5. BCR ARDIŞIK EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ

Orijinal ismiyle BCR (Community Bureau of Reference) yöntemi üç adımlı ardışık ekstraksiyon yöntemidir. Bu ekstraksiyon yöntemi toprak ve sediment gibi örneklerde aranan türün ardışık olarak değişik fazlara ayrılması ve her bir fazdaki miktarının belirlenmesine dayanır. Literatürde modifiye edilmiş BCR ardışık ekstraksiyon yöntemleri de bulunmaktadır. Farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen sonuçların farklı olmasından dolayı Avrupa Birliği Referans Maddeler Komisyonu yöntemler arasında bir uyum sağlamak amacıyla toprak ve sediment örneklerinin analizi için standart bir ardışık ekstraksiyon yöntemi hazırladı. Eski adı BCR yeni adı SM&T (the Standards Measurements and Testing Programme) olan bu yöntem topraktaki ağır metal fraksiyonlarını sırasıyla yer değiştirilebilir ve karbonatlara bağlı, indirgenebilir (Fe ve Mn oksitlere bağlı) ve yükseltgenebilir (organik maddelere ve sülfürlere bağlı) olarak üç basamakta değerlendirir. Kalıntı yalnız kuvvetli asit karışımlarında (örneğin kral suyu,  $\text{HNO}_3+\text{HClO}_4+\text{HF}$  gibi) çözünebilir mineral fazdaki metalleri içerir (Kartal, Aydın ve Tokaloğlu, 2006; Aydın 2002; Gültekin 2004).

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin adımları aşağıda Tablo 5.1'de şema olarak verildi (Cappuyns, Swennen ve Niclaes, 2007).

**Tablo 5.1:** BCR ardışık ekstraksiyon yöntemine ait şematik görünüm.





## 6. BİYOYARARLILIK VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİK

Biyoyararlılık terimi insan ya da hayvan vücudunda bir kimyasal ya da bir maddenin absorbe edilebilme derecesini ifade eder. Örneğin kurşunun sindirim sisteminde biyoyararlılığı onun fiziksel ya da kimyasal formuna bağlıdır. Suda çözünebilir kurşun asetat gibi kurşun türlerinin biyoyararlılığı suda çözünmeyen kurşun formlarından daha fazladır. Sağlıklı bir beslenmede, gıda ürünlerinde bulunan besin öğelerinin sadece miktarı değil, aynı zamanda biyoyararlılıklarında oldukça önemlidir. Çünkü besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin gıdaların içinde bulunan ve vücuda alınan miktarlarıyla vücutta kullanılan miktarları birbirinden farklıdır. Beslenme ile alınan besinlerin sadece bir kısmı biyolojik olarak kullanılabilir. Biyoyararlılık beslenmede önemli bir faktördür çünkü farklı gıdalar, gıda bileşenleri ve sindirim sistemi koşulları ile değişiklik gösterir. Sindirim, emilim, taşınım, kullanım ve boşaltım gibi birçok prosese bağlıdır. Biyoyararlılık, tüketilen gıdanın sindirildikten sonra içerisindeki besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin emilmesi, hücrelere ulaşması ve burada normal metabolik ve fizyolojik fonksiyonlar için kullanılması veya depolanması olarak tanımlanır. Biyoyararlılık çalışmaları yapmak zordur. Çünkü canlı örnekler üzerinde çalışılarak o canlıdaki bozulan miktarın belirlenmesi gerekir. Bu çalışmalar in-vivo çalışmaları diye adlandırılır ve bir canlıda bozulan ve dokulara geçen miktar belirlenir. Biyoyararlılık hem beslenme modelinden hem de onunla ilişkili diğer faktörlerden etkilenir. Bireysel farklılıklar (yaş, beslenme ve sağlık durumu, ihtiyaçlar vb.), sindirim sistemi faktörleri (pH, sindirim etkinliği, bağırsaktan geçiş zamanı vb.) ve diyetle ilgili faktörler (gıdanın fiziksel özelliği, besin öğesinin kimyasal formu, derişimi, diyetle bulunan emilimi artırıcı veya inhibe edici maddeler vb.) gıdalar içindeki besinlerin bağırsaktan kan dolaşım sistemine alımını etkiler (Nehir El, 2016).

Topraklarda en önemli olgu ise bitki, hayvan ve insanlar için metallerin biyoyararlılık ya da zehirlilik etkilerini belirlemektir. Toprak yapısında bulunan biyoyararlılığı olan metaller belirli seviyeyi geçince sağlık açısından zehir etkisi oluşturmaktadır. O nedenle topraktaki metallerin biyoyararlılığının belirlenmesi oldukça önemlidir.

Biyoreişilebilirlik terimi ise sindirim sistemindeki sıvı içinde çözünebilen maddenin fraksiyonunu verir. Çözünmüş maddenin derişiminin toplam derişime oranı biyoreişilebilir fraksiyonu bize verir. Bir kimyasal absorbe edilmeden önce sindirim sistemindeki sıvıda çözünmelidir. O nedenle biyoyararlılık biyoreişilebilirlik ile ilişkilidir. EPA'ya göre topraktaki ve tozdaki kurşunun % 60'ı biyoreişilebilirdir ve bunun % 50'si de vücutta absorbe edilebilir. Buna göre topraktaki kurşunun yaklaşık % 30'u ( $0,6 \times 0,5=0,3$ ) vücut tarafından absorbe edilebilen miktar olan biyoyararlılık seviyesini gösterir (Spadoni, Voltaggio, Carcea, Coni, Raggi ve Cubadda, 2007).

## 7. *IN VITRO* GASTROİNTESTİNAL EKSTRAKSİYON YÖNTEMİ

*In vitro* gastrointestinal ekstraksiyon insanlara kimyasal riski değerlendirmek için kullanılan ağız yoluyla alınan yiyeceklerin biyoyararlılığını ve biyoerişilebilirliğini inceleyen bir yöntemdir. Günlük diyet içinde bilinçli ya da bilinçsiz olarak alınan sebze, meyve ve toprak gibi örnek matrislerinden gelen kimyasalların ne kadarının vücuda alındığını belirlemeyi amaçlar (Karadaş, 2008). Kirlilik içeren sebze, meyve ve toprakların yenmesi durumunda vücuda geçebilecek elementlerin derişimleri, *in vitro* olarak gastrointestinal metotlarla model bağırsak ve mide sistemi oluşturularak (vücut sıcaklığında, mide ve bağırsak sistemindeki pH'larda ve bu organlardaki enzimlerle sindirim yoluyla) belirlenebilir. Literatürde birçok *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki parametreleri içerir:

1. Sıcaklık: Bütün metotlarda sıcaklık vücut sıcaklığı olan 37 °C'dir.
2. Katı /çözelti oranı
3. Karıştırma ve inkübasyon zamanı
4. Sindirim ile ilgili bileşenler
5. Mide ve bağırsakta sindirim
6. Analizlerden önce ayırma adımı
7. Analiz adımı (Karadaş, 2008).

## 8. KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEMLER

### 8.1 Gözlenebilme Sınırı (LOD)

Belirli bir güven seviyesinde tayin edilebilen en küçük analit derisimi veya kütlesi gözlenebilme sınırı olarak kabul edilir. Bu gözlenebilme sınırı analitik sinyal büyüklüğünün tanık sinyalindeki istatistiksel sapma oranına bağlıdır. Diğer bir ifadeyle, analitik sinyal rastgele hatalardan kaynaklanan gürültü sinyalindeki sapmanın k katı kadar büyük olmadığı sürece analitik sinyali, belirli bir kesinlikle görmek imkansızdır. Böylece gözlenebilme sınırına yaklaşıldıkça analitik sinyal ve standart sapması tanık sinyaline ve standart sapmasına yaklaşır. Belirlenen en küçük sinyal ( $S_m$ ), ortalama tanık sinyali ( $S_{bl}$ ) ile tanık sinyallerinin mutlak standart sapmasının ( $s_{bl}$ ) k katının toplamına eşit olarak alınır ve aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$S_m = S_{bl} + k s_{bl} \quad (8.1)$$

Deneysel olarak 20-30 deney ile  $S_{bl}$  ve  $k s_{bl}$  hesaplanır. Son olarak eşitlik 8.2’de eğim kullanılarak  $S_m$ , gözlenebilme sınırı olarak tanımlanan  $C_m$ ’ye dönüştürülür ve aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$C_m = (S_m - S_{bl}) / m = k s_{bl} / m \quad (8.2)$$

Kaiser eşitlikteki k degerinin 3 alınabileceğini ileri sürmüştür. Ayrıca tanık ölçümlerinden elde edilen sonuçların normal dağılım göstermeyeceğini ve k=3 alınması halinde birçok durumda tayin için güven seviyesinin % 95 olacağına işaret etmiştir. Aynı araştırmacı daha büyük k değerlerinin veya daha büyük güven seviyesinin kullanılması halinde kazancın büyük olmayacağını savunmuştur. Gözlenebilme sınırı ile ilgili olarak Long ve Winefordner de k’nın 3 alınmasını önermişlerdir (Skoog ve arkadaşları, 1998, s. 13).

## 8.2 Tayin Sınırı (LOQ)

Gözlenebilme sınırından başka son yıllarda önem kazanan diğer bir terim de tayin sınırıdır. Doğal olarak gözlenebilme sınırı yakınlarında tayin yapılamaz. Tayin sınırı, tanık çözelti için ölçülen absorbans değerinin standart sapmasının yaklaşık 10 katına karşılık gelen derişim veya kütlelerine karşılık gelir (Baytak, 2003).

## 8.3 Güven Aralığı

Kimyasal analizlerde pek çok sayıda ölçüm almadan gerçek ortalama  $\mu$  bulunamaz. Fakat istatistik kullanılarak, sınırlı sayıda ölçümle elde edilen ortalama değer ( ) merkez olmak üzere, öyle bir aralık bulunabilir ki gerçek ortalamanın belirli bir olasılıkla bu aralıkta yer alması beklenir. Bu sınırlar güven sınırları, bu sınırların belirlediği aralık da güven aralığı olarak bilinir.

$\sigma$  biliniyorken, veya  $s$ 'nin  $\sigma$ 'ya yakın olduğu bilinen durumlarda güven aralığı N tane yapılan ölçüm için:

$$\bar{x} \pm z \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (8.3)$$

z değeri belirli bir güven seviyesinde verilir. Örneğin %95 güven seviyesindeki z değeri 1,96'dır.

$\sigma$  bilinmediği durumda güven aralığını hesaplamak için  $s$ 'deki değişebilirliği hesaba katmak için önemli bir istatistik parametre olan  $t$ 'yi kullanırız.

Bu durumda güven aralığı

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (8.4)$$

t değeri her bir güven seviyesinde serbestlik derecesine bağlı olan bir istatistiksel parametredir. Örneğin %95 güven seviyesinde 2 serbestlik derecesi için t değeri 4,3'dür (Skoog, West, Holler ve Crouch, 2004).

#### 8.4 Bilinen Değer ile Deneysel Ortalamanın Karşılaştırılması

Önerilen bir yöntemin doğruluğunu test etmek için, yöntem standart referans maddeye uygulanır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilir. Aşağıda verilen eşitlik (8.3) ile t değeri hesaplanır ve belirli bir güven seviyesi için çizelgeden bulunan t kritik değeri ile karşılaştırılır. t değeri, t kritik değerden küçük ise yöntemde sistematik hata yoktur. t değeri, t kritik değerden büyük ise yöntemde sistematik hata vardır (Skoog vd., 2004).

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu| \sqrt{N}}{s} \quad (8.5)$$

Burada  $\mu$  doğru değer, ortalama değer, s standart sapma ve N tekrar sayısıdır.

Bilinen bir değerle deneysel ortalamanın karşılaştırılması SPSS istatistik paket programlarında tek örnek t testi ile yapılabilmektedir (Albayrak, Eroğlu, Kalaycı, Kayış ve Öztürk 2005).

#### 8.5 Varyans Analizleri

Çoklu karşılaştırma yöntemleri, varyans analizi genel sınıflandırması içinde yer alır ve varyans analizi ANOVA kısaltması ile bilinir (Skoog vd., 2004). Varyans analizi iki ya da daha fazla ortalama arasında fark olup olmadığı ile ilgili hipotezi test etmek için kullanılır. İki ortalama arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek için t testi de kullanılabilir. Fakat t testi, ikiden fazla ortalamanın karşılaştırılması gerektiği durumlarda sorun oluşturmaktadır (Albayrak, 2005). ANOVA işlemlerinde, çeşitli popülasyon ortalamaları arasındaki farklılıklar varyansların karşılaştırılması ile tayin edilir. I tane yığın ortalamasının  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_I$  karşılaştırılmasında  $H_0$  null hipotezi aşağıdaki gibidir;

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_I \quad (8.6)$$

Yani ortalamalar arasında anlamlı fark yoktur ve alternatif hipotez  $H_a$ : en az iki  $\mu_i$  farklıdır (Skoog vd., 2004).

$H_0$  null hipotezin de, iki varyans tahmini karşılaştırma yoluyla test edilir. Bunlardan ilki grupların içindeki varyanstır. İkinci tahmin grupların ortalamalarının varyansları üzerine temellenmiştir. Eğer  $H_0$  null hipotezi doğru ise, grup ortalamaları arasındaki değişim gruplar içi değişime yakın demektir.  $H_0$  null hipotezi yanlış ise, grup ortalamaları arasındaki değişim gruplar içi değişimden büyüktür.

Buradan anlaşılacağı üzere varyans analizinde, temel hedef ortalamalar arasında fark olup olmadığını anlamaktır. Sonuca ulaşmak için iki tip varyansın kıyaslanması kullanıldığı için işlem varyans analizi olarak adlandırılmıştır. Gruplar arası elde edilen varyans ile gruplar içinde elde edilen varyans arasında anlamlı bir fark olup olmamasına göre de hipotez testi yapılmaktadır. Varyans analizinde hipotezi test etmek için F testi kullanılır. F değeri, istenilen anlamlılık düzeyinde tablo değerinden (kritik) küçük ise  $H_0$  null hipotezi reddedilmez. Yani ortalamalar arasında anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna ulaşılır. Eğer F değeri, tablo değerinden (kritik) büyük ise  $H_0$  null hipotezi reddedilir. Bu durumda ortalamalar arasında anlamlı bir farkın olduğu sonucuna varılır (Albayrak vd., 2005).

Varyans analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerden bahsedilir. Bağımsız değişkenlere faktör adı da verilir. Faktörlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkisi araştırılır. Bağımsız değişkenin kategorik, bağımlı değişkenin ise metrik olması gerekmektedir (Albayrak vd., 2005).

Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin sayısına göre varyans analizin türü değişmektedir. Tablo 8.1’de bağımlı ve bağımsız değişken sayılarına göre varyans analizleri türleri özetlenmiştir (Albayrak vd., 2005).

**Tablo 8.1:** Varyans analizleri türleri.

		Bağımsız değişken sayısı	
		Bir	İki
Bağımlı Değişken Sayısı	Bir	Tek yönlü ANOVA	İki yönlü ANOVA
	Birden Fazla	Tek yönlü MANOVA	İki yönlü MANOVA

### 8.5.1 Tek Faktörlü veya Tek Yönlü ANOVA

Tek yönlü ANOVA en basit varyans analizidir. İki tane değişken vardır. Bunlardan birisi kategorik özellik gösteren bağımsız değişkendir ve diğeri de metrik özellik gösteren bağımlı değişkendir. Bağımsız değişken içerisinde iki veya daha fazla grup olabilir. Tek yönlü ANOVA, bu gruplara göre bağımlı değişkendeki ortalamalar arasında fark olup olmadığını test eder (Albayrak vd., 2005).

Tek yönlü ANOVA sonuçlarını vermek için kullanılan ANOVA tablosu Tablo 8.2’de verilmiştir.

**Tablo 8.2:** ANOVA tablosu.

	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi( $d_f$ )	Kareler ortalaması (MS)	Kareler ortalaması tahminleri	F
Gruplar arası (faktör etkisi)	SSF	I-1	$MSF = \frac{SSF}{I-1}$	$\sigma_E^2 + \sigma_F^2$	$\frac{MSF}{MSE}$
Grup içi (hata)	SSE	N-I	$MSE = \frac{SSE}{N-I}$	$\sigma_E^2$	
Toplam	SST	N-1			

Bu tabloda SSF, Faktörlerle ilgili kareler toplamı; SSE, Hatalarla ilgili kareler toplamı; SST, Toplam kareler toplamı; MSF, Faktör seviyelerinden kaynaklanan kareler ortalaması ve MSE, Hata kareler ortalamasıdır. SPSS’te tüm bu işlemler tek yönlü anova testi kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir. Karşılaştırılan sonuçlar arasında istenilen güven seviyesinde anlamlı bir farklılığın olup olmadığı ANOVA tablosundaki anlamlılık seviyesi değerlerine (p) bakılarak kararlaştırılmaktadır (Albayrak vd., 2005).

### 8.5.2 Tek Yönlü MANOVA

Birden fazla bağımlı değişkene tek bir bağımsız değişkenin etki ettiği durumlarda Tek Yönlü MANOVA kullanılır. Tek Yönlü MANOVA’da  $H_0$  hipotezi, bağımlı değişkenlerin hiçbirinde faktördeki gruplara göre bir ortalama farklılığın



olmamasıdır. Alternatif hipotez ise, en az bir bağımlı değişken de faktörün en az iki grubuna göre ortalamaların arasında bir farkın olmasıdır. Bir başka ifade ile, bağımsız değişkenin gruplarından sadece ikisi arasında bile bağımlı değişkenin ortalamaları arasında bir fark gözlemlenirse  $H_0$  hipotezi reddedilir. Ancak ve ancak bağımsız değişkenin gruplarına göre, bağımlı değişkenlerin hiçbirinde bir ortalama farklılığı yoksa  $H_0$  hipotezi reddedilmez (Kalaycı, 2005).

Tek Yönlü MANOVA'daki temel varsayımlar, ANOVA ile aynı olmakla beraber bunlara ek olarak, birden fazla bağımlı değişken olduğu için kovaryans eşitliği şartı da aranmaktadır. ANOVA'da sadece bağımsız değişkendeki gruplara göre, bağımlı değişkenin grup içi varyanslarının homojenliği şartı aranırken, MANOVA'da buna ek olarak, gruplar boyunca, bağımlı değişkenlerin arasında korelasyonların aynı olduğu varsayımı vardır. SPSS ile bu varsayımın test edilmesi mümkündür (Kalaycı, 2005).

## **8.6 Temel Bileşen Analizi**

Temel Bileşen Analizi değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkileri inceleyerek, değişkenlerin daha anlamlı ve özet bir şekilde sunulmasını sağlar. Değişken grupları arasındaki ilişkilerin altında yatan birlikteliğin ortak görüntülerinin hangi faktörler içinde tanımlanacağı ilişkileri basit anlamda ortaya koyar. Diğer bir ifade ile, analiz veri grubunda yer alan değişkenler arasındaki ilişkilerin altında yatan ortak özellikleri kurmaya çalışır. Bununla birlikte analiz boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme yöntemi olarak da tanımlanır (Bayram, 2004).

Faktör analizinde, ele alınan değişkenlerin bağımlı ve bağımsız değişken şeklinde tanımlanamaması, her bir değişkenin normal bölünmeye sahip olduğu, gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu ve değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayılır.

Faktör analizinde ilk aşama gözlenen değişken değerlerinin sonuçları arasında korelasyonların hesaplanarak, orijinal değişkenlerin bir korelasyon matrisi haline getirilmesidir. Korelasyon matrisinden faktörlerin türetilerek döndürülmemiş faktör matrisinin elde edilmesi analizin ikinci aşamasını oluşturur. Bu aşamada, herhangi

bir veri grubuna faktör analizinin uygulanması için faktör türetme tekniklerinden birinin ele alınması gerekir. Çeşitli faktör türetme teknikleri vardır, fakat en yaygın kullanılanı temel bileşen analiz tekniğidir. Analizin üçüncü aşaması, döndürme yöntemlerinden birinin kullanılarak döndürülmüş faktör matrisinin elde edilmesidir. Dik ve eğik olmak üzere iki farklı döndürme yöntemi, bunlar içinde çeşitli teknikler mevcuttur. Döndürülmüş faktör matrisinin yorumlanması ise analizin son aşamasını oluşturur (Bayram, 2004).

Faktör analizinde optimal faktör sayısının bulunmasına karar vermek için çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. En çok kullanılanı özdeğeri birden büyük olan faktörlerin alınmasıdır.

## 9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

BCR ekstraksiyon yöntemi toprak ve sedimentlerde eser elementlerin değişimini incelemek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Mossop ve Davidson 2003; Zemberyova, Bartekova ve Hagarova, 2006). Literatürde farklı ardışık ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiş ve çeşitli uygulamaları yapılmıştır (Tokaloğlu, Kartal ve Elçi, 2000; Davidson, Duncan, Littlejohn, Ure ve Garden 1998; Mester, Cremisini, Ghiara ve Morabito, 1998; Filgueiras, Lavilla ve Bendicho, 2002; Gilmore ve Evans, 2001; Martin, Sanchez ve Gutierrez, 1998).

Kayseri Organize Sanayi Bölgesi'nden alınan 36 adet cadde tozu örneğinde Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin taşınmasını ve biyoalınabilirliğini değerlendirmek için modifiye BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Metallerin hareketlilik sırası Cd □ Cu □ Pb □ Cr □ Ni □ Zn □ Co □ Mn □ Fe olarak bulunmuştur. Ayrıca çalışmada 36 adet cadde tozu örneğindeki metal taşınması üzerine tanecik boyutunun (<38 µm, 38-53 µm ve 53-75 µm) etkisi araştırılmıştır ve çalışılan üç tanecik büyüklüğü için metal dağılımları arasında farklılığın olmadığı gözlenmiştir (Yıldırım, 2015).

Diğer bir çalışmada, Kayseri'nin Çevreyol, Altınoluk ve Sahabiye semtlerinde bulunan üç sebze bahçesinden çok sayıda toprak ve sebze (marul, maydanoz, soğan ve dereotu) örnekleri alınmış ve toprak örneklerinin farklı fazlarındaki metal derişimlerinin belirlenmesi için modifiye edilmiş BCR ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Modifiye edilen yöntemde 1 g toprak örneği üzerine ardışık olarak sırasıyla 0,11 M asetik asit, 0,5 M hidroksilamin hidroklorür (pH 1,5), 8,8 M hidrojen peroksit + 1 M amonyum asetat (pH 2) ve kral suyu ilave edilmiştir. BCR'nin ilk üç basamağını içeren ağır metallerin hareketlilik sırası Mn □ Cd □ Cu □ Pb □ Zn □ Cr □ Ni □ Co □ Fe olarak bulunmuştur. Sebze örneklerindeki toplam metal derişimlerini belirlemek için, sebze örneklerine HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2:1) ile yaş yakma işlemi uygulanmıştır. Metallerin alınabilirliğini değerlendirmek için, topraktan ekstrakte edilebilen metal derişimleri ile sebzedeki metal derişimleri arasındaki ilişki incelenmiş ve BCR'nin birinci ve üçüncü

basamakları için anlamlı pozitif korelasyon katsayıları elde edilmiştir (Gültekin, 2004).

Sungur'un yaptığı bir çalışmada, Ergene Havzasından alınan toprak ve Ergene Nehrinden alınan sediment örneklerinin farklı fraksiyonlarındaki Zn, Pb, Ni, Fe, Mn, Cu, Co, Cr ve Cd derişimleri BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada bu metallerin bitki tarafından alınabilirliği DTPA (dietilen triamin pentaasetik asit) ekstraksiyonu kullanılarak belirlenmiştir. DTPA ekstraksiyon yöntemi ile BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi arasındaki ilişki Pearson korelasyonu ve BCR ardışık ekstraksiyon yöntemiyle belirlenen ağır metallerin davranış ve benzerlikleri hiyerarşik kümeleme analizleri ile istatistiksel olarak incelenmiştir. Toprak örneklerinde BCR yöntemiyle ilk üç fraksiyondaki metallerin hareketlilik sırası; Mn > Pb > Cd > Co > Ni > Cu > Zn > Cr > Fe olarak bulunmuştur. Toprak örneklerinde Ni ve Co dışında kalan ağır metallerin DTPA ile ekstrakte edilebilir kısmı ve BCR'ın 1.fraksiyonu arasında bir ilişki olduğu istatistiksel olarak bulunmuştur. Sediment örneklerinde ise metallerin hareketlilik sırası; Zn > Mn ≈ Cr > Co > Cd > Pb > Ni ≈ Cu > Fe olarak belirlenmiştir (Sungur, 2013).

Güney Çin'deki Lingdingyang körfezinden alınan sediment örneklerinin farklı fazlarındaki Cu, Zn, As, Cr, Pb, Ni ve Cd derişimlerinin belirlenmesi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. BCR'ın birinci basamağında Cd'un hareketliliği ortalama % 76 olarak bulunmuştur. Diğer metallerin hareketlilik sırası ise; Zn (32.44%) > Ni(27.06%) > Cu (24.37%) > Pb (6.29%) > As (3.90%) □ Cr (2.74%) olarak bulunmuştur. BCR'ın ikinci basamağında, indirgenebilir fraksiyonla ilişkili metallerin sıralaması Pb (60.24%) > Cu (32.93%) > Zn (22.65%) > Ni (16.73%) > Cr (16.14%) > As (15.93%) > Cd (13.99%) şeklindedir. Üçüncü adımında, yükseltgenabilir fraksiyondaki metallerin derişiminin ilk iki faza göre daha düşük olduğu bulunmuştur. As, Cr ve Ni'in kalıntı fazındaki derişimleri diğer fraksiyonlara göre oldukça yüksek bulunmuştur. BCR'ın ilk üç basamağını içeren metallerin hareketlilik sırası Cd (91.92%) > Pb (73.09%) > Cu (68.31%) > Zn (60.86%) > Ni (50.10%) > Cr (34.45%) > As (22.69%) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak Lingdingyang körfezinden alınan sediment örneklerinde Cd'un en yüksek biyolojik kullanılabilir fraksiyona sahip olduğu ve bunu Pb ve Cu metallerinin izlediği bulunmuştur (Cao, Tian, Yang, Shi, Lou, Waxi, Ni ve Peng, 2015).

Diğer bir çalışmada, İran'ın Amol bölgesinden alınan toprak örneklerinin farklı fazlarındaki Cd ve Pb derişimleri modifiye BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Toprak örneklerindeki en yüksek Cd derişimleri indirgenebilir fraksiyonda bulunmuştur. En yüksek Pb derişimlerinin ise kalıntı fazında olduğu saptanmıştır (Ahmadipour, 2014).

Golia ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, Yunanistan'ın tarım topraklarındaki ağır metal (Cd, Cu, Ni, Zn, Pb ve Cr) dağılımı modifiye BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. İlk iki fraksiyondaki metallerin derişimi toplam derişimin Cd için % 70-82'si, Cu için %39-64'ü, Ni için %41-69'ü, Zn için %29-51'i, Pb için %75-89'u ve Cr % 52-87'si olarak bulunmuştur. Topraklardaki Cu ve Zn elementlerinin daha çok organik maddelere bağlı olarak bulunduğu belirlenmiştir (Golia, Tsiropoulos, Dimirkou ve Mitsios 2007).

Sakarya D-100 karayolu cadde tozlarında Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, V, Sr, Ba ve Fe metallerinin alınabilirliğini ve hareketliliğini belirlemek için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Cadde tozlarındaki metallerin BCR'in ilk üç fraksiyondaki toplam metal derişim yüzdeleri; % 96.87 Zn, % 91.14 Cd, % 88.49 Sr, % 86.69 Mn, % 81.48 Ba, % 74.22 Cu, % 71.36 Cr, % 69.43 Fe, % 66.79 Pb, % 64.37 Ni, % 39.68 V ve % 29.66 Co olarak bulunmuştur (İsen, 2011).

Literatürde, *in vitro* sindirim koşullarında yapılan biyoerişilebilirlik çalışmalarından elde edilen sonuçlar, *in-vivo* çalışmalarla karşılaştırıldığında aralarında bir korelasyon bulunduğu belirlenmiştir. O nedenle hızlı, kolay ve güvenilir olan çeşitli *in-vitro* metotların kullanımı artmıştır (McDougall, Dobson, Smith, Blake ve Stewart, 2005).

Balıkesir'in Balya ilçesi ve yakın köylerinden alınan topraklarda bazı metallerin toplam konsantrasyonları ve toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Toprakların farklı fazlarındaki metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde modifiye edilmiş BCR ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca toprakların çocuklar tarafından bilinçli yada bilinçsiz olarak yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek metal konsantrasyonları *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Tüm toprak örnekleri değerlendirildiğinde özellikle Balya

bölgesindeki madenlerden dolayı Pb, Zn, Cu ve As derişimlerinin yüksek olduğu gözlenmiştir. (Karadaş, 2008; Karadaş ve Kara, 2011; Karadaş ve Kara, 2012) .

Taze ve kurutulmuş marul ve lahana örneklerindeki Al, Fe, Zn ve Cd elementlerin biyoerişilebilirlik seviyeleri model sindirim (ağız, mide ve bağırsak) sistemi oluşturularak *in vitro* gastrointestinal yöntemi ile belirlenmiştir. Metallerin toplam biyoerişilebilirliği; Fe için % 6-63, Cd için % 3-50, Zn için % 19-53, Al için ise % 1-11 aralığında bulunmuştur (Da Silva, Heerdt, Cidade, Pereira, Morgon ve Cadore, 2015).

Doğu Çin'de kurşun pil fabrikası çevresindeki topraklarda kurşunun biyoerişilebilirliği model mide ve bağırsak sistemi oluşturularak fizyolojik temelli ekstraksiyon testi (PBET) ile değerlendirilmiştir. Toprak örneklerindeki kurşunun midedeki biyoerişilebilirliği % 4,1- 66,9, bağırsaktaki biyoerişilebilirliği ise % 0,28- 9,29 aralığında bulunmuştur (Jin, Zhang, Zhang, Liu ve Li, 2015).

Geleneksel hint ilaçlarında kurşun ve arseniğin mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek konsantrasyonları, fizyolojik temelli ekstraksiyon testi (PBET) kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada Pb'un biyoerişilebilirliğinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Koch, Moriarty, House, Sui, Cullen, Saper ve Reimer, 2011).

Bursa'da bir kuruyemişçiden temin edilen 16 kuruyemiş örneğinde bazı metallerin toplam konsantrasyonları belirlenmiştir. Kuruyemiş örneklerindeki toplam metal konsantrasyonlarını belirlemek için, kuruyemiş örneklerine nitrik asit ile yağ yakma işlemi uygulanmıştır. Ayrıca kuruyemişlerin yenmesi durumunda vücuda mide ve bağırsaklar yoluyla geçebilecek metal konsantrasyonları in-vitro olarak gastrointestinal metotlarla örneğin enzimler ve hidroklorik asit kullanarak model bağırsak ve mide sistemi geliştirilerek yapılmıştır. Bursa' da bir kuruyemişçiden temin edilen kuruyemiş örneklerinin içerdikleri ağır metal miktarlarının Türk Gıda Kodeksi Mevzuatında belirtilen sınırların altında olduğu ve dolayısıyla sağlık açısından bir sakınca oluşturmadıkları belirlenmiştir. Ayrıca ağır metallerin mide ve bağırsak sıvıları içinde çözünerek sindirim sistemine geçen konsantrasyonlarının çok düşük ve önemsenecek miktarda olduğu belirlenmiştir (Kafaoğlu, 2012; Kafaoğlu, Fisher, Hill ve Kara, D. 2014; Kafaoğlu, Fisher, Hill ve Kara, 2016) .

Li ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada kirlenmiş topraklarda kadmiyumun biyoerişilebilirliği, BARGE yöntemi (UBM), Çözünürlük Biyoerişilebilirlik Araştırma Konsorsiyumu (SBRC), *in vitro* gastrointestinal (IVG) ve fizyolojik temelli ekstraksiyon testi (PBET) yöntemleri ile belirlenmiştir. Çalışmada 12 adet toprak örneği Çin'in farklı illerinden tarım, madencilik gibi faaliyetlerinin olduğu bölgelerden toplanmıştır. Cd'un midedeki biyoerişilebilirliği UBM, SBRC, IVG ve PBET yöntemleri ile sırasıyla % 61–99, % 59–103, % 54–107 ve % 35–97 olarak belirlenmiştir. Bağırsak fazındaki biyoerişilebilirliği ise UBM, SBRC, IVG ve PBET yöntemleri ile sırasıyla % 20–56, % 38–77, 42–88 ve % 19–64 olarak belirlenmiştir (Li, Sun, Li, Luo ve Ma, 2016).

Ev tozu örneklerinde Zn, Pb, Cd, Cu, Ni ve Cr metallerinin biyoerişilebilirliği fizyolojik temelli ekstraksiyon testi (PBET) ile belirlenmiştir. Çalışmada 33 adet ev tozu örneği ile çalışılmıştır. Cr derişimleri bu örneklerin sadece 4'ünde tayin sınırının üzerinde bulunmuştur. Metallerin mide fazındaki ortalama biyoerişilebilirliği Zn için % 76,9; Pb için 50,4; Cd için 70,0,; Cu için 33,9, Ni için 28,5 ve Cr için 12,8 olarak bulunmuştur. Metallerin bağırsak fazındaki ortalama biyoerişilebilirliği ise Zn için % 19,5; Pb için 6,2; Cd için 22,4,; Cu için 30,5, Ni için 20,7 ve Cr için 14,5 olarak bulunmuştur (Boros, Fortin, Jayawardene, Chénier, Levesque ve Rasmussen, 2017).

## 10. ÇALIŞMANIN AMACI

Balıkesir ilinde oldukça zengin bor yatakları vardır. Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki bor madenlerine yakın bölgelerdeki topraklar ve bu topraklarda yetişen farklı sebzelerdeki As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olası etkilerini detaylı olarak belirlemektir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda maddeler halinde verildi:

1. Bigadiç teki bor madenlerine yakın bölgelerden alınan toprakların ve bu topraklarda yetiştirilen bazı sebze örneklerinin içerdiği toplam bor ve diğer element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile mikrodalga bozundurma tekniğı uygulandı.
2. Bor madenlerine uzak bölge olan Havran'dan da toprak örnekleri alınarak bu toprakların bor ve diğer element içerikleri bor madenlerine yakın topraklarla karşılaştırıldı.
3. Toprakların fraksiyonlarındaki bor ve diğer elementlerin düzeyleri BCR ardışık ekstraksiyon yöntemiyle belirlendi.
4. Ayrıca toprakta farklı fraksiyonlarda bulunan elementlerin daha ayrıntılı belirlenmesi amacı ile fraksiyon sayısının fazla olduğu yeni alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi geliştirildi.
5. Borca zengin topraklarda yetişen sebzelerde bor içeriğinin yüksek olacağı beklenilir. Bigadiç'teki bor madenlerine yakın toprakların ve bu topraklarda yetiştirilen bazı sebze örneklerinin yenmesi durumunda insan vücuduna mide yada bağırsak sindirimi ile geçebilecek bor ve diğer eser element derişimlerinin belirlenebilmesi için *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulandı.
6. Uygulanan tüm yöntemler ile elde edilen örneklerdeki bor ve diğer eser element derişimleri ICP-OES ya da ICP-MS ile belirlendi.



## 11. YÖNTEM

### 11.1 Materyal

#### 11.1.1 Toprak Örneklerinin Alınması

Balıkesir ili civarında bulunan maden yataklarına, dere, çay gibi su kaynaklarına yakın ve tarım yapılan alanlar değerlendirilerek;

Örnek almak için iki bölge belirlendi;

1. Bölge: Bigadiç İskele- Işıklar mevki; Bu bölge bor maden yataklarına yakın olan ve yakınından Simav çayı ve buna bağlı sulama yapılan kolların bulunduğu bir bölgedir. Sulu tarım yapılan sebze ve meyve yetiştirmek için uygun bir bölgedir.

2. Bölge: Susurluk - Yıldız – Sultançayır mevki. Bu bölge eski kapatılan bor madeni yataklarına çok yakındır. Bölgeyi boylu boyunca geçen Susurluk çayı ve buna bağlı kollar mevcuttur. Bu sularla tarım arazileri sulanmakta olup tüm sebze ve meyve örneklerinin yetiştirilebilmesi için uygun bir bölgedir.

Bu seçilen iki bölge içinden maden yataklarına yakın ve tarım yapılabilen 5 nokta belirlendi. Bu noktalardan toprak örnekleri alındı.

1. Örnek; İskele – Yukarı maden yatakları civarı ( Köy çıkışı )
2. Örnek; İskele – ( Köy girişi – dere yatakları kenarı )
3. Örnek; Yolbaşı ( Köy girişi )
4. Örnek; Beğendikler ( Köy çıkışı )
5. Örnek; Yıldız ( Maden yatağı üzerindeki arazi )

Ayrıca bor madenlerine çok uzak yerleşim yeri olan Havran'dan 3 adet farklı toprak örneği karşılaştırma amacı ile alındı. Örnek alımı esnasında alınan örnekler kilitli poşetlerde muhafaza edildi.

## **11.1.2 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması**

### **11.1.2.1 Kurutma**

Toprak örnekleri süzgeç kâğıtlarının arasında 2–3 gün laboratuvar ortamında açık havada bekletilerek kurutuldu. Açık havada kurutma işlemi ile toprak örneklerinin bileşiminde olabilecek kimyasal değişimler engellenmiş oldu.

### **11.1.2.2 Öğütme**

Havada kurutma işlemi tamamlanan toprak örnekleri, gözle görülebilen taş parçacıkları ve büyük organik materyaller ayrıldıktan sonra bilyalı öğütücüde 30 dakika öğütüldü.

### **11.1.2.3 Eleme**

Öğütme işleminin ardından beşleme yöntemi ile alınan toprak örnekleri 100 µm'lik elekten geçirildi. Elekten geçemeyen kısım atıldı. 100 µm elek altı numuneler kullanıldı.

### **11.1.2.4 Saklama**

Elekten geçirilen toprak örnekleri polietilen saklama kaplarına konuldu. Böylece toprak örnekleri analize hazır duruma getirilmiş oldu.

### 11.1.3 Sebze Örneklerinin Alınması

Bölüm 11.1.1’de verilen toprakların alındığı bölgelerde yetiştirilen çeşitli sebze örnekleri toplandı. Kullanılan sebze örnekleri ve yerleri Tablo 11.1’ de verildi.

**Tablo 11.1:** Kullanılan sebze örnekleri ve yerleri.

Örnek No	Bölge	Cinsi
1a	İskele köy girişi	Lahana
1b	İskele köy girişi	Biber
1c	İskele köy girişi	Sarımsak
2a	İskele köy Çıkışı	Marul
2b	İskele köy Çıkışı	Sarımsak
2c	İskele köy Çıkışı	Soğan
2d	İskele köy Çıkışı	Ispanak
3a	Beğendikler	Biber
3b	Beğendikler	Ispanak
4a	Yolbaşı	Yolbaşı Soğan
4b	Yolbaşı	Yolbaşı Marul
4c	Yolbaşı	Yolbaşı Turp
5	Yıldız	Nohut

Ayrıca standart referans sebze örneği olan Tomato Leaves 1573a, National Institute of Standards and Technology’ den temin edildi.

### 11.1.4 Sebze Örneklerinin Analize Hazırlanması

#### 11.1.4.1 Kurutma

Sebze örneklerinin kabukları ve kaba yüzeyleri soyularak öncelikli olarak küçük tanecik boyutlarına ayrıldı. Bu sebze örnekleri asidik ortamda yüksek sıcaklıkta borun ucucu türlerine dönüşmesini engellemek için polietilen kap içinde su ile karıştırılarak 0,10 M NaOH ile pH değeri 7’ ye ayarlandı. Bu sulu karışım etüvde 75<sup>0</sup>C de 24 saat süreyle tutularak sıvı kısmın uçması sağlandı (Şimşek vd., 2003).

#### 11.1.4.2 Öğütme

Kurutma işlemi tamamlanan sebze örnekleri havanda eşit boyutta olacak şekilde öğütüldü.

#### 11.1.4.3 Saklama

Öğütülen sebze örnekleri polietilen saklama kaplarına kondu. Böylece sebze örnekleri analize hazır duruma getirilmiş oldu.

#### 11.1.5 Kullanılan Kimyasal Maddeler

Tayini yapılan elementlerin standart çözeltilerini hazırlamak için kullanılan analitik saflıkta tuzlar ve markaları Tablo 11.2’de verildi.

**Tablo 11.2:** Deneylerde tayini yapılan elementler, kullanılan tuzları.

Element	Element Tuzu	Markası
As	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Merck
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Merck
Ba	Ba (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Fluka
Cd	Cd (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O	Merck
Co	Co(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O	Sigma
Cr	Cr (NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> . 9 H <sub>2</sub> O	Fluka
Cu	Cu (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 3 H <sub>2</sub> O	Riel de Haen
Fe	Fe (NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> . 9 H <sub>2</sub> O	Merck
Mn	Mn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 4 H <sub>2</sub> O	Merck
Ni	Ni (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O	Fluka
Pb	Pb (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Merck
Zn	Zn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> . 6 H <sub>2</sub> O	Fluka

Bu çalışmada kullanılan; asetik asit, nitrik asit ve hidroklorik asit Riel de Haen A.G’den; hidroksilamin hidroklorür, safra (bile) ve amonyum asetat Merck

A.G'den; porcine pepsin, sodyum sitrat, sodyum malat ve pankreatin Sigma Chemical Comp.'den; laktik asit ve sodyum bikarbonat Fluka'dan temin edildi.

### 11.1.6 Kullanılan Alet ve Cihazlar

Bu çalışmada aşağıda isimlendirilen alet ve cihazlardan yararlanıldı.

Buz Dolabı	: Vestel
Çalkalayıcı su banyosu	: Nüve ST 402
Santrifüj	: Hettich
Otomatik mikropipetler	: Brand
pH-metre	: Hanna Instruments HI 4522
Magnetik karıştırıcı-ısıtıcı	: ARE Heating Magnetic Stirrer, Velp Scientifica
Öğütme cihazı	: Retsch PM 100
Eleme cihazı	: Retsch AS 200
Hassas terazi	: Kern ALS
ICP-MS	: Thermo Scientific X Series 2
ICP-OES	: Varian 725-ES, Melbourne Australia
ETÜV	: Elektromag M 420 P
Mikrodalga bozundurma sistemi	: CEM-MARS 5

Mikrodalga bozundurma cihazında kullanılan operasyon koşulları Tablo 11.3' de verildi.

**Tablo 11.3:** Mikrodalga bozundurma cihazı kullanım şartları.

Güç (watt)	600
Basınç (PSI )	100
Sıcaklık ( <sup>0</sup> C)	200
Sıcaklığa Çıkış Süresi (dk)	20
Kalma Süresi (dk)	10

Analiz için elde edilen çözeltilerdeki elementlerin tayini için kullanılan ICP-MS aletinin operasyon koşulları Tablo 11.4'de ve ICP-OES aletinin operasyon

koşulları Tablo 11.5’de verildi. Çalışmada B elementinin tayinine uygun ertalyte malzemeden yapılan Sturman-Masters püskürtme odası ve V-Groove atomlaştırıcı her iki aletde de kullanıldı. Ertalyte katkısız, polyethylene terephthalate (PET-P) temelinde yarı kristal yapıda termoplastik poliesterdir. Yüksek mekanik dayanım, tokluk ve sertlik, düşük sürtünme katsayısı, yüksek aşınma direnci, sıfıra yakın nem çekme oranıyla çok iyi boyutsal kararlılık, polyamid (PA6) ve polyacetal (POM)'a kıyasla daha yüksek asit direnci, düşük dielektrik katsayısı, gıda temasına uygunluk (sertifikalı) ve sıhhi açıdan inert bir malzemedir (Ultraplas Mühendislik, 2017).

**Tablo 11.4:** ICP-MS’ de ölçümlerde kullanılan çalışma koşulları.

Güç (W)	1400
Gaz akış hızları	
Soğutucu gaz ( Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	13
Yardımcı gaz ( Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	0,75
Atomlaştırıcı gaz (Nebuliser) (Argon ) ( Ldk <sup>-1</sup> )	0,74
Kalma zamanı (ms)	10
Püskürtme odası tipi	Sturman-Masters
Atomlaştırıcı tipi	V-Groove
Elementler ve kütleleri	<sup>75</sup> As, <sup>11</sup> B, <sup>137</sup> Ba, <sup>111</sup> Cd, <sup>52</sup> Cr, <sup>59</sup> Co, <sup>65</sup> Cu, <sup>56</sup> Fe, <sup>55</sup> Mn, <sup>60</sup> Ni, <sup>208</sup> Pb, <sup>66</sup> Zn, <sup>115</sup> In, <sup>193</sup> Ir, <sup>133</sup> Cs

**Tablo 11.5 :** ICP-OES’ de ölçümlerde kullanılan operasyon koşulları.

Güç (W)	1400
Gaz akış hızları	
Soğutucu gaz ( Argon ) ( 1 dak <sup>-1</sup> )	14
Auxiliary gaz ( Argon) ( 1 dak <sup>-1</sup> )	1,5
Atomlaştırıcı gaz (Nebuliser) (Argon ) ( 1 dak <sup>-1</sup> )	0,68
Atomlaştırıcı tipi	V-Groove
Pompa hızı (devir dak <sup>-1</sup> )	7
Püskürtme odası tipi	Sturman-Masters
Kararlılaşma zamanı (s)	20
Tayin dalga boyları (nm)	As (188,98); B (249,772); Ba (455,403); Cd (214,439); Co (238,892); Cr (267,716); Cu (327,395); Fe (238,204); In (230,606); Mn (257,610); Ni (231,604); Pb (220,353); Zn (213,857)

### 11.1.7 Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanışı

Aşağıda verilen tüm çözeltiler polietilenden yapılmış balon jöjeler, falkon tüpler ve beherler içinde hazırlandı.

#### 11.1.7.1 Elementlerin Stok Çözeltileri

Tablo 11.2’ de verilen katılar kullanılarak 10000 mg L<sup>-1</sup> derişiminde stok çözeltiler % 2’lik HNO<sub>3</sub> içinde hazırlandı.

#### 11.1.7.2 Standart Çözeltiler

Her bir element için 10000 mg L<sup>-1</sup>’lik stok çözeltiler kullanılarak 100 mg L<sup>-1</sup> ve 10 mg L<sup>-1</sup>’lik ara stok çözeltiler hazırlandı.

Her bir elementin uygun çalışma aralığında olacak şekilde tüm elementleri içeren, toprak örnekleri için yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi, alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ve *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemlerinin her biri için 4'er standart çözelti hazırlandı. Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi, alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ve *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin mide ekstraksiyonu ile elde edilen çözeltilere ve element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standartlara, iç standart olarak 1000  $\mu\text{g L}^{-1}$  lik In+Ir çözeltilisinden son hacimde 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  derişimini verecek şekilde eklendi. Bağırsak fazındaki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standartlara, iç standart olarak 1000  $\mu\text{g L}^{-1}$  Cs çözeltilisinden son hacimde 100  $\mu\text{g L}^{-1}$  derişimini verecek şekilde eklendi. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi, ardışık ekstraksiyon yöntemi ve *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemlerinin her bir adımı için ayrı ayrı hazırlanan standart çözeltilerdeki element derişimleri aynı sadece örneklerdeki matriks etkisini gidermek amacı ile buldukları çözelti ortamları farklıdır. Standart çözeltilerin derişimleri elementlerin toprak ve bitkilerdeki miktarları göz önüne alınarak belirlendi. Kalibrasyon eğrisinin hazırlanması için kullanılan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri Tablo 11.6; Tablo 11.7; Tablo 11.8 ve Tablo 11.9'da verildi.

**Tablo 11.6 :**Toprak örneklerinin yaş yakma deneylerinde toplam element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri,  $\text{mg L}^{-1}$ .

	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4
As	1	5	10	15
B	1	2	3	4
Ba	5	10	15	20
Cd	0,050	0,100	0,250	0,500
Co	0,050	0,100	0,250	0,500
Cr	1	2	3	4
Cu	0,1	0,5	1	1,5
Fe	100	250	500	1000
Mn	10	20	30	50
Ni	1	2	3	4
Pb	1	2	3	4
Zn	1	2	3	4



**Tablo 11.7:** Toprak örneklerine BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi, alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ve *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, mg L<sup>-1</sup>.

	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4
As	0,050	0,100	0,250	0,500
B	0,50	1	2	3
Ba	0,50	1	2	3
Cd	0,050	0,100	0,250	0,500
Co	0,050	0,100	0,250	0,500
Cr	0,050	0,100	0,250	0,500
Cu	0,050	0,100	0,250	0,500
Fe	1	10	15	30
Mn	1	5	10	15
Ni	0,050	0,100	0,250	0,500
Pb	0,050	0,100	0,250	0,500
Zn	0,050	0,100	0,250	0,500

**Tablo 11.8:** Sebze örneklerine yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdiği elementler ve derişimleri, µg L<sup>-1</sup>.

	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4
As	200	500	800	1000
B	200	500	800	1000
Cd	5	10	25	50
Co	5	10	25	50
Cr	5	10	25	50
Cu	5	10	25	50
Fe	5000	10000	20000	40000
Mn	200	500	800	1000
Ni	5	10	25	50
Pb	5	10	25	50
Zn	200	500	800	1000

**Tablo 11.9:** Sebze örneklerine *in-vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen örneklerdeki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile hazırlanan standart çözeltilerin içerdđđ elementler ve derişimleri,  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4
As	5	10	25	50
B	5	10	25	50
Cd	5	10	25	50
Co	5	10	25	50
Cr	5	10	25	50
Cu	5	10	25	50
Fe	50	100	250	500
Mn	50	100	250	500
Ni	5	10	25	50
Pb	5	10	25	50
Zn	5	10	25	50

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. adımında elde edilen ekstraktların analizinde kullanılan Tablo 11.7’de verilen standart çözeltiler 0,11 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  içinde hazırlandı.

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2. adımında elde edilen ekstraktların analizinde kullanılan standart çözeltiler pH’sı 1,5 olan 0,5 M  $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$  çözeltisi içinde hazırlandı.

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 3. adımında elde edilen ekstraktların analizinde kullanılan standart çözeltiler pH’sı 2,0 olan 1,0 M  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  çözeltisi içinde hazırlandı.

Toprak örneklerinin yaş yakma ve BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 4. adımında, ve alternatif yöntemin 7. adımından ve sebzelerin mikrodalga ile yaş yakmaları ile elde edilen ekstraktların analizinde kullanılan standart çözeltiler % 2  $\text{HNO}_3$  içinde hazırlandı.

*In vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin 1. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler, pH'sı 1,8 olan gastrik (mide özsu) çözeltileri içinde hazırlandı.

*In vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin 2. adımında elde edilen çözeltilerin analizinde kullanılan standart çözeltiler, gastrik (mide özsu) çözeltilerinin pH'sının doygun sodyum bikarbonat ile 7,0 yapıp ardından safra ve pankreatin eklenmesiyle elde edilen çözelti içinde hazırlandı.

### **11.1.7.3 BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi, Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve *In Vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde Kullanılan Çözeltiler**

#### **1. 0,11 M CH<sub>3</sub>COOH ( Asetik asit ) çözeltisi**

1 L'lik balon jöjeye yoğunluğu 1.05 g/mL olan % 100 saflıkta glasiyel asetik asitten 6,29 mL alınarak balon jöje hacmine saf su ile tamamlandı.

#### **2. 0,5 M NH<sub>2</sub>OH.HCl ( Hidroksilamin hidroklorür ) çözeltisi , pH=1,5**

34,75 g NH<sub>2</sub>OH.HCl 1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözüldü. 2,0 M HNO<sub>3</sub> ile pH 1,5'e ayarlanarak 1 L'lik balon jöje içine alındı ve balon jöje hacmine tamamlandı.

#### **3. 8,8 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ( Hidrojen peroksit ) çözeltisi**

250 mL'lik balon jöjeye yoğunluğu 1.11 g mL<sup>-1</sup> olan % 30'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den 224,7 mL alınarak balon jöje hacmine saf su ile tamamlandı.

#### **4. 1,0 M CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> ( Amonyum asetat ) çözeltisi, pH=2,0**

77,08 g CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> 1L'lik beher içinde yaklaşık 800 mL saf suda çözüldü. Derişik HNO<sub>3</sub> ile pH 2,0'ye ayarlanarak 1L'lik balon jöje içine alındı ve balon jöje hacmine tamamlandı.

#### **5. 20 mmol L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> çözeltisi**

2,94 g CaCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O 1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözüldü. 1 L'lik balon jöje içine alındı ve balon jöje hacmine tamamlandı.

#### **6. 0,1 M HCl çözeltisi**

1 L'lik balon jöjeye yoğunluğu 1.19 g/mL olan % 37 saflıkta hidroklorik asitten asitten 4,14 mL alınarak balon jöje hacmine saf su ile tamamlandı.

**7.** 0,1 M  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  ( Hidroksilamin hidroklorür) çözeltisi, pH=1,5  
6,94 g  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözüldü. 2,0 M  $\text{HNO}_3$  ile pH 1,5'e ayarlanarak 1 L'lik balon joje içine alındı ve balon joje hacmine tamamlandı.

**8.** 0,2 M  $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4$  + 0,2 M  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  çözeltisi, pH=3  
28,42 g  $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4$  ve 25,214 g  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözüldü. 2,0 M  $\text{HNO}_3$  ile pH 1,5'e ayarlanarak 1 L'lik balon joje içine alındı ve balon joje hacmine tamamlandı.

**9.** 0,2 M Na-Citrate +0,05 M Sitrik Asit + 0,1M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   
71,43 g Na-Citrate, 14,705 g Sitrik Asit ve 24,818 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  1 L'lik beher içinde 950 mL saf suda çözüldü. 1 L'lik balon joje içine alındı ve balon joje hacmine tamamlandı.

**10.** 2,0 M  $\text{HNO}_3$  ( Nitrik asit)  
250 mL'lik bir balon jøjeye bir miktar saf su konulduktan sonra yoğunluğu  $1,4 \text{ gmL}^{-1}$  olan % 65'lik  $\text{HNO}_3$ 'den 34,6 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlandı.

**11.** 0,5 M  $\text{HNO}_3$  ( Nitrik asit)  
250 mL'lik bir balon jøjeye bir miktar saf su konulduktan sonra yoğunluğu  $1,4 \text{ gmL}^{-1}$  olan % 65'lik  $\text{HNO}_3$ 'den 8,6 mL alınarak balon joje hacmine saf su ile tamamlandı.

**12.** Gastrik (mide özsu) çözeltisi, pH=1,8  
1,25 g pepsin, 0,50 g sodyum sitrat, 0,50 g sodyum malat, 420  $\mu\text{L}$  laktik asit, 500  $\mu\text{L}$  asetik asit yaklaşık 950 mL saf suda çözüldü. Derişik  $\text{HCl}$  ile pH 1,8'e ayarlanarak 1L'lik balon joje içine alındı ve balon joje hacmine tamamlandı.

**13.** Doygun  $\text{NaHCO}_3$  çözeltisi  
250 mL'lik bir behere bir miktar saf su alınıp içine çözebileceği kadar  $\text{NaHCO}_3$  eklenerek çözelti hazırlandı.

## 11.2 YÖNTEM

Aşağıda verilen yöntemlerde bütün deneyler aksi belirtilmedikçe polietilenden yapılmış falkon tüpler ve kaplar içinde yapıldı.

## 11.2.1 Toprak ve Sebze Örneklerine Uygulanan Yöntemler

### 11.2.1.1 Yaş Yakma Yöntemi

Toprak ve sebze örneklerindeki toplam bor ve diğer elementlerin derişimlerinin belirlenmesi amacıyla toprak ve sebze örneklerine Tablo 11.3’de verilen mikrodalga ile bozundurma işlemleri uygulandı.

Toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 1 g tartılarak üzerine 1 mL saf su, 6 mL % 37’lik derişik HCl ve 2 mL % 65’lik derişik HNO<sub>3</sub> eklenerek toprak örnekleri teflondan yapılmış mikrodalga bozundurma kabına alındı. Bozundurma kaplarının ağzı kapatıldı ve 16 saat oda sıcaklığında bekletildi. Ardından toprak örnekleri mikrodalga bozundurmada belirtilen şartlar altında bozunduruldu. Soğuduktan sonra 50 mL’lik balon joje içine siyah bantlı süzgeç kâğıdından süzöldü. 0,5 M HNO<sub>3</sub> çözeltisi ile balon joje hacmine tamamlandı. Örnekler 50 mL’lik polietilen tüplere alınarak analiz için 4°C’de buzdolabında saklandı. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için yukarıda verilen işlemler standart referans madde olan NCS DC 73386 Soil’de uygulandı.

Ayrıca yukarıda verilen yöntem BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 4. adımında ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 7. adımında da kullanıldı.

Alınan topraklarda yetişmiş sebze örneklerinden, üç paralel olmak üzere yaklaşık 1’er g tartıldı. Sebze örnekleri üzerine 5 ml % 65’lik derişik HNO<sub>3</sub> eklenerek sebze örnekleri mikrodalga bozundurma kabına alındı. Bozundurma kaplarının ağzı kapatıldı ve 16 saat oda sıcaklığında bekletildi. Ardından sebze örnekleri mikrodalga bozundurmada belirtilen şartlar altında bozunduruldu. Soğuduktan sonra 50 mL’lik balon joje içine siyah bantlı süzgeç kâğıdından süzöldü. 0,5 M HNO<sub>3</sub> çözeltisi ile balon joje hacmine tamamlandı. Örnekler 50 mL’lik polietilen tüplere alınarak analiz için 4°C’de buzdolabında saklandı. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için yukarıda verilen işlemler Standart referans sebze örneği olan Tomato Leaves 1573a’ya da uygulandı.

Toprak örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki Cd, Co ve Cu iyonları ICP-MS ile B, As, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile belirlendi. Sebze örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki Fe iyonları ICP-OES ile As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi.

### **11.2.1.2 BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi**

BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir.

#### **1. Adım :**

Ön işlemler uygulanarak çalışmaya hazır hale getirilen toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 1 g tartılarak 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine konuldu. Üzerine 20 mL 0,11 M CH<sub>3</sub>COOH eklendi. Karışım 16 saat süreyle sıcaklığı 22±1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerinde toplandı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22±1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle suda çözünür, asitte çözünür ve karbonatlara bağlı elementler ekstrakte edildi.

#### **2. Adım :**

Birinci adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0,5 M NH<sub>2</sub>OH.HCl (pH=1,5) eklendi ve 16 saat süreyle sıcaklığı 22±1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22±1 °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın

dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle indirgenebilir formdaki elementler (Mn ve Fe-oksitlere bağlı) ekstrakte edildi.

### 3. Adım :

İkinci adımdan kalan kalıntı üzerine 5 mL 8,8 M  $H_2O_2$  eklenerek 1 saat süreyle oda sıcaklığında elle çalkalandı. Ardından örnekler 1 saat  $85\pm 1$  °C'de su banyosunda tüplerin kapakları kapalı olarak bekletildi. Bu bir saatlik sürenin ilk 30 dakikası içinde örnekler ara sıra elle çalkalandı. Tüpteki sıvı hacmi 1-2 mL kalıncaya kadar tüpler ağzı açık olarak  $85\pm 1$  °C'de su banyosunda ısıtıldı. Yeniden 5 mL 8,8 M  $H_2O_2$  eklendi ve tüpler ağzı kapalı olarak  $85\pm 1$  °C'de su banyosunda 1 saat ısıtıldı. Sonra tüpler ağzı açık olarak  $H_2O_2$ 'in tamamına yakını buharlaşınca kadar (kurumaya yakın) ısıtıldı. Soğuduktan sonra tüp içine 25 mL 1,0 M  $CH_3COONH_4$  (pH=2,0) eklenerek 16 saat süreyle sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle yükseltgenabilir formdaki elementler (sülfürlere ve organik maddelere bağlı) ekstrakte edildi.

### 4. Adım :

Üçüncü adımdaki kalıntıya Bölüm 11.2.1.1'de verilen yaş yakma yöntemi uygulandı.

BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ayrıca standart referans toprak örneği olan NCS DC 73386 Soil'ede uygulandı.

BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile toprak örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile As, B, Ba ,Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi.

### 11.2.1.3 Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi

Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi toprakların farklı fazlarındaki element derişimlerinin belirlenmesi amacı ile BCR ardışık ekstraksiyon yöntemine alternatif olarak önerdiğimiz bir tekniktir. Önerilen yöntem; topraktaki element fraksiyonlarını sırasıyla; suda çözünebilen ve yer değiştirebilen (1. Adım), karbonatlara bağlı (2. Adım), Mn oksitlere bağlı (3. Adım), Amorföz Fe oksihidroksitlere bağlı (4. Adım), kristal yapıdaki Fe oksitlere bağlı (5. Adım), yükseltgenbilir formdaki metaller, sülfürlere ve organik maddelere bağlı (6. Adım), olarak altı basamakta değerlendirir. Kalıntı yalnız kuvvetli asit karışımlarında ( kral suyu,  $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$  gibi ) çözünebilir mineral fazdaki metalleri içerir. Bu çalışmada kullanılan alternatif ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir.

#### 1. Adım :

Ön işlemler uygulanarak çalışmaya hazır hale getirilen toprak örneklerinden üç paralel olmak üzere 1 g tartılarak 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine konuldu. 20 mL 20 mmol  $\text{L}^{-1}$   $\text{CaCl}_2$  eklendi. Karışım 16 saat süreyle sıcaklığı  $22 \pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerinde toplandı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı  $22 \pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle suda çözünen ve yer değiştirebilir türler ekstrakte edildi.

#### 2. Adım :

Birinci adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0.1 mol  $\text{L}^{-1}$  HCl eklendi ve 16 saat süreyle sıcaklığı  $22 \pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı  $22 \pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30



dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle karbonatlara bağlı türler ekstrakte edildi.

### **3. Adım :**

İkinci adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0,1 M  $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$  (pH=2,0) eklendi ve 16 saat süreyle sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle Mn oksitlere bağlı türler ekstrakte edildi (Silveira, Alleoni, O'Connor ve Chang 2006).

### **4. Adım:**

Üçüncü adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0,2 M  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  + 0,2 M  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  (pH=3) eklendi ve 16 saat süreyle sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı  $22\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm'de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle amorfos Fe oksihidroksitleri ekstrakte edildi. Bu türler amorföz yapıdaki Fe(II) sülfidler, Fe(II) karbonatlar, amorföz ve zayıf kristal yapıdaki Fe(III) ve magnetittir (Chen, Zhu, Yang ve Huang, 2013).

### **5.Adım:**

Dördüncü adımdan kalan kalıntı üzerine 20 mL 0,2 M Na-Citrate + 0,05 M Sitrik Asit + 0,1M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  karışımı eklendi ve 30 dakika süreyle sıcaklığı  $40\pm 1$  °C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm'de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine

dekante edildi ve analiz için 4°C’de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22±1 °C’ye ayarlanmış çalkalayıcılı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm’de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle Fe(II) sülfidler, kristal yapıdaki Fe(III) oksitler ve %15 lik magnetit fraksiyonu ekstrakte edilebilir (Chen vd., 2013).

#### **6. Adım:**

Beşinci adımdan kalan kalıntı üzerine 5 mL 8,8 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenerek 1 saat süreyle oda sıcaklığında elle çalkalandı. Ardından örnekler 1 saat 85±1 °C’de su banyosunda tüplerin kapakları kapalı olarak bekletildi. Bu bir saatlik sürenin ilk 30 dakikası içinde örnekler ara sıra elle çalkalandı. Tüpteki sıvı hacmi 1-2 mL kalıncaya kadar tüpler ağzı açık olarak 85±1 °C’de su banyosunda ısıtıldı. Yeniden 5 mL 8,8 M H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklendi ve tüpler ağzı kapalı olarak 85±1 °C’de su banyosunda 1 saat ısıtıldı. Sonra tüpler ağzı açık olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’in tamamına yakını buharlaşınca kadar (kurumaya yakın) ısıtıldı. Soğuduktan sonra tüp içine 25 mL % 25 HNO<sub>3</sub> içinde 3.2 mol L<sup>-1</sup> CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> eklenerek 16 saat süreyle sıcaklığı 22±1 °C’ye ayarlanmış çalkalayıcılı su banyosunda çalkalandı. Örnekler 4000 rpm’de 30 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı 50 mL’lik polietilen santrifüj tüplerine dekante edildi ve analiz için 4°C’de buz dolabında saklandı. Tüpteki kalıntı üzerine 10 mL saf su eklenerek 15 dakika sıcaklığı 22±1 °C’ye ayarlanmış çalkalayıcılı su banyosunda çalkalandı. Ardından 4000 rpm’de 30 dakika santrifüjlendi. Örnek kaybına sebep olmaksızın dikkatli bir şekilde sıvı kısım dekante edilerek katı kalıntıdan ayrıldı. Bu işlemle yükseltgenabilir formdaki elementler (sülfürlere ve organik maddelere bağlı türler) ekstrakte edildi.

#### **7.Adım:**

Üçüncü adımdaki kalıntıya Bölüm 11.2.1.1’de verilen yaş yakma yöntemi uygulandı. Bu adımda kalıntıda kalan ekstrakte edilemeyen elementler ekstrakte edildi.

Alternatif ekstraksiyon yöntemi ayrıca standart referans toprak örneği olan NCS DC 73386 Soil’e de uygulandı.

Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile toprak örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi.

#### **11.2.1.4 *In Vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi**

Çalışmada kullanılan *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yönteminin genel akışı şu şekildedir.

##### **1. Adım: Model Mide Sindirimi**

Analize hazır hale getirilen toprak ve sebze örneklerinden üç paralel olmak üzere 1 g tartılarak 50 mL'lik polietilen santrifüj tüplerine konuldu. Üzerine 40 mL pH'sı 1,8 olan gastrik (mide özsuyu) çözeltisinden eklendi. Örnekler 1 saat sıcaklığı 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. Ardından bu karışımdan 5 mL örnek analiz için alındı. Örnekler 3000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek 15 mL'lik polietilen santrifüj tüplerinde toplandı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı. 5 mL alınan örnek yerine mide özsuyu çözeltisinden 5 mL eklendi.

##### **2. Adım: Bağırsakta Sindirim**

Bu adımda mide sindiriminden geçen toprak ve sebze örneklerinin pH'sı doygun sodyum bikarbonat çözeltisi ile 7,0'ye ayarlandıktan sonra 70 mg safra ve 20 mg pankreatin eklendi. Örnekler 4 saat sıcaklığı 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcı su banyosunda çalkalandı. 4 saat sonrasında karışımdan 5 mL örnek analiz için alındı. Örnekler 3000 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüj edildi. Çözelti kısmı dekante edilerek 15 mL'lik polietilen santrifüj tüplerinde toplandı ve analiz için 4°C'de buz dolabında saklandı.

*In vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ayrıca standart referans toprak örneği olan NCS DC 73386 Soil'e ve standart referans sebze örneği olan Tomato Leaves 1573'ede uygulandı.

Toprak örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile B, As, Ba, Cr, Fe, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi. Sebze örneklerinden elde edilen ekstraktlardaki tayini yapılan tüm iyonların derişimleri ICP-MS ile belirlendi.

## 12. BULGULAR

### 12.1 Tayin Sınırı Değerleri

ICP-OES ve ICP-MS cihazının tayin edilen elementler için gözlenebilme sınırları (LOD) ve tayin sınırları (LOQ) değerleri Bölüm 8.1 ve 8.2’de verilen yöntem kullanılarak belirlendi. Tablo 12.1’de bu değerler verildi.

**Tablo 12.1:** ICP-OES ve ICP-MS cihazına ait gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	ICP-OES		ICP-MS	
	LOD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LOD ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )
As	30	99	0,2	0,66
B	5	16,5	5	16,5
Ba	0,1	0,33	0,1	0,33
Cd	20	66	0,2	0,66
Co	20	66	0,1	0,33
Cr	20	66	0,2	0,66
Cu	15	49,5	0,2	0,66
Fe	15	49,5	2	6,6
Mn	5	16,5	0,1	0,33
Ni	20	66	0,5	1,65
Pb	30	99	0,2	0,66
Zn	10	33	0,2	0,66

Yaş yakma yöntemi, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 7. adımı için gözlenebilme sınırı (LOD) değerleri Tablo 12.1 de verilen her bir elemente ait gözlenebilme sınırı (LOD)

değerleri son hacim miktarı olan 50 mL ile çarpılarak alınan örnek miktarı olan 1 g'a bölünerek ICP-OES için  $\text{mg kg}^{-1}$  ve ICP-MS için  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak hesaplandı. Bu değerler 3,3 ile çarpılarak da LOQ değerleri bulundu. Sonuçlar Tablo 12.2'de verildi.

**Tablo 12.2:** Yaş yakma yöntemi, BCR Ardışık ekstraksiyon yöntemi ve geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 7. adımı için gözlenebilirlik sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	ICP-OES		ICP-MS	
	LOD ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	LOQ ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	LOD ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ )
As	1,5	4,95	10	33
B	0,25	0,825	250	825
Ba	5	16,65	5000	1665
Cd	0,005	0,0165	5	16,5
Co	1	3,3	10	33
Cr	1	3,3	5	16,5
Cu	1	3,3	10	33
Fe	0,75	2,475	10	33
Mn	0,75	2,475	100	330
Ni	0,25	0,825	5	16,5
Pb	1	3,3	25	82,5
Zn	1,5	4,95	10	33

Geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminde son hacim miktarı 1-6, adımlarda 20 mL ve her bir örnek 1 g alındığı için ICP-OES ve ICP-MS cihazına ait LOD değerleri (bkz,Tablo 12.1), 20 ile çarpılarak gözlenebilirlik sınırı (LOD) değerleri ICP-OES için  $\text{mg kg}^{-1}$  ve ICP-MS için  $\mu\text{g kg}^{-1}$  olarak bulundu. Bu değerler 3,3 ile çarpılarak da LOQ değerleri hesaplandı. Sonuçlar Tablo 12.3'de verildi.

**Tablo 12.3:** Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemlerinin 1-6. Adımları için gözlenebilirlik sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	ICP-OES		ICP-MS	
	LOD (mg kg <sup>-1</sup> )	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> )	LOD (µg kg <sup>-1</sup> )	LOQ (µg kg <sup>-1</sup> )
As	0,6	1,98	4	13,2
B	0,1	0,33	100	330
Ba	0,002	0,0066	2	6,6
Cd	0,4	1,32	4	13,2
Co	0,4	1,32	2	6,6
Cr	0,4	1,32	4	13,2
Cu	0,3	0,99	4	13,2
Fe	0,3	0,99	40	132
Mn	0,1	0,33	2	6,6
Ni	0,4	1,32	10	33
Pb	0,6	1,98	4	13,2
Zn	0,2	0,66	4	13,2

*In vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yönteminde son hacim miktarı 40 mL ve her bir örnek 1 g alındığı için ICP-OES ve ICP-MS cihazına ait LOD (µg L<sup>-1</sup>) değerleri (bkz,Tablo,12.1), 40 ile çarpılarak gözlenebilirlik sınır değerleri (LOD) ICP-OES için mg kg<sup>-1</sup> ve ICP-MS için µg kg<sup>-1</sup> olarak bulundu. Bu değerler 3,3 ile çarpılarak da LOQ değerleri hesaplandı. Sonuçlar Tablo 12.4 de verildi.

**Tablo 12.4:** *In vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile yapılan analizlerin gözlenebilme sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ) değerleri.

Element	ICP-OES		ICP-MS	
	LOD (mg kg <sup>-1</sup> )	LOQ (mg kg <sup>-1</sup> )	LOD (µg kg <sup>-1</sup> )	LOQ (µg kg <sup>-1</sup> )
As	1,2	3,96	8	26,4
B	0,2	0,66	200	660
Ba	0,004	0,0132	4	13,2
Cd	0,8	2,64	8	26,4
Co	0,8	2,64	4	13,2
Cr	0,8	2,64	8	26,4
Cu	0,6	1,98	8	26,4
Fe	0,6	1,98	80	264
Mn	0,2	0,66	4	13,2
Ni	0,8	2,64	20	66
Pb	1,2	3,96	8	26,4
Zn	0,4	1,32	8	26,4

## 12.2 Toprakla ilgili yapılan Çalışmalar

### 12.2.1 Yaş Yakma Yöntemi

#### 12.2.1.1 Standart Referans Toprak Örneği (NCS DC 73386 Soil )

Uygulanan yöntemlerin doğruluğunu belirlemek için standart referans toprak örneğine (NCS DC 73386 Soil ) yaş yakma yöntemi uygulandı.



Referans toprak örneğindeki yaş yakma yöntemi ile bulunan toplam element derişimleri ile sertifikalı referans değerler Tablo 12.5’de verildi.

**Tablo 12.5:** Standart Referans Maddeye (NCS DC 73386 Soil) ait referans değerler ile bulunan değerler ve % geri kazanımlar.

Element	Birimi	Referans Değer	Bulunan Değer	% Geri Kazanım
As	mg kg <sup>-1</sup>	412±16	508,90±14,90	123.5
B	mg kg <sup>-1</sup>	53±6	49,31±3,95	93.0
Ba	mg kg <sup>-1</sup>	296±26	290,70±20,20	98.2
Cd	mg kg <sup>-1</sup>	0,45±0,06	0,46±0,07	102.2
Co	mg kg <sup>-1</sup>	12±2	11,80±2,30	98.3
Cr	mg kg <sup>-1</sup>	118±7	103,20±15,00	87.5
Cu	mg kg <sup>-1</sup>	144±6	140.50±11,10	97.6
Fe	%	12,62±0,18	12.60±0.20	99.8
Mn	mg kg <sup>-1</sup>	1360±71	1336,30±57,80	98.3
Ni	mg kg <sup>-1</sup>	40±4	39,30±6,20	98.3
Pb	mg kg <sup>-1</sup>	552±29	561,57±37.6	101,7
Zn	mg kg <sup>-1</sup>	494±25	497,30±2,51	100,7

### 12.2.1.2 Toprak Örnekleri

Bigadiç’e bağlı köyler İskele köyü girişi ve çıkışından, Yolbaşı ve Beğendikler ve Susurluk’a bağlı köy olan Yıldız’dan ve bor madenlerine uzak yerleşim yeri olan Havran’dan alınan toprak örneklerine yaş yakma yöntemi uygulanarak sulu çözeltiye geçen Cd, Co ve Cu iyonlarının derişimleri ICP-MS ile B, As, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile belirlendi. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için, aynı işlemler uygulanarak standart referans madde (NCS DC 73386 Soil) analiz edildi.

Yaş yakma yöntemi ile bulunan bor madenlerine yakın bölgelerden alınan topraklardaki toplam element derişimleri Tablo 12.6’da ve bor madenlerine uzak

yerleşim yeri olan Havran'dan alınan topraklardaki toplam element derişimleri Tablo 12.7'de verildi.

**Tablo 12.6:** Bor madenlerine yakın bölgelerden alınan topraklardaki toplam element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişi	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız
As	126,81±13,40	73,65±7,39	49,42±1,08	81,85±1,85	820,52±76,32
B	82,71±3,71	63,09±1,36	36,55±1,22	49,88±0,41	545,64±13,68
Ba	1273,50±94,03	152,34±3,86	91,35±1,72	273,48±4,02	244,76±32,13
Cd	1,72±0,19	2,25±0,23	0,92±0,11	2,57±0,78	3,55±0,28
Co	1,20±0,01	2,18±0,88	1,28±0,25	2,50±0,56	3,52±0,85
Cr	15,04±0,46	84,34±4,43	12,31±0,27	32,81±0,43	62,64±0,58
Cu	13,72±4,72	40,18±5,44	15,22±0,40	33,34±8,45	75,70±9,33
Fe	2922,01±212,47	7888,54±41,44	2753,61±54,21	8427,84±109,11	12574,92±126,51
Mn	208,62±16,11	421,22±12,23	214,66±3,12	917,16±15,50	878,01±62,77
Ni	38,27±2,79	93,12±2,92	22,14±2,31	37,45±1,62	61,94±0,77
Pb	35,73±6,40	38,98±3,53	24,83±0,24	62,21±0,39	81,01±2,29
Zn	158,55±14,07	193,98±9,09	113,98±10,81	145,24±23,73	218,35±24,32

**Tablo 12.7:** Bor madenlerine uzak yerleşim yeri olan Havran'dan alınan topraklardaki toplam element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Havran-1	Havran-2	Havran-3
As	13,83±4,20	70,40±4,55	94,58±8,37
B	8,51±1,12	5,23±0,34	15,20±7,95
Ba	632,11±13,2	491,37±18,03	417,43±14,89
Cd	3,71±0,10	0,64±0,10	0,99±0,05
Co	26,34±0,74	26,07±2,59	35,54±2,25
Cr	69,02 ± 0,19	88,22±5,00	114,92±8,20
Cu	72,50±1,23	66,72±4,23	107,00±6,77
Fe	38361,91±166,42	42144,21±2915,8	47188,51±3056,31
Mn	1574,71±32,4	1563,01±129,61	2237,31±130,81
Ni	34,47±0,28	44,10±2,72	80,52±5,10
Pb	127,19±1,57	95,25±6,51	138,44±0,03
Zn	150,85±4,73	118,99±10,87	216,94±12,99

### 12.2.2 BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi

Bigadiç'e bağlı köyler İskele köyü girişi ve çıkışından, Yolbaşı ve Beğendikler ve Susurluk'a bağlı köy olan Yıldız'dan alınan toprak örneklerine BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulanarak her bir ekstraksiyon adımında sulu

çözeltiye geçen Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile As, B, Ba ,Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için, aynı işlemler uygulanarak standart referans madde de (NCS DC 73386 Soil) analiz edildi.

BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki element derişimleri As için Tablo 12.8; B için Tablo 12.9, Ba için Tablo 12.10; Cd için Tablo 12.11; Co için Tablo 12.12; Cr için Tablo 12.13; Cu için Tablo 12.14; Fe için Tablo 12.15; Mn için Tablo 12.16; Ni için Tablo 12.17; Pb için Tablo 12.18; Zn için Tablo 12.19'da verildi.

**Tablo 12.8:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen As derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	8,82±1,44	16,11±2,88	14,01±0,42	87,48±3,23	126,42±13,19
İskele Köy Girişi	7,02±0,54	11,49±1,21	7,91±0,56	40,92±3,22	67,34±3,53
Yolbaşı	1,76±0,92	7,11±0,20	7,12±0,40	25,84±4,91	41,83±5,01
Beğendikler	1,76±0,91	3,30±0,18	7,79±0,13	51,87±2,14	64,72±2,34
Yıldız	7,05±0,44	34,98±3,30	33,85±0,59	626,34±23,79	702,22±24,03
NCS DC 73386 Soil	0,063±0,008	<LOD	0,20±0,03	508,11±54,62	508,37±54,6

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.9:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen B derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR TOPLAM
İskele Köy Çıkışı	24,29±0,42	16,92±2,29	10,08±0,78	40,00±1,31	91,29±2,78
İskele Köy Girişi	39,62±0,55	8,44±0,06	7,34±0,29	13,30±0,35	68,70±0,72
Yolbaşı	14,42±0,37	6,23±0,57	9,67±0,55	16,33±0,87	46,65±1,23
Beğendikler	18,35±0,25	4,24±0,39	3,48±0,42	15,17±0,94	41,24±1,29
Yıldız	415,54±5,35	47,85±4,87	9,13±0,95	135,80±3,50	608,32±8,09
NCS DC 73386 Soil	3,31±0,06	4,11±0,07	10,11±0,97	28,24±4,17	45,77±4,28

**Tablo 12.10:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ba derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR TOPLAM
İskele Köy Çıkışı	94,45±0,48	283,44±19,64	223,72±18,66	635,06±26,40	1236,67±37,83
İskele Köy Girişi	36,54±0,71	61,00±4,74	4,27±0,20	52,47±1,75	154,28±5,10
Yolbaşı	24,37±1,00	39,00±0,17	11,61±0,63	21,37±0,66	96,35±1,36
Beğendikler	3,00±0,12	115,05±4,13	28,15±3,76	74,03±1,14	220,23±6,38
Yıldız	28,99±1,33	112,9±4,34	5,56±0,20	59,20±3,41	206,65±5,68
NCS DC 73386 Soil	6,95±0,72	23,60±2,41	5,71±0,39	225,81±2,20	262,06±3,41

**Tablo 12.11:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cd derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR TOPLAM
İskele Köy Çıkışı	0,42±0,09	<LOD	1,31±0,36	0,38±0,04	2,11±0,37
İskele Köy Girişi	0,18±0,03	0,22±0,03	0,34±0,08	1,15±0,20	1,89±0,22
Yolbaşı	0,14±0,003	0,70±0,02	0,32±0,04	<LOD	1,16±0,04
Beğendikler	0,54±0,03	0,40±0,01	0,32±0,04	1,76±0,15	3,02±0,16
Yıldız	0,22±0,03	0,36±0,07	0,30±0,06	2,70±0,33	3,58±0,34
NCS DC 73386 Soil	0,033±0,006	0,084±0,001	0,025±0,003	0,23±0,01	0,37±0,01

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.12:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Co derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	0,74±0,03	0,76±0,04	0,25±0,01	<LOD	1,75±0,05
İskele Köy Girişi	0,30±0,09	2,67±0,09	<LOD	<LOD	2,97±0,13
Yolbaşı	0,10±0,03	0,30±0,03	<LOD	0,31±0,05	0,71±0,07
Beğendikler	<LOD	3,11±0,08	<LOD	0,35±0,02	3,46±0,08
Yıldız	0,30±0,08	3,61±0,45	<LOD	<LOD	3,91±0,46
NCS DC 73386 Soil	1,32±0,15	3,20±0,13	0,96±0,04	7,23±0,74	12,71±0,80

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.13:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cr derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	0,29±0,08	0,29±0,02	2,50±0,15	14,05±1,15	17,13±1,16
İskele Köy Giriş	1,43±0,47	1,77±0,25	2,55±0,43	89,11±4,24	94,86±4,29
Yolbaşı	0,18±0,03	0,16±0,001	1,56±0,73	13,34±1,18	15,24±1,39
Beğendikler	0,42±0,06	0,85±0,01	4,52±0,05	31,75±2,93	37,54±2,93
Yıldız	0,36±0,001	0,82±0,09	5,72±0,15	62,82±3,14	69,72±3,14
NCS DC 73386 Soil	0,35±0,09	1,73±0,04	4,92±0,17	112,7±8,91	119,7±8,91

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.14:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cu derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	0,44±0,04	0,47±0,02	<LOD	10,77±1,58	11,68±1,58
İskele Köy Giriş	0,27±0,06	28,15±0,51	0,79±0,02	13,24±0,56	42,45±0,76
Yolbaşı	0,33±0,06	0,27±0,04	<LOD	9,83±0,52	10,43±0,52
Beğendikler	0,52±0,06	25,44±0,60	0,15±0,04	9,28±0,70	35,39±0,92
Yıldız	0,34±0,03	38,44±2,54	1,11±0,04	36,89±0,74	76,78±2,65
NCS DC 73386 Soil	0,90±0,05	3,55±0,38	6,54±0,76	138,04±12,61	149,03±12,61

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında.

**Tablo 12.15:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Fe derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	6,28±0,74	8,82±0,31	3,18±0,57	3173,1±15,3	3191,4±15,3
İskele Köy Girişi	9,65±0,06	66,33±3,77	3,53±0,64	8439,5±184,5	8519,0±184,5
Yolbaşı	2,84±0,55	12,74±0,08	1,14±0,11	3143,0±49,61	3159,7±49,6
Beğendikler	2,86±0,13	121,59±0,42	36,76±0,95	9017,6±138,1	9178,8±138,1
Yıldız	8,57±0,53	217,00±33,60	23,47±2,66	13345,4±372,21	13594,4±373,7
NCS DC 73386 Soil (%)	0,0018±0,0003	0,080±0,001	0,0053±0,0006	12,47±0,12	12,56±0,12

**Tablo 12.16:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Mn derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	33,76±0,51	67,88±4,86	16,62±0,99	84,11±1,70	202,37±5,27
İskele Köy Girişi	78,72±0,75	140,54±2,73	15,27±0,15	188,62±5,89	423,15±6,54
Yolbaşı	27,80±0,61	69,63±1,10	18,42±1,75	102,04±1,46	217,89±2,60
Beğendikler	71,16±1,37	600,12±4,47	35,74±0,57	165,60±1,14	872,62±4,85
Yıldız	57,57±7,64	568,32±52,11	65,01±0,60	163,81±17,52	854,71±55,51
NCS DC 73386 Soil	114,30±15,37	521,20±24,06	25,00±2,10	657,81±65,53	1318,30±71,51

**Tablo 12.17:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ni derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	<LOD	4,92±1,14	<LOD	30,82±8,75	35,74±8,82
İskele Köy Girişi	<LOD	2,72±0,72	3,08±0,26	96,96±4,40	102,76±4,47
Yolbaşı	<LOD	<LOD	1,30±0,02	22,82±3,42	24,12±3,42
Beğendikler	0,23±0,001	7,68±0,35	7,87±0,10	26,43±0,72	42,21±0,81
Yıldız	0,42±0,07	11,86±0,43	15,81±2,10	43,76±0,44	71,85±2,19
NCS DC 73386 Soil	0,58±0,09	1,22±0,12	2,82±0,10	42,50±3,51	47,12±3,51

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.18:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Pb derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	6,41±0,40	1,81±0,13	23,74±4,47	11,01±1,69	42,97±4,80
İskele Köy Girişİ	<LOD	11,83±1,05	5,37±0,70	15,72±2,09	32,92±2,44
Yolbaşı	<LOD	<LOD	19,08±1,67	10,16±1,18	29,24±2,04
Beğendikler	3,45±0,21	34,58±3,22	10,36±1,13	16,95±0,07	65,34±3,42
Yıldız	<LOD	31,11±2,20	7,10±0,21	39,63±1,42	77,84±2,62
NCS DC 73386 Soil	14,6±0,20	232,0±4,31	73,80±7,51	102,70±2,11	423,10±8,91

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.19:** Topraklarda BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Zn derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	BCR 1	BCR 2	BCR 3	BCR 4	BCR Toplam
İskele Köy Çıkışı	13,99±1,54	43,98±9,06	16,74±1,46	84,98±2,22	159,69±9,57
İskele Köy Girişİ	1,31±0,35	56,21±3,50	8,16±0,46	118,12±7,49	183,8±8,31
Yolbaşı	<LOD	24,61±5,48	1,53±0,16	78,45±2,70	104,59±6,11
Beğendikler	1,46±0,09	28,51±4,46	11,12±1,43	113,27±0,48	154,36±4,71
Yıldız	<LOD	24,31±2,82	11,87±1,37	186,77±15,55	222,95±15,86
NCS DC 73386 Soil	6,27±0,10	21,90±0,61	15,20±0,71	537,40±31,41	580,77±31,41

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

### 12.2.2 Alternatif Geliştirilen Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi

Bigadiç'e bağlı köyler İskele köyü girişİ ve çıkışından, Yolbaşı ve Beğendikler ve Susurluk'a bağlı köy olan Yıldız'dan alınan toprak örneklerine geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi uygulanarak her bir ekstraksiyon adımında sulu çözeltiye geçen Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile As, B, Ba ,Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için, aynı işlemler uygulanarak standart referans maddede (NCS DC 73386 Soil) analiz edildi.

Geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan her bir toprak örneğinin farklı fazlarındaki element derişimleri As için Tablo 12.20; B için Tablo 12.21, Ba için Tablo 12.22; Cd için Tablo 12.23; Co için Tablo 12.24; Cr için Tablo 12.25; Cu için Tablo 12.26; Fe için Tablo 12.27; Mn için Tablo 12.28; Ni için Tablo 12.29; Pb için Tablo 12.30; Zn için Tablo 12.31’de verildi.

**Tablo 12.20:** Topraklarda örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen As derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişi	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	2,49±0,40	0,70±0,14	<LOD	1,39±0,14	2,25±0,36	0,016±0,002
<b>Alt 2</b>	11,91±0,77	5,85±0,36	1,87±0,83	5,10±1,14	20,95±2,06	0,16±0,03
<b>Alt 3</b>	3,11±0,26	2,36±0,51	1,14±0,08	2,33±0,51	7,11±0,30	0,023±0,010
<b>Alt 4</b>	23,50±2,37	4,14±0,74	4,88±0,51	11,10±3,01	126,45±10,95	30,71±4,31
<b>Alt 5</b>	5,65±0,20	0,31±0,10	7,33±1,06	17,91±1,21	30,6±2,31	9,54±1,21
<b>Alt 6</b>	59,72±16,44	33,17±1,63	39,34±1,99	44,73±1,37	105,83±7,93	0,41±0,05
<b>Alt 7</b>	21,98±0,87	13,31±0,94	4,69±0,59	11,77±1,95	438,27±1,30	493,1±55,2
<b>T*</b>	128,36±16,62	59,84±2,12	59,25±2,53	94,33±4,22	731,46±13,94	533,95±55,4

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında \*Toplam



**Tablo 12.21:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen B derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	8,41±0,27	22,71±0,36	6,9±0,16	6,29±1,80	147,45±2,34	0,63±0,09
<b>Alt 2</b>	20,28±2,06	20,36±2,19	8,01±0,10	12,61±2,64	150,61±0,95	1,23±0,02
<b>Alt 3</b>	22,93±1,79	12,49±0,47	9,16±0,82	7,03±0,85	22,02±1,12	3,16±0,06
<b>Alt 4</b>	9,53±0,61	1,14±0,20	2,96±0,26	<LOD	7,93±0,05	4,13±0,01
<b>Alt 5</b>	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<b>Alt 6</b>	15,85±1,95	4,35±0,47	5,04±0,44	2,37±0,88	10,24±1,71	7,64±0,04
<b>Alt 7</b>	12,52±1,01	8,21±2,45	4,59±0,85	14,97±0,87	238,05±5,45	29,67±3,39
<b>T*</b>	89,52±3,57	69,26±3,38	36,66±1,60	43,27±3,53	576,30±6,34	46,46±3,39

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında \*Toplam

**Tablo 12.22:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ba derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	30,29±2,09	8,32±0,46	5,85±0,55	0,14±0,01	12,46±0,40	3,59±0,22
<b>Alt 2</b>	89,09±1,23	58,76±1,63	15,19±0,47	19,02±0,16	83,40±0,70	22,2±1,51
<b>Alt 3</b>	69,02±6,48	9,40±0,49	13,76±0,43	18,56±0,63	25,31±3,04	13,09±0,50
<b>Alt 4</b>	86,43± 4,42	13,45±1,06	1,84±0,09	97,23±2,47	11,72±1,66	0,83±0,09
<b>Alt 5</b>	166,86 ±2,15	8,94±1,06	9,85±0,65	53,12±5,93	8,93±0,77	3,44±0,40
<b>Alt 6</b>	615,67±17,56	9,37±0,20	19,03±0,67	32,85±5,48	9,74±1,36	4,41±0,17
<b>Alt 7</b>	197,97±10,43	56,55±3,89	22,52±2,32	50,60±1,51	71,61±2,91	233,5± 14,8
<b>T*</b>	1255,30±22,11	164,79±4,53	88,04±2,64	271,52±8,60	223,17±4,85	281,06±14,9

\*Toplam

**Tablo 12.23:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cd derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,06±0,002	< LOD	<LOD	0,06±0,001	0,04±0,001	0,025±0,006
<b>Alt 2</b>	0,18±0,03	0,070±0,014	<LOD	0,18±0,03	0,12±0,02	0,033±0,009
<b>Alt 3</b>	0,03±0,009	<LOD	0,050±0,008	<LOD	<LOD	0,069±0,004
<b>Alt 4</b>	0,40±0,04	0,040±0,001	0,050±0,014	0,14±0,02	0,23±0,01	0,013±0,009
<b>Alt 5</b>	0,49±0,06	0,39±0,09	0,70±0,24	0,96±0,28	1,17±0,24	0,013±0,001
<b>Alt 6</b>	<LOD	<LOD	0,14±0,05	<LOD	< LOD	0,034±0,008
<b>Alt 7</b>	0,14±0,01	0,95±0,07	0,25±0,05	0,47±0,03	1,24±0,07	0,23±0,01
<b>T*</b>	1,30±0,08	1,45±0,07	1,19±0,25	1,81±0,28	2,80±0,25	0,42±0,02

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında, \* Toplam

**Tablo 12.24:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Co derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,21±0,05	0,10±0,03	0,20±0,04	0,22±0,01	0,19±0,01	0,071±0,009
<b>Alt 2</b>	0,15±0,03	0,71±0,04	<LOD	1,52±0,12	1,68±0,16	3,39±0,23
<b>Alt 3</b>	<LOD	<LOD	<LOD	0,049±0,003	0,13±0,01	1,52±0,09
<b>Alt 4</b>	<LOD	0,45±0,07	<LOD	<LOD	<LOD	0,52±0,06
<b>Alt 5</b>	0,72±0,02	1,75±0,03	0,50±0,04	1,45±0,03	2,48±0,15	0,11±0,01
<b>Alt 6</b>	0,18±0,001	<LOD	0,41±0,03	<LOD	<LOD	0,54±0,02
<b>Alt 7</b>	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	7,66±0,38
<b>Toplam</b>	1,26±0,06	3,01±0,09	1,11±0,06	3,24±0,12	4,48±0,22	13,81±0,46

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.25:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cr derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<b>Alt 2</b>	0,06±0,001	0,22±0,03	<LOD	0,29±0,02	0,19±0,04	1,61±0,11
<b>Alt 3</b>	<LOD	<LOD	<LOD	0,020±0,001	<LOD	<LOD
<b>Alt 4</b>	3,10±0,19	13,74±0,77	1,96±0,17	4,81±0,41	5,66±0,95	10,75±0,93
<b>Alt 5</b>	0,98±0,040	1,78±0,07	0,62±0,07	1,16±0,14	1,05±0,16	0,85±0,08
<b>Alt 6</b>	1,50±0,07	5,18±0,35	1,44± 0,10	2,08±0,23	0,13±0,02	7,24±0,61
<b>Alt 7</b>	16,48±1,35	85,05±11,69	14,97±1,23	32,51±1,47	63,33±3,30	60,56±3,72
<b>Toplam</b>	22,12±1,37	105,97±11,71	18,99±1,25	40,87±1,55	70,36±3,44	81,01±3,94

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.26:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Cu derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,12±0,001	0,44±0,05	<LOD	0,58±0,03	0,37±0,09	<LOD
<b>Alt 2</b>	3,20±0,65	6,54±0,66	1,79±0,26	19,13±0,51	10,35±1,16	6,47±0,41
<b>Alt 3</b>	0,16±0,012	0,21±0,03	0,13±0,03	0,27±0,04	0,13±0,02	0,76±0,02
<b>Alt 4</b>	1,14±0,11	22,17±0,38	3,24±0,37	2,86±0,06	22,83±3,25	5,57±0,33
<b>Alt 5</b>	1,36±0,26	2,77±0,14	1,33±0,38	2,20±0,17	3,15±0,89	3,84±0,38
<b>Alt 6</b>	6,78±0,29	6,72±1,73	4,71±0,51	1,86±0,25	2,89±0,25	9,78±0,91
<b>Alt 7</b>	<LOD	4,20±0,23	<LOD	10,36±0,44	23,89±1,26	114,7±7,7
<b>Toplam</b>	12,76±0,77	43,05±1,91	11,20±0,78	37,26±0,74	63,61±3,79	141,12±7,79

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.27:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Fe derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil (%)
<b>Alt 1</b>	<LOD	0,30±0,01	<LOD	<LOD	<LOD	2,50±0,01
<b>Alt 2</b>	0,58±0,14	3,64±1,07	<LOD	16,18±0,06	22,11±0,99	0,057±0,001
<b>Alt 3</b>	1,34±0,41	9,72±3,46	0,83±0,16	26,69±1,60	20,98±3,47	0,042±0,001
<b>Alt 4</b>	42,65±3,12	136,3±5,58	31,51±3,30	124,15±12,79	293,52±55,63	0,056±0,001
<b>Alt 5</b>	1,07±0,20	4,74±0,47	0,47±0,07	7,65±0,25	16,60±2,11	0,039±0,003
<b>Alt 6</b>	136,37±6,23	174,86±10,33	58,35±3,14	117,76±8,38	163,70±20,61	0,020± 0,003
<b>Alt 7</b>	3492,5±307,3	93851,9±358,7	3890,0±202,9	10325,7±213,1	14274,9±733,4	10,01± 0,04
<b>T*</b>	3674,5±307,4	9715,5±358,9	3981,2±202,9	10618,1±212,7	14791,8±753,5	12,72± 0,04

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında, \*Toplam

**Tablo 12.28:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Mn derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,25±0,001	2,76±0,42	2,57±0,06	10,10±0,68	0,90±0,03	114,4±1,21
<b>Alt 2</b>	51,10±2,55	112,29±6,66	24,07±1,74	350,74±21,29	297,10±4,69	184,3±15,01
<b>Alt 3</b>	30,05±2,09	44,63±2,79	20,00± 0,72	223,56±3,55	227,41±11,07	516,8±6,41
<b>Alt 4</b>	37,16±4,07	23,98±1,20	11,10±1,15	44,98±5,06	83,77±8,35	102,0±8,81
<b>Alt 5</b>	8,76±1,19	34,75±4,30	2,42±0,17	16,44±3,28	11,78±0,32	19,9±2,51
<b>Alt 6</b>	36,53±3,08	35,15±0,09	85,13±2,81	27,74±0,45	51,48±1,84	38,8±0,81
<b>Alt 7</b>	56,86±4,89	174,27±20,36	75,19±3,11	189,37±1,54	200,31±12,29	320,4±43,30
<b>T*</b>	220,71±7,89	427,83±22,10	220,48±4,74	862,93±22,48	872,75±19,22	1296,6±47,2

\*Toplam

**Tablo 12.29:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Ni derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Giriş	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,14±0,04	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
<b>Alt 2</b>	<LOD	2,17±0,22	<LOD	5,61±0,42	3,59±0,27	2,20±0,18
<b>Alt 3</b>	<LOD	<LOD	<LOD	1,29±0,06	0,79±0,04	0,67±0,03
<b>Alt 4</b>	5,90±0,35	10,66±1,92	1,31±0,14	6,04±0,83	9,92±0,71	1,76±0,17
<b>Alt 5</b>	1,89±0,22	15,03±1,05	2,16±0,31	2,47±0,41	13,81±0,60	0,36±0,03
<b>Alt 6</b>	7,30±0,76	9,69±0,69	4,74±0,71	5,74±0,64	4,34±0,18	1,86±0,05
<b>Alt 7</b>	20,56±3,83	62,53±9,08	12,09±0,74	23,97±2,53	35,74±0,85	38,4±2,01
<b>Toplam</b>	35,79±3,93	100,08±9,37	20,30±1,08	45,12±2,80	68,19±1,30	45,25±2,01

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.30:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Pb derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Giriş	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	1,34±0,31	<LOD	1,20±0,26	<LOD	<LOD	1,68±0,08
<b>Alt 2</b>	2,56±0,54	2,07±0,51	1,51±0,14	3,78±0,45	3,83±0,15	125,4±6,10
<b>Alt 3</b>	<LOD	<LOD	<LOD	2,20±0,26	0,20±0,02	101,0±3,21
<b>Alt 4</b>	7,21±1,40	0,51±0,03	<LOD	22,80±3,10	19,90±2,57	93,2±7,40
<b>Alt 5</b>	3,38±0,20	6,49±0,96	3,13±0,55	14,44±1,12	7,38±0,14	15,2±0,70
<b>Alt 6</b>	14,18±2,13	<LOD	14,33±1,17	9,86±0,62	9,15±0,39	21,6±1,11
<b>Alt 7</b>	9,09±0,59	23,50±1,91	10,83±2,14	10,28±0,72	35,43±1,43	97,4±2,21
<b>Toplam</b>	37,76±2,70	32,57±2,20	31,00±2,51	63,36±3,47	75,89±2,84	455,48±10,41

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.31:** Toprak örneklerinde geliştirilen Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen Zn derişimleri, mg kg<sup>-1</sup>.

	İskele Köy Çıkışı	İskele Köy Girişİ	Yolbaşı	Beğendikler	Yıldız	NCS DC 73386 Soil
<b>Alt 1</b>	0,62±0,03	<LOD	1,16±0,22	<LOD	0,50±0,06	1,60±0,08
<b>Alt 2</b>	7,60±0,39	6,80±0,01	1,42±0,22	14,65±0,06	8,93±0,77	10,8±0,61
<b>Alt 3</b>	<LOD	0,17±0,04	<LOD	3,41±0,09	0,58±0,03	14,80±0,61
<b>Alt 4</b>	21,76±1,92	7,24±0,72	21,57±1,35	15,51±1,06	20,90±2,17	5,48±0,95
<b>Alt 5</b>	27,31±0,66	5,12±0,09	4,92±2,86	6,96±1,97	18,51±1,66	2,47±0,20
<b>Alt 6</b>	22,49±2,09	7,96±0,81	7,49±0,37	6,77±0,53	6,96±0,06	14,41±0,81
<b>Alt 7</b>	62,80±0,71	178,44±0,32	72,03±0,46	86,45±5,01	155,64±16,61	530,81±23,81
<b>T*</b>	142,58±3,02	205,73±1,57	108,59±3,23	133,75±5,51	212,02±16,77	580,35±23,81

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında T\*=Toplam

### 12.2.3 *In vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Bigadiç'e bağlı köyler İskele köyü girişi ve çıkışından, Yolbaşı ve Beğendikler ve Susurluk'a bağlı köy olan Yıldız'dan ve bor madenlerine uzak yerleşim yeri olan Havran'dan alınan toprak örneklerine *in vitro* Gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulanarak her bir ekstraksiyon adımında sulu çözeltiye geçen Fe ve Mn iyonlarının derişimleri ICP-OES ile B, As, Ba , Cr, Fe, Ni, Pb ve Zn iyonlarının derişimleri ICP-MS ile belirlendi. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için, aynı işlemler uygulanarak standart referans maddede (NCS DC 73386 Soil) analiz edildi.

*In vitro* Gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile bulunan her bir toprak örneğinin farklı mide ve bağırsak fazlarındaki element derişimleri standart referans toprak örneği olan NCS DC 73386 Soil için Tablo 12.32; İskele Köy Çıkışı için Tablo 12.33; İskele Köy Girişİ için Tablo 12.34, Yolbaşı için Tablo 12.35; Beğendikler için Tablo 12.36;Yıldız için Tablo 12.37; Havran-1 için Tablo 12.38; Havran-2 için Tablo 12.39 ve Havran-3 için Tablo 12.40'da verildi.

**Tablo 12.32:** Standart referans toprak örneğinin (NCS DC 73386 Soil) yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Mide	Bağırsak
As	4,95±0,77	10,93±0,81
B	<LOD	0,99±0,09
Ba	15,72±0,40	2,46±0,37
Cd	<LOD	<LOD
Co	1,88±0,28	1,21±0,13
Cr	0,74±0,03	1,25±0,08
Cu	2,82±0,82	6,10±0,21
Fe (%)	0,40±0,06	0,45±0,02
Mn	174,2±25,81	131,8±9,3
Ni	1,00±0,19	1,45±0,12
Pb	41,11±4,60	8,29±0,15
Zn	12,71±3,70	1,56±0,29

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.33:** İskele Köy Çıkışı toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Mide	Bağırsak
As	5,41±0,40	2,52±0,11
B	36,26±1,30	28,21±0,61
Ba	40,45±1,70	37,01±0,81
Cd	< LOD	<LOD
Co	0,54±0,02	0,86±0,04
Cr	0,22±0,01	0,42±0,02
Cu	< LOD	0,57±0,08
Fe	44,88±4,13	8,10±0,39
Mn	96,76±1,78	61,7±2,11
Ni	2,11±0,03	2,90±0,04
Pb	< LOD	< LOD
Zn	< LOD	< LOD

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.34:** İskele Köy Girişi toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Mide	Bağırsak
As	4,98±0,23	4,20±0,19
B	4,45±0,55	8,19±0,65
Ba	34,61±1,61	27,51±0,71
Cd	<LOD	0,032±0,002
Co	0,78±0,05	0,94±0,03
Cr	0,77±0,02	1,44±0,07
Cu	<LOD	3,00±0,23
Fe	778,91±37,10	450,71±31,91
Mn	131,51±7,01	82,21±4,50
Ni	6,59±0,29	6,99±0,12
Pb	0,18±0,04	<LOD
Zn	<LOD	<LOD

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.35:** Yolbaşı toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Mide	Bağırsak
As	2,53±0,44	0,85±0,11
B	18,01±0,21	10,91±0,81
Ba	26,41±3,71	24,11±2,71
Cd	< LOD	0,019±0,001
Co	0,12±0,02	0,41±0,001
Cr	0,061±0,004	0,29±0,06
Cu	< LOD	0,92±0,11
Fe	4,75±0,75	< LOD
Mn	47,70±5,50	27,31±0,61
Ni	1,00±0,08	1,72±0,05
Pb	< LOD	< LOD
Zn	< LOD	< LOD

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında



**Tablo 12.36:** Beğendikler toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

Element	Mide	Bağırsak
As	2,90±0,09	2,17±0,40
B	39,01±1,60	29,20±3,91
Ba	6,08±0,08	7,03±0,73
Cd	< LOD	0,036±0,001
Co	1,67±0,01	1,94±0,15
Cu	< LOD	3,41±0,77
Cr	< LOD	0,38±0,02
Fe	172,90±15,01	71,90±3,91
Mn	443,90±2,41	283,20±13,51
Ni	3,99±0,04	5,26±0,43
Pb	0,80±0,02	0,65±0,01
Zn	< LOD	< LOD

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.37:** Yıldız toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

Element	Mide	Bağırsak
As	19,70±0,51	18,90±0,41
B	272,90±3,81	236,90±7,01
Ba	37,70±0,71	37,01±0,60
Cd	< LOD	0,10±0,01
Co	0,72±0,01	1,21±0,06
Cr	< LOD	0,17±0,03
Cu	< LOD	0,45±0,05
Fe	58,40±1,91	14,70±0,60
Mn	113,90±2,31	82,30±2,11
Ni	1,79±0,04	2,31±0,13
Pb	< LOD	<LOD
Zn	< LOD	< LOD

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.38:** Havran-1 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

Element	Mide	Bağırsak
As	1,96±0,12	1,91±0,24
B	1,62±0,37	2,19±0,38
Ba	68,10±2,7	25,26±1,48
Cd	1,20±0,05	1,02±0,08
Cr	0,26±0,04	1,13±0,10
Co	2,80±0,23	2,60±0,14
Cu	0,23±0,01	9,31±0,73
Fe	678,8±35,7	770,50±71,71
Mn	364,0±16,1	296,60±15,81
Ni	1,83±0,13	2,34±0,29
Pb	0,80±0,12	1,77±0,20
Zn	23,4±3,9	3,24±0,19

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.39:** Havran-2 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

Element	Mide	Bağırsak
As	4,90±0,30	4,15±0,31
B	2,53±0,33	1,72±0,30
Ba	57,83±3,25	23,81±0,90
Cd	0,18±0,02	0,15±0,02
Co	2,71±0,22	2,62±0,18
Cr	<LOD	0,76±0,03
Cu	<LOD	9,03±0,39
Fe	483,20±32,41	443,21±74,80
Mn	413,00±32,31	332,20±28,61
Ni	2,38±0,21	2,65±0,17
Pb	1,34±0,05	2,95±0,49
Zn	5,83±0,34	0,85±0,09

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

**Tablo 12.40:** Havran-3 toprağının yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

Element	Mide	Bağırsak
As	6,79±0,42	6,29±0,07
B	2,41±0,18	2,18±0,29
Ba	58,71±5,71	22,31±0,41
Cd	0,03±0,005	0,06±0,007
Co	5,39±0,38	4,63±0,06
Cr	0,10±0,007	1,02±0,001
Cu	0,98±0,07	8,63±0,26
Fe	2436,61±247,81	1791,71±141,81
Mn	376,81±24,61	265,01±31,71
Ni	2,41±0,15	2,59±0,03
Pb	0,96±0,09	1,80±0,14
Zn	5,26±0,61	1,33±0,32

### 12.3 Sebzelerle yapılan Çalışmalar

#### 12.3.1 Yaş Yakma Yöntemi ve *In vitro* Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi

Sebze örneklerindeki toplam element derişimini belirlemek için Bölüm 11.2.1.1 de verilen yaş yakma yöntemi uygulandı. Yöntemin doğruluğunu belirlemek için domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a) standart referans maddesine de aynı işlemler uygulandı.

Bu sebzelerin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla sindirim sistemindeki sıvı içine geçebilecek element derişimleri in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Yöntemde mide ve bağırsak sindirimi adımlarında elde edilen çözeltilerdeki element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü.

### 12.3.2 Standart Referans Sebze Örneği - Domates Yaprağı (Tomato Leaves 1573a)

Uygulanan yöntemlerin doğruluğunu belirlemek için standart referans sebze-domates yaprağı örneğine (Tomato Leaves 1573a) yaş yakma yöntemi uygulandı.

Referans sebze örneğindeki yaş yakma yöntemi ile bulunan toplam element derişimleri ile sertifikalı referans değerler Tablo 12.41’de verildi.

Tomato Leaves 1573a standard referans sebze örneğinin kurşun elementine ait referans değeri verilmediği için toplam yaş yakma çalışmasında kurşun için bulunan değer referans değer ile karşılaştırması yapılamadı.

**Tablo 12.41:** Standart referans madde - domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a)’na ait referans değerler ile bulunan değerler ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ve % geri kazanımlar.

Element	Referans Değer	Bulunan Değer	% Geri Kazanım
As	0,112±0,004	0,106±0,006	94,6
B	33,3±0,7	33,00±1,81	99,1
Cd	1,52±0,04	1,70 ± 0,16	111,8
Co	0,57±0,02	0,60±0,05	105,3
Cr	1,99±,06	2,34±0,16	117,6
Cu	4,70±0,14	4,27±0,33	90,9
Fe	368±7	320,50±70,51	87,1
Mn	246±8	234,10±5,51	95,2
Ni	1,59±0,07	1,17±0,09	73,6
Pb	-	1,47±0,92	-
Zn	30,9±0,7	36,50±1,41	118,1

Ayrıca sertifikalı standart referans sebze örneği-domates yaprağına *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen ekstraktlardaki elementlerin derişimleri Tablo 12.42’de verildi.

**Tablo 12.42:** Standart referans madde - domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a)'ndan mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri, (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak
As	<LOD	<LOD
B	11,30±0,81	23,01±2,40
Cd	0,64±0,02	0,95±0,13
Co	0,16±0,01	0,12±0,04
Cu	2,52±0,20	5,62±0,02
Cr	0,060±0,003	<LOD
Fe	4,24±0,17	47,70±1,81
Mn	162,50±3,71	227,00±6,10
Ni	0,39±0,04	0,39±0,01
Pb	<LOD	0,31±0,02
Zn	9,01±0,19	8,02±0,90

<LOD = Gözlenebilme sınırı

### 12.3.3 İskele Köy Giriş'i'nden Alınan Örnekler

İskele Köy Giriş'i'nden alınan lahana, sarımsak ve biber örneklerine yaş yakma işlemi uygulandı ve bu sebzelerdeki toplam element derişimleri belirlendi. Ayrıca bu sebzelerin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element derişimleri *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element derişimleri ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.43; Tablo 12.44 ve Tablo 12.45'de verildi.

**Tablo 12.43:** Lahana örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,26±0,04	0,29±0,05	0,30±0,02
B	17,10±1,11	37,80±0,91	55,80±3,31
Cd	0,032±0,003	0,033±0,01	0,034±0,002
Co	<LOD	<LOD	0,14±0,02
Cr	0,12±0,01	0,11±0,01	10,01±0,03
Cu	6,33±0,10	10,60±0,71	11,70±0,91
Fe	8,69±0,48	53,20±4,11	161,60 ±11,3
Mn	26,80±0,30	46,10±3,60	41,10±3,51
Ni	1,67±0,03	2,10±0,07	11,50±0,31
Pb	<LOD	<LOD	1,140±0,03
Zn	14,21±0,50	24,80±4,61	54,91±4,70

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.44:** Sarımsak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,17±0,02	0,15±0,02	0,20±0,001
B	5,32±0,05	13,90±1,31	16,20±0,61
Cd	0,023±0,006	0,032±0,004	0,058±0,01
Co	<LOD	<LOD	0,10±0,001
Cr	<LOD	<LOD	0,71±0,01
Cu	4,77±0,57	2,84±0,32	3,29±0,22
Fe	2,22±0,44	12,70±2,31	74,40±7,71
Mn	4,70±0,54	5,09±0,58	4,96±0,23
Ni	0,41±0,04	0,37±0,06	11,40±0,31
Pb	<LOD	<LOD	0,41±0,01
Zn	10,10±0,51	10,10±1,51	16,10±0,41

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.45:** Biber örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,13±0,02	0,072±0,0006	0,16±0,02
B	13,70±0,91	20,21±0,50	19,50±1,51
Cd	0,066±0,002	0,12±0,01	0,18±0,001
Co	<LOD	<LOD	0,086±0,006
Cr	0,11±0,01	<LOD	4,56±0,07
Cu	4,81±0,07	4,12±0,65	5,37±0,68
Fe	3,24±0,40	19,90±1,21	100,60±8,91
Mn	8,00±0,43	7,01±0,71	10,10±0,32
Ni	0,89±0,04	0,77±0,12	3,09±0,07
Pb	<LOD	<LOD	0,19±0,002
Zn	16,10±2,11	10,91±0,90	16,31±4,30

<LOD = Gözlenebilme sınırı

#### 12.3.4 İskele Köy Çıkışı'ndan Alınan Örnekler

İskele Köy Çıkışı'ndan alınan marul, ıspanak, sarımsak ve soğan örneklerine yaş yakma işlemi uygulandı ve bu sebzelerdeki toplam element derişimleri belirlendi. Ayrıca bu sebzelerin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element derişimleri *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element derişimleri ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.46; Tablo 12.47, Tablo 12.48 ve Tablo 12.49'da verildi.

**Tablo 12.46:** Marul örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,10±0,01	0,043±0,009	0,16±0,02
B	17,30±1,30	25,41±3,51	60,21±2,10
Cd	<LOD	0,045±0,004	0,14±0,001
Co	<LOD	<LOD	0,10±0,01
Cr	<LOD	<LOD	3,42±0,01
Cu	7,11±0,91	4,52±0,24	11,10±0,21
Fe	<LOD	2,84±0,10	106,90±14,61
Mn	3,93±0,07	6,04±0,73	26,60±3,81
Ni	<LOD	<LOD	23,60±0,21
Pb	<LOD	<LOD	0,43±0,01
Zn	<LOD	15,10±1,90	28,22±1,11

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.47:** Sarımsak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,12±0,03	0,027±0,005	0,60±0,07
B	5,49±0,43	6,66±0,64	14,41±1,10
Cd	0,041±0,010	<LOD	0,043±0,007
Co	<LOD	<LOD	0,31±0,01
Cr	<LOD	<LOD	2,20±0,04
Cu	4,76±0,46	1,46±0,25	4,75±0,49
Fe	4,50±0,25	20,21±3,10	39,10±4,51
Mn	7,24±0,37	8,51±0,49	14,51±3,70
Ni	0,26±0,09	<LOD	46,70±0,81
Pb	<LOD	<LOD	1,05±0,01
Zn	15,01±2,11	17,10±1,91	123,91±19,30

<LOD = Gözlenebilme sınırı



**Tablo 12.48:** Ispanak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,046±0,001	<LOD	0,62±0,02
B	8,49±0,32	14,30±1,31	21,91±3,30
Cd	<LOD	0,026±0,003	0,039±0,001
Co	<LOD	<LOD	0,26±0,01
Cr	<LOD	<LOD	1,75±0,07
Cu	2,20±0,17	0,99±0,05	3,29±0,22
Fe	1,13±0,01	3,40±0,97	21,70±0,91
Mn	2,31±0,19	2,99±0,63	2,55±0,22
Ni	<LOD	<LOD	34,11±1,20
Pb	<LOD	<LOD	2,14±0,12
Zn	3,94±0,26	5,98±0,29	83,01±0,20

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.49:** Soğan örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,19±0,02	0,048±0,006	0,25±0,01
B	26,21±1,01	41,40±1,91	42,20±4,71
Cd	0,085±0,01	0,078±0,02	0,073±0,006
Co	<LOD	<LOD	0,086±0,004
Cr	<LOD	<LOD	1,52±0,08
Cu	2,97±0,53	3,40±0,02	3,20±0,68
Fe	7,45±1,19	31,90±0,81	84,70±4,51
Mn	12,01±1,40	13,22±0,91	14,40±1,01
Ni	0,68±0,07	0,64±0,04	20,10±0,31
Pb	<LOD	<LOD	0,47±0,06
Zn	5,75±0,84	4,92±0,05	53,60±2,11

<LOD = Gözlenebilme sınırı

### 12.3.5 Beğendikler'den Alınan Örnekler

Beğendikler'den alınan biber ve ıspanak örneklerine yaş yakma işlemi uygulandı ve bu sebzelerdeki toplam element derişimleri belirlendi. Ayrıca bu sebzelerin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element derişimleri *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element derişimleri ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.50 ve Tablo 12.51'de verildi.

**Tablo 12.50:** Biber örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	<LOD	<LOD	0,23±0,01
B	20,60±2,71	5,29±0,22	32,51±3,21
Cd	<LOD	0,0086±0,0004	0,030±0,010
Co	<LOD	<LOD	0,18±0,02
Cr	0,62±0,09	<LOD	6,26±0,09
Cu	3,24±0,17	2,16±0,25	4,93±0,16
Fe	33,61±2,11	7,05±0,70	611,61±18,80
Mn	26,60±5,10	1,89±0,04	21,51±1,40
Ni	<LOD	<LOD	6,95±0,14
Pb	2,30±0,44	1,01±0,01	2,32±0,01
Zn	22,70±0,51	3,14±0,14	39,31±0,10

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.51:** Ispanak örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,074±0,001	<LOD	0,26±0,01
B	4,06±0,56	11,41±0,70	13,40±2,41
Cd	0,041±0,004	<LOD	0,088±0,004
Cr	0,094±0,005	<LOD	1,04±0,07
Co	<LOD	<LOD	0,11±0,01
Cu	2,36±0,10	2,83±0,48	6,10±0,92
Fe	3,94±0,50	10,31±1,90	336,11±52,90
Mn	5,51±0,12	<LOD	6,16±0,65
Ni	0,45±0,05	0,38±0,07	33,31±0,07
Pb	<LOD	<LOD	0,83±0,0003
Zn	4,60±0,23	<LOD	31,60±4,31

<LOD = Gözlenebilme sınırı

### 12.3.6 Yolbaşı'ndan Alınan Örnekler

Yolbaşı'ndan alınan soğan, marul ve turp örneklerine yaş yakma işlemi uygulandı ve bu sebzelerdeki toplam element derişimleri belirlendi. Ayrıca bu sebzelerin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element derişimleri *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element derişimleri ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilen element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.52, Tablo 12.53 ve Tablo 12.54'de verildi.

**Tablo 12.52:** Soğan örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,089±0,017	0,022±0,007	0,35±0,03
B	3,69±0,06	5,63±0,63	16,81±1,60
Cd	0,0026±0,005	0,059±0,008	0,058±0,006
Co	<LOD	<LOD	0,16±0,01
Cr	<LOD	<LOD	5,99±0,10
Cu	1,26±0,13	<LOD	2,70±0,33
Fe	0,85±0,005	15,71±2,50	748,61±54,51
Mn	4,53±0,49	6,32±0,51	9,17±0,53
Ni	0,58±0,05	0,38±0,04	3,48±0,07
Pb	<LOD	0,052±0,003	0,57±0,02
Zn	9,31±0,03	7,73±0,82	15,20±3,10

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.53:** Marul örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,15±0,01	0,22±0,02	0,39±0,04
B	25,61±0,21	12,31±1,60	22,71±1,90
Cd	<LOD	0,045±0,01	0,046±0,003
Co	<LOD	<LOD	0,13±0,02
Cr	<LOD	<LOD	1,67±0,05
Cu	4,93±0,79	1,50±0,19	8,85±0,16
Fe	<LOD	11,41±1,01	234,40±10,31
Mn	21,50±1,71	8,75±0,20	29,60±1,41
Ni	1,01±0,07	<LOD	1,33±0,06
Pb	<LOD	<LOD	0,56±0,003
Zn	26,20±0,05	16,60±0,21	39,31±0,10

<LOD = Gözlenebilme sınırı

**Tablo 12.54:** Turp örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,24±0,06	0,17±0,02	0,40±0,03
B	5,01±0,38	13,91±0,51	36,71±2,80
Cd	<LOD	0,048±0,001	0,045±0,004
Co	<LOD	<LOD	0,14±0,01
Cr	<LOD	<LOD	5,19±0,10
Cu	2,07±0,09	1,92±0,48	6,39±0,83
Fe	1,71±0,51	15,21±0,10	959,01±20,51
Mn	17,41±0,81	27,90±0,50	42,41±4,70
Ni	1,19±0,16	1,26±0,02	2,81±0,04
Pb	<LOD	<LOD	0,49±0,01
Zn	2,39±0,64	8,23±0,20	37,91±5,30

<LOD = Gözlenebilme sınırı

### 12.3.7 Yıldız'dan Alınan Örnek

Yıldız'dan alınan nohut örneğine yaş yakma işlemi uygulandı ve bu sebzelerdeki toplam element derişimleri belirlendi. Ayrıca bu sebzenin yenmesi durumunda mide ve bağırsak sindirimi yoluyla vücuda geçebilecek element derişimleri *in vitro* gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi ile belirlendi. Toplam element derişimleri ile deneysel bölümde verilen mide ve bağırsak fazlarındaki sıvı içinde çözünebilir element derişimleri ICP-MS ile ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Tablo 12.55'de verildi.

**Tablo 12.55:** Nohut örneğinin toplam element derişimleri ile yenmesi durumunda mide ve bağırsak fazına geçen element derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Mide	Bağırsak	Yaş yakma
As	0,12±0,02	0,22±0,002	1,12±0,02
B	48,71±2,31	113,78±8,05	127,91±5,50
Cd	<LOD	0,02±0,001	0,075±0,008
Co	<LOD	<LOD	0,35±0,04
Cr	<LOD	<LOD	2,37±0,16
Cu	3,58±0,11	2,89±0,14	5,20±0,56
Fe	<LOD	30,10±3,01	43,31±3,10
Mn	22,01±1,90	34,80±5,21	60,81±7,30
Ni	1,06±0,12	2,41±0,01	45,21±2,50
Pb	<LOD	<LOD	2,06±0,09
Zn	12,10±1,31	15,70±0,11	47,21±0,40

<LOD = Gözlenebilme sınırı

## 13. SONUÇLAR

### 13.1 Toprak Örneklerinde Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi

Standart referans toprak örneği olan NCS DC 73386 Soil ve bor madenlerine yakın ve uzak tarlalardan alınan toprak örneklarine mikrodalga bozundurma ile yaş yakma yöntemi uygulanarak yapılan deneylerden elde edilen toplam element derişimleri değerlendirildi ve istatistiksel analizler yapıldı.

#### 13.1.1 Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi

Uygulanan yöntemin doğruluğunu belirlemek için NCS DC 73386 Soil standart referans maddesine aynı işlemler uygulanarak analiz edildi. Bulunan değerler ve referans değerler Tablo 12.5’de verildi.

NCS DC 73386 Soil standart referans örneği için elde edilen değerlere ve sertifikalı referans değerlere tek örnekleme t testi için Bölüm 8.1.1 de verilen Eşitlik 8.5 kullanılarak  $t_{deneyse}$  değerleri hesaplandı. Bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri Tablo 13.1’de verildi.

Sertifikalı Referans Madde NCS DC 73386 Soil ile yapılan analizler sonucunda bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandığında bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri 2 serbestlik derecesi ve % 95 güven seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 4,30 değerinden arsenik dışındaki elementler için küçük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark bulunmadı. NCS DC 73386 Soil’deki As tayini için % 99,9 güven seviyesinde  $t_{kritik}$  değeri olan 31,6 dan  $t_{deneyse}$  değeri küçük olması nedeniyle, geliştirilen yöntemle bulunan değer ve sertifikalı değer arasında % 99,9 güven seviyesinde anlamlı bir fark yoktur.

**Tablo 13.1:** Standart Referans Madde (NCS DC 73386 Soil)  $t_{\text{deneysel}}$  değerleri.

Elementler	$t_{\text{deneysel}}$ değerleri
As	11,26
B	1,62
Ba	0,45
Cd	0,25
Co	0,15
Cr	1,71
Cu	0,55
Fe	0,17
Mn	0,71
Ni	0,20
Pb	0,44
Zn	2,28

### 13.1.2 Toprak Örneklerinden Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan toprak örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen As sonuçları incelendiğinde sonuçların 49,42-820,52 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görüldü (bkz.Tablo 12.6). En yüksek As derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen As sonuçları 13,83-94,58 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek As derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-1 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen B sonuçları incelendiğinde sonuçların 36,55-545,64 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek B derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde



gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen As sonuçları 5,23-15,50 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek B derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Ba sonuçları incelendiğinde sonuçların 91,35-1273,5 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Ba derişimi İskele Köy Çıkışı'ndan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Ba sonuçları 417,43-632,1 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Ba derişimi Havran-1'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-3 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Cd sonuçları incelendiğinde sonuçların 0,92-3,55 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Cd derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Cd sonuçları 0,64-3,71 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Cd derişimi Havran-1'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Co sonuçları incelendiğinde sonuçların 1,20-3,50 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Co derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele Köy Çıkışı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Co sonuçları 26,07-35,54 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Co derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Cr sonuçları incelendiğinde sonuçların 12,31-84,34 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği

görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Cr derişimi İskele Köy Giriş'i'nden alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Cr sonuçları 69,02-114,92 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Cr derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-1 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Cu sonuçları incelendiğinde sonuçların 13,70-75,7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Cu derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele Köy Çıkışı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Cu sonuçları 66,72-107,00 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Cu derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Fe sonuçları incelendiğinde sonuçların 2753,61-12574,92 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Fe derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Fe sonuçları 38361,9-47188,5 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Fe derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-1 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Mn sonuçları incelendiğinde sonuçların 208,62-917,16 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Mn derişimi Beğendikler'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele Köy Çıkışı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Mn sonuçları 1563,0-2237,3 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7) En yüksek Mn derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Ni sonuçları incelendiğinde sonuçların 22,14-93,12 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Ni derişimi İskele köy girişinden alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Ni sonuçların 34,47-80,52 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Ni derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-1 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Pb sonuçları incelendiğinde sonuçların 24,83-81,01 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Pb derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Pb sonuçları 95,25-138,44 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Pb derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan topraklardan elde edilen Zn sonuçları incelendiğinde sonuçların 113,98-218,35 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir (bkz.Tablo 12.6). En yüksek Zn derişimi Yıldız'dan alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı toprağında elde edildi. Bor madenlerine uzak Havran'daki tarlalardan alınan toprak örneklerinden elde edilen Zn sonuçları 118,99-216,94 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir (bkz.Tablo 12.7). En yüksek Zn derişimi Havran-3'den alınan toprak örneğinde gözlenirken en düşük değer Havran-2 toprağında elde edildi.

Toprak kirlilik parametreleri sınır değerleri Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde Co için 20 mg kg<sup>-1</sup>, Cr için 100 mg kg<sup>-1</sup>, Cu için 140 mg kg<sup>-1</sup>, Ni için 75 mg kg<sup>-1</sup>, Pb ve Zn için 300 mg kg<sup>-1</sup> verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005). Fish and Wildlife Service tarafından yayınlanan raporda kirlilik sınırları As ve Cd için 20 mg kg<sup>-1</sup> ve Ba için 200 mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Fish and Wildlife Service, 1990). Department Environment and Conversation tarafından yayınlanan toprak, su ve sedimentlerdeki kirlilik seviyeleri ile ilgili yayınlanan raporda bahçeli ve toprakla iç içe yaşanan yerleşim yerlerinde

bor için üst kirlilik sınırı 3000 mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (Department Environment and Conversation, 2010). Ayrıca topraklardaki toplam bor içeriği toprağın yapısına bağlı olarak 20 mg kg<sup>-1</sup> ile 200 mg kg<sup>-1</sup> arasında verilmiştir (Sah ve Brown,1997). Fe ve Mn elementleri için her hangi bir kaynakta kirlilik üst sınırı verilmemiştir.

Bu değerlere göre Havran-1 toprağı hariç diğer bütün topraklarda As değerleri bu sınır değerinin üstünde çıkmıştır. Ba değerleri İskele köy girişinden ve Yolbaşı'ndan alınan topraklar hariç diğerlerinde Ba için verilen sınırın üstünde çıkmıştır. Havran'dan alınan üç örnekteki Co derişimleri sınır değerinin üstündedir. Son olarak Havran-3 toprağındaki Cr ve Ni derişimleri sınır değerlerin üstünde elde edilmiştir. Yalnızca Yıldız'dan alınan toprak örneğindeki bor derişimi ortalama bor üst sınırı olarak verilen 200 mg kg<sup>-1</sup>'in üzerinde fakat insan sağlığı için tehlike oluşturan üst sınır olan 3000 mg kg<sup>-1</sup>'den çok düşük bulunmuştur.

Ayrıca Temel Bileşen Analizi uygulanarak yaş yakma yöntemi ile bulunan toplam element iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programı ile temel bileşen analizi uygulanarak faktör loading değerleri bulundu. Varimax rotasyonu uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük olan üç grup yani üç temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun %47,7'sini, ikinci bileşen % 26,8'ini ve 3. bileşende %11,3'ünü içermektedir. Üç temel bileşen değerlendirildiğinde toplam varyasyonun % 85,8'ini kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.2'de, faktör skor değerleri Tablo 13.3'de verildi.

**Tablo 13.2:** Toprak örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan elementlerin arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3
B	-0,16	<b>0,93</b>	0,18
Mn	<b>0,98</b>	-0,06	0,07
Fe	<b>0,97</b>	-0,18	0,00
Ni	0,24	0,13	<b>0,90</b>
Cu	<b>0,91</b>	0,25	0,30
As	-0,07	<b>0,91</b>	0,19
Cd	0,02	<b>0,76</b>	-0,15
Ba	0,09	0,01	-0,59
Co	<b>0,96</b>	-0,25	-0,02
Cr	<b>0,79</b>	-0,04	0,57
Pb	<b>0,98</b>	0,12	-0,03
Zn	0,27	0,58	<b>0,63</b>

Faktör loading değerlerinden elementler aşağıdaki şekilde gruplandı:

PC 1 : Mn, Fe, Cu, Co, Cr, Pb

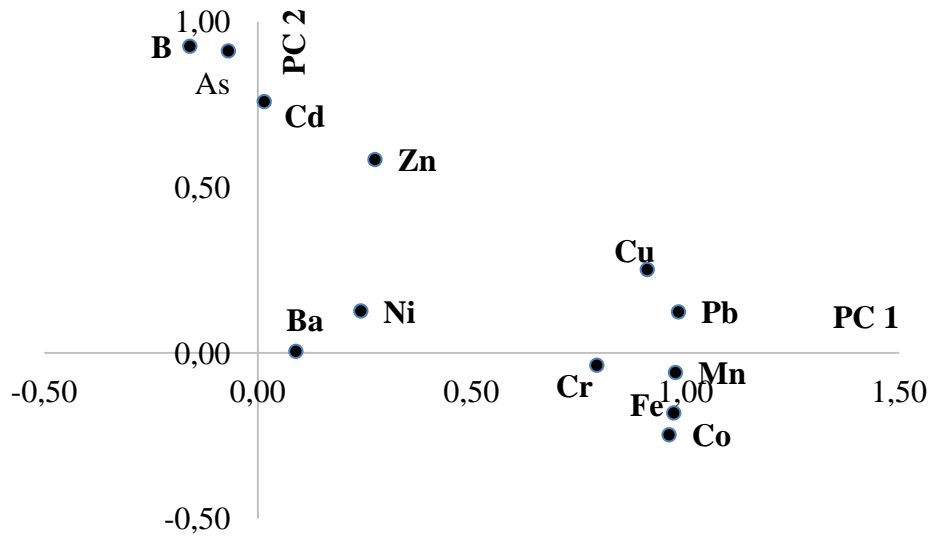
PC 2 : B, As, Cd

PC 3: Ni, Zn

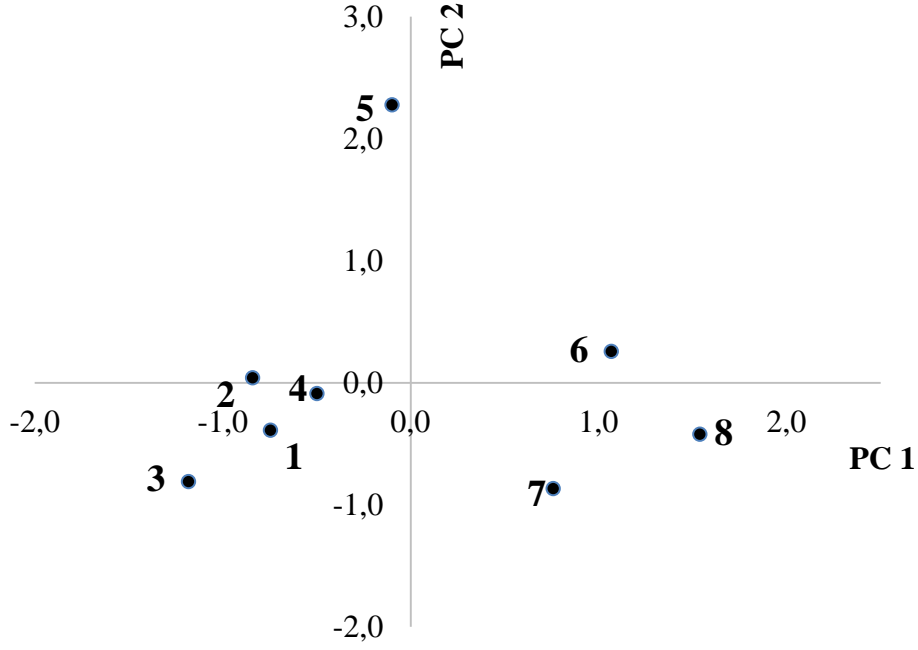
**Tablo 13.3:** Toprak örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan toprak örnekleri arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3
İskele köy girişi	-0,7	-0,4	<b>1,75</b>
İskele köy çıkışı	-0,8	0,0	-1,02
Beğendikler	-1,2	-0,8	-0,28
Yolbaşı	-0,5	-0,1	-0,35
Yıldız	-0,1	<b>2,3</b>	0,42
Havran-1	<b>1,1</b>	0,3	-1,22
Havran-2	<b>0,8</b>	-0,9	-0,28
Havran-3	<b>1,5</b>	-0,4	<b>0,98</b>

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek elementler ve toprak örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



**Şekil 13.1:** Topraklardaki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör loading grafiği.



**Şekil 13.2:** Topraklardaki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1- İskele-köy girişı, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6- Havran-1, 7-Havran-2, 8-Havran-3).

Yukarıdaki Şekil 13.1 ve Şekil 13.2 karşılaştırıldığında topraklardaki Mn, Fe, Cu, Co, Cr, Pb derişimleri en yüksek bor madenlerinden uzak bölge olan Havran bölgesinden alınan üç örnekte ve B, As, Cd derişimlerinin Yıldız'dan alınan toprakta yüksek olduğu sonucuna varıldı. Tablo 13.2 ve Tablo 13.3'de verilen PC3 skor ve faktör değerlerine bakıldığında Ni ve Zn derişiminin en yüksek İskele Köy girişı, Yıldız ve Havran-3 nolu topraklarda olduğu görüldü.

### **13.2 Yaş Yakma, BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi İle Bulunan Topraklardaki Toplam Eser Element Miktarının Değerlendirilmesi**

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam As derişimleri Tablo 13.4'de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan As derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. As için referans değer %95 güven seviyesinde  $412 \pm 16 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir.

BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.4:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam As derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alt Toplam
İskele Köy Çıkışı	126,8±13,40	126,42±13,19	128,36±16,62
İskele Köy Girişi	73,65±7,39	67,34±3,53	59,84±2,12
Yolbaşı	49,42±1,08	41,83±5,01	59,25±2,53
Beğendikler	81,85±1,85	64,72±2,34	94,33±4,22
Yıldız	820,52±76,32	702,22±24,03	731,46±13,94
NCS DC 73386 Soil	508,91±14,90	508,41±54,60	533,91±55,40
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	508,91±37,00	508,37±135,60	533,95±137,51

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam B derişimleri Tablo 13.5’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan B derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. B için %95 güven seviyesinde verilen referans değer 53±6 mg kg<sup>-1</sup>’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.5:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam B derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	82,71±3,71	91,29±2,78	89,52±3,57
İskele Köy Girişi	63,09±1,36	68,70±0,72	69,26±3,38
Yolbaşı	36,55±1,22	46,65±1,23	36,66±1,60
Beğendikler	49,88±0,41	41,24±1,29	43,27±3,53
Yıldız	545,64±13,68	608,32±8,09	576,3±6,34
NCS DC 73386 Soil	49,31±3,95	45,77±4,28	46,46±3,39
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	49,31±9,80	45,77±10,62	46,46±8,41

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Ba derişimleri Tablo 13.6'da verildi. Her üç yöntem uygulanarak hesaplanan %95 güven seviyesinde verilen Ba derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ba için %95 güven seviyesinde verilen referans değer  $296 \pm 26 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.



**Tablo 13.6:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Ba derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	1273,5±94,03	1236,67±37,83	1255,33±22,12
İskele Köy Girişi	152,34±3,86	154,28±5,10	164,79±4,53
Yolbaşı	91,35±1,72	96,35±1,36	88,04±2,64
Beğendikler	273,48±4,02	220,23±6,38	271,52±8,60
Yıldız	244,76±32,13	206,65±5,68	223,17±4,85
NCS DC 73386 Soil	290,71±20,30	262,06±3,4	281,11±14,90
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	290,71±50,40	262,06±8,4	281,06±37,0

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Cd derişimleri Tablo 13.7’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Cd derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Cd için referans değer %95 güven seviyesinde 0,45±0,06 mg kg<sup>-1</sup>’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.7:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cd derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	1,72±0,19	2,11±0,37	1,30±0,08
İskele Köy Girişi	2,25±0,23	1,89±0,22	1,45±0,07
Yolbaşı	0,92±0,11	1,16±0,04	1,19±0,25
Beğendikler	2,57±0,78	3,02±0,16	1,81±0,28
Yıldız	3,55±0,28	3,58±0,34	2,80±0,25
NCS DC 73386 Soil	0,46±0,07	0,37±0,01	0,42±0,02
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	0,46±0,17	0,37±0,02	0,42±0,05

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Co derişimleri Tablo 13.8’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Co derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Co için %95 güven seviyesinde referans değer  $12\pm 2 \text{ mg kg}^{-1}$ ’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.8:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Co derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	1,20±0,01	1,75±0,05	1,26±0,06
İskele Köy Girişi	2,18±0,88	2,97±0,13	3,01±0,09
Yolbaşı	1,28±0,25	0,71±0,07	1,11±0,06
Beğendikler	2,50±0,56	3,46±0,08	3,24±0,12
Yıldız	3,51±0,85	3,91±0,46	4,48±0,22
NCS DC 73386 Soil	11,80±2,30	12,71±0,80	13,81±0,46
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	11,80±5,70	12,71±2,00	13,81±1,14

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Cr derişimleri Tablo 13.9’da verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Cr derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Cr için %95 güven seviyesinde referans değer 118±7 mg kg<sup>-1</sup>’dir. Yaş yakma ve BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.9:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cr derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	15,04±0,46	17,13±1,16	22,12±1,37
İskele Köy Girişi	84,34±4,43	94,86±4,29	105,97±11,71
Yolbaşı	12,31±0,27	15,24±1,39	18,99±1,25
Beğendikler	32,81±0,43	37,54±2,93	40,87±1,55
Yıldız	62,64±0,58	69,72±3,14	70,36±3,44
NCS DC 73386 Soil	103,20±15,01	119,70±8,91	81,01±3,94
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	103,21±37,20	119,71±22,10	81,01±9,78

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Cu derişimleri Tablo 13.10'da verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Cu derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Cu için %95 güven seviyesindeki referans değer  $144\pm 6 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.10:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Cu derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	13,7±4,72	11,68±1,58	12,76±0,77
İskele Köy Girişi	40,18±5,44	42,45±0,76	43,05±1,91
Yolbaşı	15,22±0,40	10,43±0,52	11,20±0,78
Beğendikler	33,34±8,45	35,39±0,92	37,26±0,74
Yıldız	75,7±9,33	76,78±2,65	63,61±3,79
NCS DC 73386 Soil	140,50±11,10	149,03±12,60	141,12±7,79
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	140,51±27,60	149,03±31,28	141,12±19,34

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Fe derişimleri Tablo 13.11’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Fe derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Fe için %95 güven seviyesindeki referans değer % 12,62±0,18’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.11:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Fe derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	2922,01±212,47	3191,38±15,33	3674,51±307,41
İskele Köy Girişi	7888,54±41,44	8519,01±184,50	9715,46±358,93
Yolbaşı	2753,61±54,21	3159,72±49,60	3981,16±202,92
Beğendikler	8427,84±109,10	9178,81±138,15	10618,13±212,67
Yıldız	12574,92±126,51	13594,44±373,72	14791,85±753,55
NCS DC 73386 Soil (%)	12,91±0,21	12,56±0,12	12,72± 0,04
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	12,90±0,50	12,56±0,30	12,72± 0,09

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Mn derişimleri Tablo 13.12’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Mn derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Mn için %95 güven seviyesindeki referans değer  $1360\pm 71 \text{ mg kg}^{-1}$ ’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.12:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Mn derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	208,62±16,11	202,37±5,27	220,71±7,89
İskele Köy Girişİ	421,22±12,23	423,15±6,54	427,83±22,10
Yolbaşı	214,66±3,12	217,89±2,60	220,48±4,74
Beğendikler	917,16±15,50	872,62±4,85	862,93±22,48
Yıldız	878,01±62,77	854,71±55,51	872,75±19,22
NCS DC 73386 Soil	1336,31±57,80	1318,30±71,51	1296,61±47,20
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	1336,31±143,50	1318,30±177,50	1296,61±177,20

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Ni derişimleri Tablo 13.13’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Ni derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ni için %95 güven seviyesinde verilen referans değeri  $40\pm4 \text{ mg kg}^{-1}$ ’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değerin aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.13:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Ni derişimleri ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	38,27±2,79	35,74±8,82	35,79±3,93
İskele Köy Girişi	93,12±2,92	102,76±4,47	100,08±9,37
Yolbaşı	22,14±2,31	24,12±3,42	20,30±1,08
Beğendikler	37,45±1,62	42,21±0,81	45,12±2,80
Yıldız	61,94±0,77	71,85±2,19	68,19±1,30
NCS DC 73386 Soil	39,31±6,20	47,12±3,50	45,21±2,01
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	39,31±15,39	47,12±8,70	45,25±4,97

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Pb derişimleri Tablo 13.14’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Pb derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Pb için %95 güven seviyesinde verilen referans değer  $552\pm 29 \text{ mg kg}^{-1}$ ’dir. Yaş yöntemi uygulanarak hesaplanan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.



**Tablo 13.14:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Pb derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>).

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	35,73±6,40	42,97±4,80	37,76±2,70
İskele Köy Girişi	38,98±3,53	32,92±2,44	32,57±2,20
Yolbaşı	24,83±0,24	29,24±2,04	31,00±2,51
Beğendikler	62,21±0,39	65,34±3,42	63,36±3,47
Yıldız	81,01±2,29	77,84±2,62	75,89±2,84
NCS DC 73386 Soil	561,57±37,6	423,10±8,91	455,51±10,41
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	561,57±93,34	423,1±22,09	455,48±25,82

Bor madenlerine yakın toprak örneklerine ve Referans toprak örneğine yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak elde edilen toplam Zn derişimleri Tablo 13.15’de verildi. Her üç yöntem uygulanarak bulunan Zn derişimlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Zn için %95 güven seviyesindeki referans değer 494±25 mg kg<sup>-1</sup>’dir. Her üç yöntem ile bulunan değerlerin Eşitlik 8.4 kullanılarak hesaplanan %95 güven seviyesindeki güven aralıklarının referans değer aralığına girdiği görülmektedir.

**Tablo 13.15:** Toprak örneklerine uygulanan yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen toplam Zn derişimleri (mg kg<sup>-1</sup>)

	Yaş Yakma	BCR Toplam	Alternatif Toplam
İskele Köy Çıkışı	158,55±14,07	159,69±9,57	142,58±3,02
İskele Köy Girişi	193,98±9,09	183,8±8,31	205,73±1,57
Yolbaşı	113,98±10,81	104,59±6,11	108,59±3,23
Beğendikler	145,24±23,73	154,36±4,71	133,75±5,51
Yıldız	218,35±24,32	222,95±15,86	212,02±16,77
NCS DC 73386 Soil	497,31±2,51	580,77±31,41	580,35±23,80
NCS DC 73386 Soil için %95 Güven Sınırları	497,30±6,23	580,77±77,95	580,35±59,09

Ayrıca yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan topraklardaki toplam element derişimleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacı ile tek yönlü ANOVA testi uygulandı. Aşağıda Tablo 13.16’da verilen ANOVA tablosundan da görüldüğü gibi tüm elementler için olasılık değerleri (Tablo 13.16’da p olarak verilen değerler) 0,05’den büyük çıkmıştır. Bu da yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri ile bulunan eser elementlerin toplam derişimleri arasında % 95 güven seviyesinde anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir.

**Tablo 13.16:** Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan topraklardaki toplam eser element derişimlerinin tek yönlü ANOVA testi ile değeriendirilmesi.

		Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
As	Gruplar arası	1930,566	2	965,283	0,011	0,989
	Grup içi	1322608,213	15	88173,881		
	Toplam	1324538,779	17			
B	Gruplar arası	466,674	2	233,337	0,005	0,995
	Grup içi	680828,907	15	45388,594		
	Toplam	681295,581	17			
Ba	Gruplar arası	458,727	2	229,364	0,001	0,999
	Grup içi	2830793,254	15	188719,550		
	Toplam	2831251,981	17			
Cd	Gruplar arası	,926	2	,463	0,424	0,662
	Grup içi	16,371	15	1,091		
	Toplam	17,297	17			
Cr	Gruplar arası	165,687	2	82,844	0,056	0,946
	Grup içi	22372,013	15	1491,468		
	Toplam	22537,701	17			
Co	Gruplar arası	1,724	2	,862	0,045	0,956
	Grup içi	286,530	15	19,102		
	Toplam	288,254	17			
Cu	Gruplar arası	10,423	2	5,211	0,002	0,998
	Grup içi	35698,974	15	2379,932		
	Toplam	35709,397	17			
Fe	Gruplar arası	5739845,737	2	2869922,869	0,112	0,895
	Grup içi	3,838E8	15	2,558E7		
	Toplam	3,895E8	17			
Mn	Gruplar arası	738,555	2	369,278	0,002	0,998
	Grup içi	2937934,532	15	195862,302		
	Toplam	2938673,088	17			
Ni	Gruplar arası	87,961	2	43,980	0,059	0,943
	Grup içi	11220,417	15	748,028		
	Toplam	11308,378	17			
Pb	Gruplar arası	906,399	2	453,200	0,020	0,980
	Grup içi	337280,906	15	22485,394		
	Toplam	338187,305	17			
Zn	Gruplar arası	55,507	2	27,753	0,001	0,999
	Grup içi	452542,153	15	30169,477		
	Toplam	452597,659	17			

### **13.3 BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi ve Alternatif Ardışık Ekstraksiyon Yönteminin Farklı Fazları Arasındaki İlişkinin Manova Testi İle Belirlenmesi**

Her bir eser element için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile toprağın farklı fazlarına geçen eser element derişimlerine bağı olarak BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif metotların fazları arasındaki ilişki çoklu varyans analizi (MANOVA) ile yapıldı. Aşağıda verilen MANOVA tablosunda (Tablo 13.17) BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon tekniğinin fazlarının değerlendirildiği kısımdan da görüldüğü gibi BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin farklı fazları ile ekstrakte edilen B, Ba ve Pb elementleri arasında p değerlerinin 0,05'den büyük olması nedeni ile anlamlı farkın olmadığı diğer elementler için ise bu değer 0,05'den küçük olduğu için bu fazlar arasında anlamlı fark olduğu görülmüştür. Fazlar arasında fark olduğu belirlenen elementlerin BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin hangi fazları arasında farklılık ve benzerlik olduğunun belirlenmesi için Tukey testi uygulandı ve elde edilen homojen gruplar Tablo 13.18; Tablo 13.19; Tablo 13.20; Tablo 13.21; Tablo 13.22; Tablo 13.23; Tablo 13.24 ve Tablo 13.25'de verildi.

**Tablo 13.17:** BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin fazları arasındaki ilişkinin çift yönlü çoklu varyans analizi (MANOVA) uygulanarak elde edilen MANOVA tablosu.

Kaynak	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı (3, Tip)	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
BCRALT	As	11489,653	8	1436,207	3,327	0,005
	B	34207,920	8	4275,990	1,163	0,342
	Ba	61132,120	8	7641,515	,803	0,604
	Cd	2,067	8	,258	4,638	0,000
	Co	25,848	8	3,231	5,612	0,000
	Cr	238,349	8	29,794	8,272	0,000
	Cu	1421,479	8	177,685	3,691	0,002
	Fe	99047,643	8	12380,955	4,701	0,000
	Mn	526179,919	8	65772,490	4,649	0,000
	Ni	325,198	8	40,650	2,918	0,010
	Pb	11199,482	8	1399,935	,887	0,535
	Zn	4447,801	8	555,975	10,114	0,000
Hata	As	19427,545	45	431,723		
	B	165492,667	45	3677,615		
	Ba	428471,913	45	9521,598		
	Cd	2,507	45	,056		
	Co	25,908	45	,576		
	Cr	162,085	45	3,602		
	Cu	2166,402	45	48,142		
	Fe	118521,138	45	2633,803		
	Mn	636633,478	45	14147,411		
	Ni	626,849	45	13,930		
	Pb	71044,203	45	1578,760		
	Zn	2473,680	45	54,971		

Tablo 13.18’de As elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 3 ve 2. Adımları ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. Adımı ile elde edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 2. Adımı ile elde edilen değerin büyük olması bu adımda ekstrakte edilen As miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2 ve 3. adımları ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 4, 5 ve 6. adımları bulunmaktadır. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer Alt 6 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen As miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.18:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden As elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup	
		1	2
ALT1	6	1,1410	
ALT3	6	2,6788	
BCR1	6	4,4122	
ALT2	6	7,6400	
BCR3	6	11,8133	11,8133
ALT5	6	11,8900	11,8900
BCR2	6	12,1650	12,1650
ALT4	6	33,4617	33,4617
ALT6	6		47,2000
p değeri		0,179	0,104

Tablo 13.19’de Cd elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 2, 3, 4 ve 6. adımları ile elde edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 4. adımı ile elde edilen değerin büyük olması bu adımda ekstrakte edilen Cd miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 2 ve 3. adımları ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 5. adımları bulunmaktadır. BCR ardışık ekstraksiyon ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer Alt 5 adımı ile elde

edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Cd miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.19:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cd elementi için BCR ardışık ekstaksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup	
		1	2
ALT3	6	0,0248	
ALT6	6	0,0290	
ALT1	6	0,0308	
ALT2	6	0,0972	
ALT4	6	0,1455	
BCR1	6	0,2555	0,2555
BCR2	6	0,2940	0,2940
BCR3	6	0,4358	0,4358
ALT5	6		0,6205
p değeri		0,089	0,185

Tablo 13.20’de Co elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 3, 4 ve 6. adımları ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. adımında elde edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. ve 3. adımı ile elde edilen değerlerin büyük olması bu adımda ekstrakte edilen Co miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2 adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 2 ve 5. adımları bulunmaktadır. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer BCR 2 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Co miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.20:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Co elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup	
		1	2
ALT4	6	0,161667	
ALT1	6	0,165167	
ALT6	6	0,188333	
BCR3	6	0,201667	
ALT3	6	0,283167	
BCR1	6	0,46	
ALT5	6	1,168333	1,168333
ALT2	6	1,241667	1,241667
BCR2	6		2,275
p değeri		0,2759	0,247264

Tablo 13.21’de Cr elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 2 ve 3. adımları ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. adımı için edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. adımı ile elde edilen değerlerin büyük olması bu adımda ekstrakte edilen Cr miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2 ve 3. adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 5 ve 6. adımları için elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin tümü kıyaslandığında en yüksek değer 3. alt grupta yer alan Alt 4 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Cr miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.21:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cr elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup		
		1	2	3
ALT1	6	0,000		
ALT3	6	0,003333		
ALT2	6	0,395	0,395	
BCR1	6	0,505	0,505	
BCR2	6	0,936667	0,936667	
ALT5	6	1,073333	1,073333	
ALT6	6	2,928333	2,928333	
BCR3	6		3,628333	3,6283
ALT4	6			6,6700
p değeri		0,18693	0,103538	0,151



Tablo 13.22’de Cu elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 3 ve 5. adımları ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. ve 3. adımları için edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 5. adımı ile elde edilen değer büyük olması bu adımda ekstrakte edilen Cu miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2. adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 2, 4 ve 6. adımları için elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer BCR 2 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Cu miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.22:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Cu elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup	
		1	2
ALT1	6	0,251667	
ALT3	6	0,276667	
BCR1	6	0,466667	
BCR3	6	1,431667	
ALT5	6	2,441667	
ALT6	6	5,456667	5,456667
ALT2	6	7,913333	7,913333
ALT4	6	9,635	9,635
BCR2	6		16,05333
p değeri		0,339869	0,197258

Tablo 13.23’de Fe elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. adımı ile en düşük değer elde edilmesi bu adımda iki yöntem kıyaslandığında en az Fe’in ekstrakte edildiğini göstermektedir. Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 2, 3 ve 5. adımları ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 3. adımları için edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Aynı şekilde 3. Alt grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2. adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 4.ve 6. adımları bulunmaktadır. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer Alt 4 ve Alt 6 adımları ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Fe miktarının bu adımlarda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.23:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Fe elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup		
		1	2	3
ALT1	6	0,467		
BCR1	6	5,033633		
ALT5	6	5,094833		
ALT2	6	7,0945		
ALT3	6	9,933667	9,933667	
BCR3	6	11,34755	11,34755	
BCR2	6	71,09333	71,09333	71,0933
ALT4	6		104,6977	104,6977
ALT6	6			108,51
p değeri		0,317517	0,05784	0,937

Tablo 13.24’de Mn elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 1, 4, 5 ve 6. adımları ile BCR ekstraksiyon yönteminin 1. ve 3. adımları için edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Fakat tabloda da görüldüğü gibi BCR ekstraksiyon yönteminin 1. adımı ile elde edilen değer büyük olması bu adımda ekstrakte edilen Mn miktarlarının bunlar içinde en yüksek olduğunu göstermektedir. İkinci grupta BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 2. adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 2 ve 3. adımları için elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer BCR 2 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Mn miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.24:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Mn elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi fazlarının homojen grupları.

BCR-ALT	N	Alt Grup	
		1	2
ALT5	6	15,675	
ALT1	6	21,83	
BCR3	6	29,34333	
ALT6	6	45,805	
ALT4	6	50,49833	
BCR1	6	63,885	
ALT2	6	169,9333	169,9333
ALT3	6	177,075	177,075
BCR2	6		327,9483
p değeri		0,335496	0,363111

Tablo 13.25’de Zn elementi için Tukey testi uygulanarak birbiriyle ilişkili olan alt gruplar belirlendi. Buna göre Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi 1. adımı ile en düşük değerin elde edilmesi bu adımda iki yöntem kıyaslandığında en az Zn’nun ekstrakte edildiğini göstermektedir. Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin 3. adımı ile BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 1. Adımı için edilen değerlerin birbirine yakın çıktığı bulundu. Aynı şekilde BCR ardışık ekstraksiyon yönteminin 3. adımı ile Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi 2, 4, 5 ve 6. adımları ile elde edilen değerlerin yakın çıktığı görüldü. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi adımlarının tümü kıyaslandığında en yüksek değer 3. Alt grupta yer alan BCR 2 adımı ile elde edildi. Bu da topraktan en fazla ekstrakte edilen Zn miktarının bu adımda gerçekleştiğini göstermektedir.

**Tablo 13.25:** Tukey testi ile yapılan değerlendirmeden Zn elementi için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi homojen grupları.

BCR-ALT	N	Subset		
		1	2	3
ALT1	6	0,6467		
ALT3	6	3,16	3,16	
BCR1	6	3,838333	3,838333	
ALT2	6	8,366667	8,366667	
BCR3	6	10,77	10,77	
ALT5	6	10,88167	10,88167	
ALT6	6	11,01167	11,01167	
ALT4	6		15,41	
BCR2	6			33,2533
p değeri		0,297831	0,126081	1,000

#### 13.4 Toprak Örneklerindeki Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi

*In vitro* gastro intestinal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar, her bir metal için sırasıyla değerlendirildi.

### 13.4.1 Arseniğin Biyoerişilebilirliği

Topraklarda arsenik elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki As derişimi 1,96-19,72 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Beğendikler toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Havran-1 toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki As derişimi 0,85-18,92 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Yıldız toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı`ndan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.26) As elementinin her bir toprak rneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam arseniğin bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük Yolbaşı toprağında gözlendi.

**Tablo 13.26:** Topraklarda As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy ıkışı	3,9	2,0
İskele köy girişi	3,9	5,7
Yolbaşı	11,0	1,7
Beğendikler	24,1	2,7
Yıldız	0,3	2,3
Havran-1	14,2	13,8
Havran-2	7,0	5,9
Havran-3	7,2	6,7

### 13.4.2 Borun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda bor elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki B derişimi 1,61-272,86 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Yıldız toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Havran-1

toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki B derişimi 1,71-236,93 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Yıldız toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Havran-2 toprağında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.27) B elementinin her bir toprak rneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam borun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Beğendikler toprağında gözlenirken en düşük İskele köy girişi toprağında gözlendi.

**Tablo 13.27:** Topraklarda B elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy ıkışı	57,5	44,7
İskele köy girişi	5,4	9,9
Yolbaşı	36,1	21,8
Beğendikler	106,8	79,8
Yıldız	50,0	43,4
Havran-1	19,0	25,7
Havran-2	48,4	32,8
Havran-3	15,8	14,3

### 13.4.3 Baryumun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda baryum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ba derişimi 6,08 -68,07 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişi toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki Ba derişimi 7,03-37,04 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Yıldız toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Beğendikler toprağında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.28) Ba elementinin her bir toprak rneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam

borun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Yolbaşı toprağında gözlenirken en düşük Beğendikler toprağında gözlendi.

**Tablo 13.28:** Topraklarda Ba elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	2,7	2,9
İskele köy girişi	4,0	18,0
Yolbaşı	44,3	26,4
Beğendikler	13,8	2,6
Yıldız	10,8	15,1
Havran-1	10,8	4,0
Havran-2	11,8	4,8
Havran-3	14,1	5,4

#### 13.4.4 Kadmiyumun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda kadmiyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cd derişimi <LOD -1,20 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışı, iskele köy girişi, Yolbaşı, Beğendikler ve Yıldız topraklarında elde edildi. Bağırsak fazındaki Cd derişimi 0,019-1,02 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı toprağında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.29) Cd elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam kadmiyumun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük İskele köy girişi ve Beğendikler topraklarında gözlendi.

**Tablo 13.29:** Topraklarda Cd elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	<LOD	2,5
İskele köy girişi	<LOD	1,4
Yolbaşı	<LOD	2,1
Beğendikler	<LOD	1,4
Yıldız	<LOD	2,8
Havran-1	32,3	27,5
Havran-2	27,8	23,5
Havran-3	3,0	6,1

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

#### 13.4.5 Kobaltın Biyoerişilebilirliği

Topraklarda kobalt elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Co derişimi 0,11-5,39 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yıldız toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki Co derişimi 0,41-4,63 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı toprağında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.30) Co elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam kobaltın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Beğendikler toprağında gözlenirken en düşük Havran-1 toprağında gözlendi.

**Tablo 13.30:** Topraklarda Co elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	65,2	71,6
İskele köy girişi	76,2	43,1
Yolbaşı	42,2	32,5
Beğendikler	29,0	77,5
Yıldız	3,3	34,7
Havran-1	10,6	9,9
Havran-2	10,4	10,1
Havran-3	15,2	13,0

#### 13.4.6 Kromun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda krom elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40'da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cr derişimi <LOD-0,77 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy çıkışı toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişi, Beğendikler ve Havran-2 topraklarında elde edildi. Bağırsak fazındaki Cr derişimi 0,29-1,44 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişi toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı toprağında elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.31) Cr elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam kromun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy çıkışı toprağında gözlenirken en düşük Yıldız toprağında gözlendi.



**Tablo 13.31:** Topraklarda Cr elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	5,1	2,8
İskele köy girişi	<LOD	1,7
Yolbaşı	1,8	2,4
Beğendikler	<LOD	1,2
Yıldız	0,1	0,3
Havran-1	0,4	1,6
Havran-2	<LOD	0,9
Havran-3	0,1	0,9

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

#### 13.4.7 Bakırın Biyoerişilebilirliği

Topraklarda bakır elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cu derişimi <LOD-0,98 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışı, iskele köy girişi, Yolbaşı, Beğendikler, Yıldız ve Havran-2 topraklarında elde edildi. Bağırsak fazındaki Cu derişimi 0,44-9,30 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yıldız`dan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.32) Cu elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam bakırın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-2 toprağında gözlenirken en düşük Yıldız toprağında gözlendi.

**Tablo 13.32:** Topraklarda Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	<LOD	4,2
İskele köy girişi	<LOD	7,5
Yolbaşı	<LOD	6,0
Beğendikler	<LOD	10,2
Yıldız	<LOD	0,6
Havran-1	0,3	12,8
Havran-2	<LOD	13,5
Havran-3	0,9	8,1

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

#### 13.4.8 Demirin Biyoerişilebilirliği

Topraklarda demir elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Fe derişimi 4,75-2436,6 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yıldız toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki derişimi <LOD-1791,7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı`ndan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.33) Fe elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam demirin bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-3 toprağında gözlenirken en düşük Yolbaşı toprağında gözlendi.

**Tablo 13.33:** Topraklarda Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	26,7	0,3
İskele köy girişi	2,2	5,7
Yolbaşı	1,6	<LOD
Beğendikler	0,7	0,9
Yıldız	<LOD	0,1
Havran-1	1,8	2,0
Havran-2	1,1	1,1
Havran-3	5,2	3,8

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

#### 13.4.9 Manganın Biyoerişilebilirliği

Topraklarda mangan elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40`da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Mn derişimi 47,75-443,86 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişi toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yıldız toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki derişimi 27,35-332,23 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-2 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı`ndan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.34) Mn elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam manganın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Beğendikler toprağında gözlenirken en düşük Yıldız toprağında gözlendi.

**Tablo 13.34:** Topraklarda Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	63,0	29,6
İskele köy girişi	105,4	19,5
Yolbaşı	45,1	12,7
Beğendikler	12,4	30,9
Yıldız	5,4	9,4
Havran-1	23,1	18,8
Havran-2	26,4	21,3
Havran-3	16,8	11,8

#### 13.4.10 Nikelin Biyoerişilebilirliği

Topraklarda nikel elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40'da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ni derişimi 1,00-6,59 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy çıkışı toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yıldız toprağında elde edildi. Bağırsak fazındaki derişimi 1,71-6,99 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişinden alınan toprakta gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı'ndan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.35) Ni elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam manganın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Beğendikler toprağında gözlenirken en düşük Havran-3 toprağında gözlendi.

**Tablo 13.35:** Topraklarda Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	17,2	7,6
İskele köy girişi	4,3	7,5
Yolbaşı	9,5	7,8
Beğendikler	4,8	14,0
Yıldız	1,6	3,7
Havran-1	5,3	6,8
Havran-2	5,4	6,0
Havran-3	3,0	3,2

#### 13.4.11 Kurşunun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda kurşun elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40'da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Pb derişimi <LOD-1,33 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-2 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı, Beğendikler ve Yıldız topraklarında elde edildi. Bağırsak fazındaki derişimi <LOD-2,95 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-2 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişi, Yolbaşı ve Yıldız'dan alınan topraktan elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.36) Pb elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam kurşunun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-2 toprağında gözlenirken en düşük İskele köy girişi, Yolbaşı ve Yıldız'dan alınan topraklarda gözlendi.

**Tablo 13.36:** Topraklarda Pb elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	0,5	0,8
İskele köy girişi	2,1	<LOD
Yolbaşı	<LOD	<LOD
Beğendikler	<LOD	1,1
Yıldız	<LOD	<LOD
Havran-1	0,6	1,4
Havran-2	1,4	3,1
Havran-3	0,7	1,3

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

#### 13.4.12 Çinkonun Biyoerişilebilirliği

Topraklarda çinko elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.33; Tablo 12.34; Tablo 12.35; Tablo 12.36; Tablo 12.37; Tablo 12.38; Tablo 12.39 ve Tablo 12.40'da verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Zn derişimi <LOD-23,58 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişi, İskele köy çıkışı, Yolbaşı, Beğendikler ve Yıldız topraklarında elde edildi. Bağırsak fazındaki derişimi <LOD-3,24 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişi, İskele köy çıkışı, Yolbaşı, Beğendikler ve Yıldız'dan alınan topraklarda elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.37) Zn elementinin her bir toprak örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre topraklardaki toplam çinkonun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Havran-1 toprağında gözlenirken en düşük İskele köy girişi, İskele köy çıkışı, Yolbaşı, Beğendikler ve Yıldız'dan alınan topraklarda gözlemlendi.

**Tablo 13.37:** Topraklarda Zn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

	% BE Mide	% BE Bağırsak
İskele köy çıkışı	<LOD	<LOD
İskele köy girişi	<LOD	<LOD
Yolbaşı	<LOD	<LOD
Beğendikler	<LOD	<LOD
Yıldız	<LOD	<LOD
Havran-1	15,6	2,2
Havran-2	4,9	0,7
Havran-3	2,4	0,6

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

### 13.5 Toprak Örneklerinde *In Vitro* Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Mide Fazında Çözünabilen Bor ve Diğer Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Temel bileşen analizi uygulanarak mide fazına geçen bor ve diğer elementler arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programı kullanılarak temel bileşen analizi ile faktör loading değerleri bulundu. Varimax rotasyonu uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük olan üç grup yani üç temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun %44,4'ünü, ikinci bileşen % 25,6'sını ve 3. bileşende %15,0'ını içermektedir. Üç temel bileşen değerlendirildiğinde toplam varyasyonun %85 ini kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.38'de, faktör skor değerleri Tablo 13.39'da verildi.

**Tablo 13.38:** Toprak örneklerinde mide fazında çözünen bor ve diğer elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3
B	-0,27	<b>0,94</b>	-0,07
Mn	<b>0,70</b>	-0,29	0,09
Fe	<b>0,91</b>	-0,05	0,07
Ni	0,09	-0,11	<b>0,93</b>
As	-0,03	<b>0,99</b>	-0,05
Ba	<b>0,62</b>	-0,03	-0,58
Co	<b>0,97</b>	-0,11	-0,14

Faktör loading değerlerinden metal iyonları aşağıdaki şekilde gruplandı:

PC 1 : Mn, Fe, Ba, Co

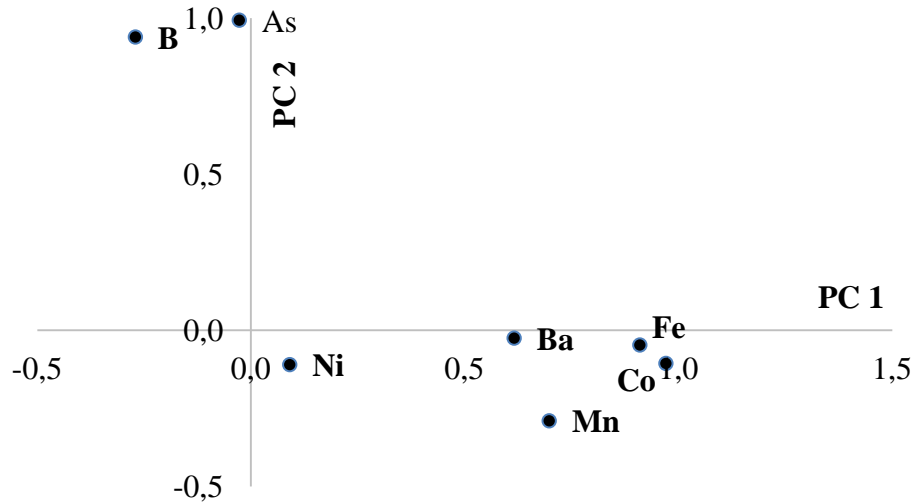
PC 2 : B, As

PC 3: Ni,

**Tablo 13.39:** Toprak örneklerinde mide fazında çözünen toprak örnekleri arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

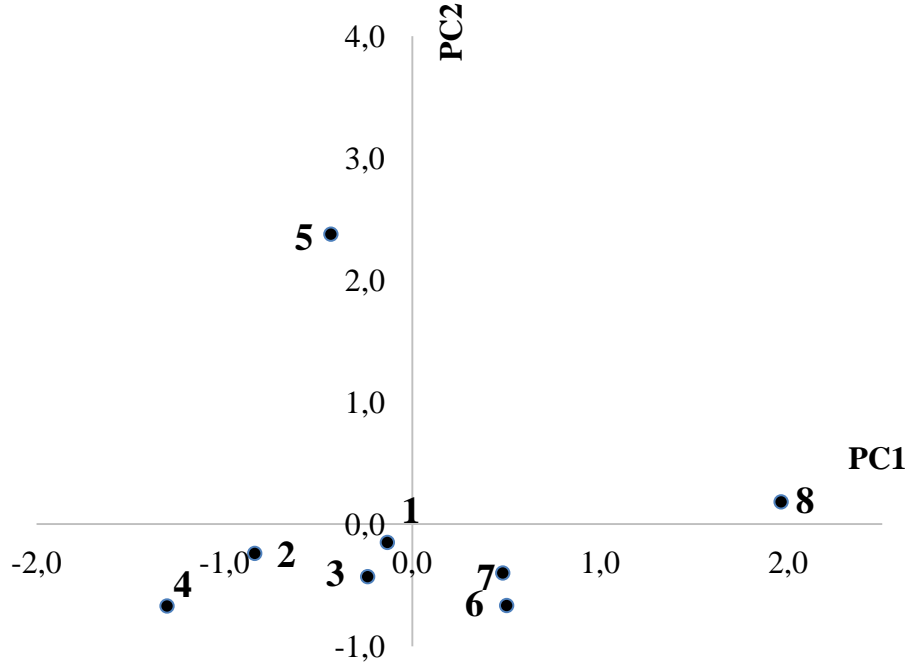
	PCA1	PCA2	PCA3
İskele-köy-girişi	-0,13	-0,15	<b>1,79</b>
İskele-köy-çıkışı	-0,84	-0,24	-0,49
Beğendikler	-0,24	-0,43	<b>1,31</b>
Yolbaşı	-1,30	-0,67	-0,77
Yıldız	-0,43	<b>2,38</b>	-0,26
Havran-1	0,50	-0,67	-0,98
Havran-2	0,48	-0,40	-0,47
Havran-3	<b>1,96</b>	0,18	-0,13

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek mide fazına geçen metal iyonları ve toprak örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



**Şekil 13.3:** Topraklardaki eser elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği.





**Şekil 13.4:** Topraklardaki eser elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1-İskele-köy girişi, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6-Havran-1, 7-Havran-2, 8-Havran-3).

Yukarıdaki Şekil 13.3 ve Şekil 13.4’de görüldüğü gibi mide fazındaki B ve As derişimleri en yüksek Yıldız’dan alınan toprak örneğinden elde edildi. Mn, Fe, Co ve Ba derişimlerinin ise bor madenlerine uzak olan bölge olan Havran’dan alınan 3 nolu toprak örneğinde yüksek olduğu görüldü. Tablo 13.38 ve Tablo 13.39’ da verilen PC3 skor ve faktör değerlerine bakıldığında Ni derişiminin en yüksek İskele Köy girişi ve Beğendikler’den alınan topraklarda olduğu sonucuna varıldı.

### **13.6 Toprak Örneklerinde *In Vitro* Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Bağırsak Fazında Çözünabilen Bor ve Diğer Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi**

Temel bileşen analizi uygulanarak bağırsak fazına geçen bor ve diğer eser elementlerin iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programını kullanarak temel bileşen analizi ile faktör loading değerleri hesaplandı. Varimax rotasyonu

uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük dört grup yani dört temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun % 45,1'ini, ikinci bileşen % 20,6'sını, 3. bileşen % 12,1'ini ve 4. bileşende 11,5' ini içermektedir. Dört temel bileşen değerlendirildiğinde toplam varyasyonun %89,3'n kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.40'da, faktör skor değerleri Tablo 13.41'de verildi.

**Tablo 13.40:** Toprak örneklerinde bağırsak fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
B	-0,22	<b>0,87</b>	-0,31	-0,04
Mn	<b>0,88</b>	-0,29	-0,07	0,08
Fe	<b>0,78</b>	0,05	0,45	0,11
Ni	-0,12	-0,22	<b>0,50</b>	-0,74
Cu	<b>0,85</b>	-0,26	0,26	0,32
As	0,03	<b>0,97</b>	-0,10	-0,07
Cd	0,26	-0,19	0,20	<b>0,75</b>
Ba	-0,50	<b>0,62</b>	0,26	0,45
Co	<b>0,96</b>	0,04	0,13	0,08
Cr	0,32	-0,25	<b>0,90</b>	0,03

Faktör loading değerlerinden eser elementler aşağıdaki şekilde gruplandı:

PC 1 : Mn, Fe, Cu, Co

PC 2 : B, As, Ba

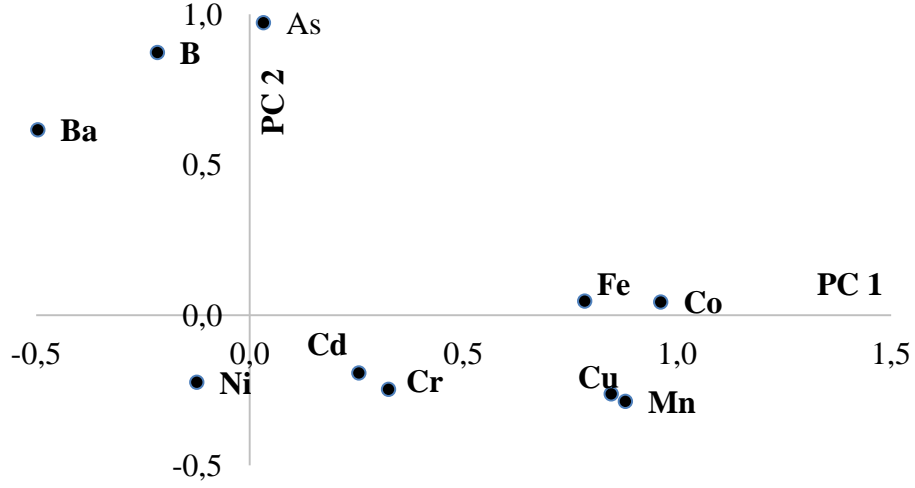
PC 3: Cr, Ni

PC 4: Cd

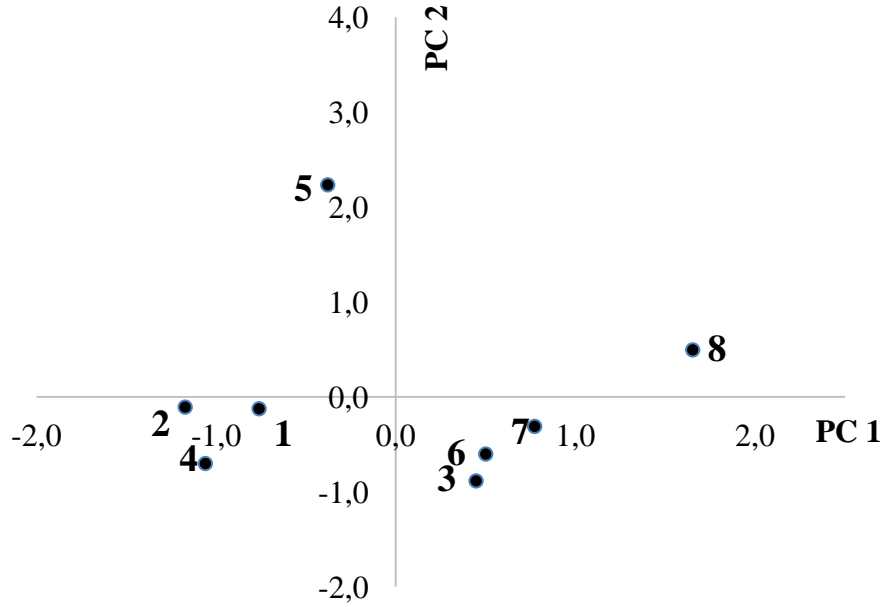
**Tablo 13.41:** Bağırsak fazında çözündürülen topraklar arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4
İskele-köy-girişi	-0,76	-0,12	<b>1,97</b>	-1,10
İskele-köy-ıkışı	-1,17	-0,11	-0,03	0,42
Beğendikler	0,45	-0,88	-1,14	-1,46
Yolbaşi	-1,06	-0,70	-0,86	0,33
Yıldız	-0,38	<b>2,23</b>	-0,63	0,05
Havran-1	<b>0,50</b>	-0,60	0,56	<b>1,81</b>
Havran-2	<b>0,77</b>	-0,31	-0,36	0,20
Havran-3	<b>1,65</b>	0,50	0,50	-0,23

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek mide fazına geçen eser elementler ve toprak örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



**Şekil 13.5:** Topraklardaki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği.



**Şekil 13.6:** Topraklardaki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1-İskele-köy girişi, 2- İskele-köy-çıkışı, 3- Beğendikler, 4- Yolbaşı, 5-Yıldız, 6-Havran-1, 7-Havran-2, 8-Havran-3).

Yukarıda verilen Şekil 13.5 ve Şekil 13.6’da görüldüğü gibi bağırsak fazındaki B, As ve Ba derişimleri en yüksek Yıldız’dan alınan toprak örneğinden elde edildi. Mn, Fe, Co ve Cu derişimlerinin ise bor madenlerine uzak olan bölge olan Havran’dan alınan 3 nolu toprak örneğinde yüksek olduğu görüldü. Tablo 13.40 ve Tablo 13.41’de verilen PC3 skor ve faktör değerlerine bakıldığında Cr ve Ni derişiminin en yüksek İskele Köy girişi örneğinde ve PC4 skor ve faktör değerlerinden Cd derişiminin en yüksek Havran’dan alınan 1 nolu örnekte olduğu görüldü.

### **13.7 Sebze Örneklerinde Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi**

Standart referans sebze örneği-domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a) ve bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma ile yaş yakma yöntemi uygulanarak yapılan deneylerden elde edilen toplam element iyonu derişimleri değerlendirildi ve istatistiksel analizler yapıldı.

#### **13.7.1 Sertifikalı Standart Referans Madde Analizi**

Uygulanan yöntemin doğruluğunu belirlemek için domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a) standart referans maddesine aynı işlemler uygulanarak analiz edildi. Bulunan değerler ve referans değerler Tablo 12.41’de verildi. Tomato Leaves 1573a standard sebze örneğinin kurşun elementine ait referans değeri verilmediği için toplam yaş yakma çalışmasında kurşun için bulunan değer referans değer ile karşılaştırması yapılamadı.

Domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a) standart referans örneği için elde edilen değerlere ve sertifikalı referans değerlere tek örneklem t testi için Bölüm 8.1.1’de verilen Eşitlik 8.5 kullanılarak  $t_{deneyse}$  değerleri hesaplandı. Bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri Tablo 13.42’de verildi.

Sertifikalı Referans Madde - Domates Yapracağı (Tomato Leaves 1573a) ile yapılan analizler sonucunda bulunan toplam element derişimlerine bağımsız t-testi uygulandığında bulunan  $t_{deneyse}$  değerleri 2 serbestlik derecesi ve % 95 güven

seviyesindeki  $t_{kritik}$  değeri olan 4,30 değerinden nikel ve çinko dışındaki elementler için küçük olduğundan dolayı aralarında anlamlı bir fark bulunmadı. Tomato Leaves 1573a'daki nikel ve çinko tayini için % 99,0 güven seviyesinde  $t_{kritik}$  değeri olan 9,92 dan  $t_{deneysel}$  değeri küçük olması nedeniyle, geliştirilen yöntemle bulunan değer ve sertifikalı değer arasında % 99,0 güven seviyesinde anlamlı bir fark yoktur.

**Tablo 13.42:** Standart Referans Madde -domates yaprağı (Tomato Leaves 1573a)  $t_{deneysel}$  değerleri.

Elementler	$t_{deneysel}$ değerleri
As	1,73
B	0,29
Cd	1,95
Co	1,04
Cr	3,79
Cu	2,26
Fe	1,17
Mn	3,75
Ni	8,08
Pb	-
Zn	6,78

### 13.7.2 Sebze Örneklerinden Elde Edilen Toplam Element Derişimlerinin Değerlendirilmesi

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen As sonuçları 0,16-1,12 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek As derişimi Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele köy girişinden alınan biber ve iskele köy çıkışından alınan marul örneklerinde elde edildi. Gıdalarda As elementi için sınır değerler WHO tarafından 0,5 mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (WHO, 2011). Buna göre verilen sınır değerinin üzerinde İskele köy çıkışından alınan sarımsak

örnekleri  $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Yıldız'dan alınan nohut örneği  $1,12 \text{ mg kg}^{-1}$  As içermektedir (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen B sonuçları  $13,4-127,9 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek B derişimi Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük değer Beğendikler'den alınan Ispanak örneğinde elde edildi. Tehlike yaratan üst sınır bor ve türevleri için kesin olarak belirlenmemesine rağmen WHO bu değeri  $13 \text{ mg gün}^{-1}$  olarak yayınlamıştır (BOREN, 2010). Buna göre çalışılan örneklerden günde 100 g yenmesi durumunda örneklerdeki mg olarak bor miktarları  $1,34-12,7$  aralığındadır. Yıldız'dan alınan nohut örneği bu sınıra yakın olmasına rağmen in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi bu örneğe uygulandığında bağırsak çözeltisinde çözünen bor miktarı  $11,37 \text{ mg}$ 'a düşer (Bkz. Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Cd sonuçları  $0,03-0,088 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek Cd derişimi Beğendikler'den alınan ıspanak örneğinde gözlenirken en düşük değer Beğendikler'den alınan biber örneğinde elde edildi. Çeşitli sebzelerde tehlike yaratacak Cd sınır miktarı WHO tarafından  $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak verilmiştir (WHO,2011). Buna göre verilen tüm sebze örneklerindeki Cd derişimi bu sınır değerinin altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Co sonuçları  $0,086-0,35 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değişmektedir. En yüksek Co derişimi Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele köy girişinden alınan biber ve İskele köy çıkışından alınan soğan örneğinde örneğinde elde edildi. Kobalt için

gıda örnekleri için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 60 kg ağırlığındaki bir kişi için günlük 1,4 mg Co alımının hiç bir sağlık sorununa neden olmayacağı belirtilmiştir (EVM, 2003). Çalışılan örneklerdeki Co derişimi bu örneklerden 1 kg yenmesi durumunda bile bu değerin çok altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Cr sonuçları 0,71-10,0 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Cr derişimi İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük değeri İskele köy girişinden alınan sarımsak örneğinde elde edildi. Gıda örneklerinde Cr için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 60 kg ağırlığındaki bir kişi için günlük 10 mg Cr alımının hiç bir sağlık sorununa neden olmayacağı belirtilmiştir (EVM, 2003). Çalışılan örneklerdeki Cr derişimi bu örneklerden 100 g yenmesi durumunda bile bu değerin altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Cu sonuçları 2,70-11,7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Cu derişimi İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük değeri Yolbaşı'ndan alınan soğan örneğinde elde edildi. Gıda örneklerinde Cu için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 60 kg ağırlığındaki bir kişi için günlük 10 mg Cu alımının hiç bir sağlık sorununa neden olmayacağı belirtilmiştir (EVM, 2003). Çalışılan örneklerdeki Cu derişimi bu örneklerden günde 100 g yenmesi durumunda bile bu değerin çok altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Fe sonuçları 21,7-959,0 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Fe derişimi Yolbaşı'ndan alınan turp örneğinde gözlenirken en düşük değeri İskele köy çıkışı Ispanak

örneğinde elde edildi. Gıda örneklerinde Fe için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 100 g Fe yenmesi durumunda öldürücü olacağı belirtilmiştir (EVM, 2003). Ancak bu kadar Fe miktarı ancak Fe vitamin ilaçlarından çok miktarda tüketilmesi sonucu alınabilir. Sebze örneklerindeki Fe miktarının fazla olması Fe'in insan sağlığı için bir çok faydasından dolayı önemlidir. Tablolar incelendiğinde Beğendikler'den alınan biber ve Yolbaşı'ndan alınan soğan ve marul örneklerinin Fe bakımından zengin olduğu sonucuna varıldı (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Mn sonuçları 2,55-60,8 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Mn derişimi Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük değeri İskele köy çıkışından alınan Ispanak örneğinde elde edildi. Gıda örneklerinde Mn için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 60 kg ağırlığındaki bir kişi için günlük alınabilecek Mn miktarı 12,2 mg olarak verilmiştir (EVM, 2003). Çalışılan örneklerdeki Mn miktarı bu örneklerden günde 100 g yenmesi durumunda bu değerin çok altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Ni sonuçları 1,33-46,7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Ni derişimi İskele köy çıkışından alınan sarımsak örneğinde gözlenirken en düşük değeri Yolbaşı'ndan alınan marul örneğinde elde edildi. Gıda örneklerinde Ni için bir sınır değeri verilmemiştir. Fakat ortalama 70 kg ağırlığındaki bir kişi için günlük alınabilecek Ni miktarı 0,85 mg olarak verilmiştir (EVM, 2003). Çalışılan örneklerdeki toplam Ni miktarlarına bakıldığında bu örneklerden günde 100 g yenmesi durumunda bazı örneklerde bu sınır değerin üstüne çıkılır. Fakat bu örneklere in-vitro gastrointestinal ekstraksiyon yöntemi uygulandığında bağırsak çözeltisinde çözünen nikel miktarının 100 g örnek için 0-0,24 mg aralığına düştüğü görüldü (Bkz. Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).



Buda çalışılan sebze örneklerinin yenmesi durumunda herhangi bir sağlığa zararının olmayacağını göstermektedir.

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Pb sonuçları 0,19-2,34 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Pb derişimi Beğendikler'den alınan biber örneğinde gözlenirken en düşük değer İskele köy girişinden alınan biber örneğinde elde edildi. Çeşitli sebzelerde tehlike yaratacak Pb sınır değer WHO tarafından 2 mg kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (WHO, 2011). Buna göre verilen tüm sebze örneklerindeki Pb derişimi bu sınır değerin altında bulundu (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın tarlalardan alınan sebze örneklerine mikrodalga bozundurma sistemi ile yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen Zn sonuçları 15,2-123,9 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. En yüksek Zn derişimi İskele köy çıkışından alınan sarımsak örneğinde gözlenirken en düşük değer Yolbaşı'ndan alınan soğan örneğinde elde edildi. Gıda rneklerinde Zn için bir sınır değer verilmemiştir. Günlük alınması tavsiye edilen çinko miktarı erkekler için 15 mg bayanlar için 12 mg olarak belirlenmiştir (EVM, 2003). Çalışılan rneklerdeki Zn derişimi bu örneklerden günde 100 g yenmesi durumunda bu değerin çok altındadır (bkz.Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55).

Bor madenlerine yakın yerleşim yerlerinden alınan sebze örneklerine yaş yakma yöntemi uygulanarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi istatistiksel olarak da yapıldı. Sebze rneklerinin analizinden bulunan toplam element derişimlerine Temel Bileşen Analizi uygulanarak sebze örnekleri ile eser elementler arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programı uygulanarak temel bileşen analizi ile faktör loading değerleri bulundu. Varimax rotasyonu uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük olan dört grup yani dört temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun % 40,8'ini, ikinci bileşen % 22,6'sını, 3. bileşen % 13,9'unu ve 4. bileşen % 10,17'sini içermektedir. Dört temel bileşen değerlendirildiğinde toplam

varyasyonun % 87,5 ini kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.43’de, faktör skor değerleri Tablo 13.44’de verildi.

**Tablo 13.43:** Sebze örneklerinde yaş yakma yöntemi ile bulunan bor ve diğer elementlerin arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
B	0,24	<b>0,93</b>	0,07	-0,14
Mn	0,21	<b>0,91</b>	-0,13	0,20
Fe	-0,20	-0,01	0,05	<b>0,92</b>
Ni	<b>0,69</b>	0,14	0,19	-0,57
Cu	-0,23	<b>0,52</b>	-0,71	-0,20
Zn	<b>0,83</b>	-0,22	-0,23	-0,24
As	<b>0,80</b>	0,40	0,38	-0,02
Cd	0,02	0,17	<b>0,87</b>	-0,02
Pb	<b>0,79</b>	0,31	0,15	-0,23
Cr	-0,10	0,29	-0,67	<b>0,55</b>
Co	<b>0,95</b>	0,21	0,09	0,01

Faktör loading değerlerinden eser elementler aşağıdaki şekilde gruplandı:

PC 1 : Ni, Zn, As, Pb, Co

PC 2 : B, Mn, Cu

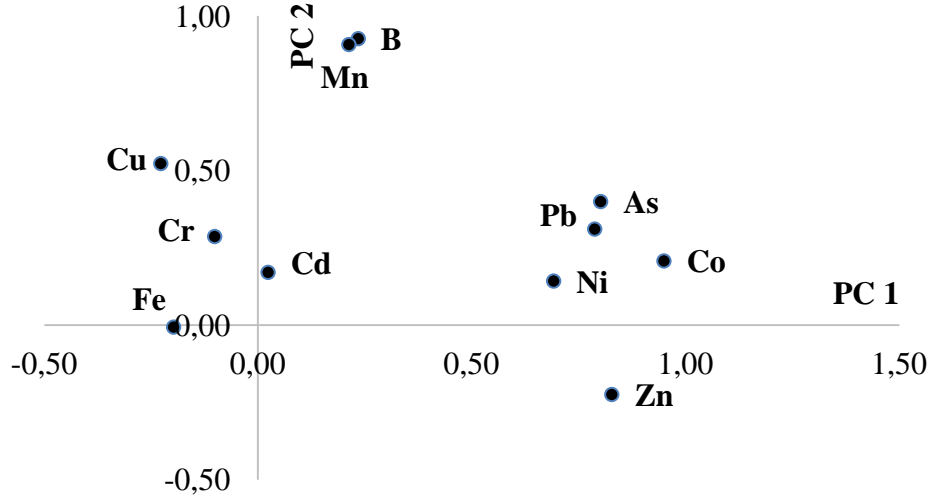
PC 3: Cd

PC 4: Fe, Cr

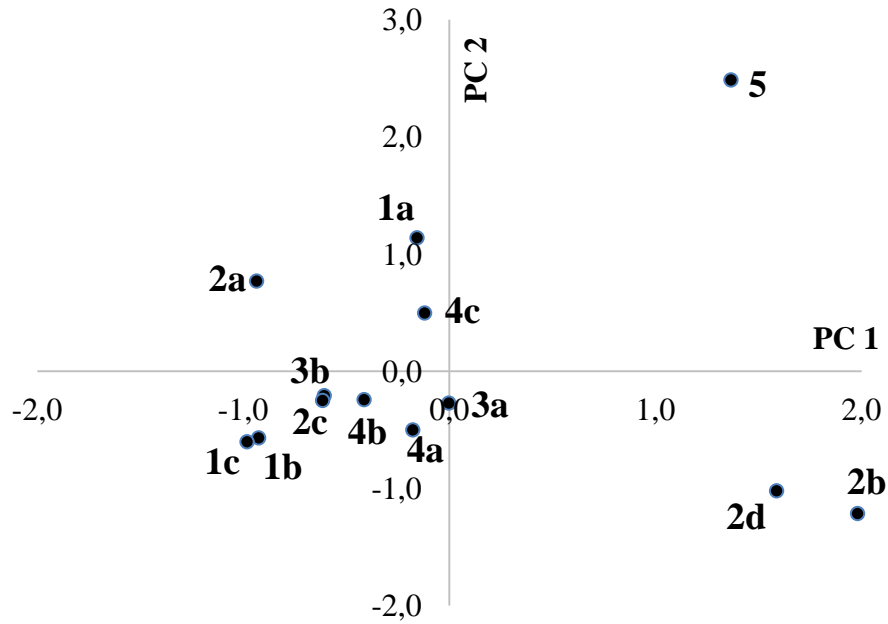
**Tablo 13.44:** Sebze örneklerinde yaş yakma yöntemi ile sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
İskele köy girişi lahana	-0,16	<b>1,14</b>	-1,92	<b>2,18</b>
İskele köy girişi biber	-0,93	-0,57	-0,67	-0,27
İskele köy girişi sarımsak	-0,98	-0,60	<b>0,92</b>	-0,67
İskele köy çıkışı marul	-0,94	<b>0,77</b>	-1,29	-1,27
İskele köy çıkışı sarımsak	<b>1,98</b>	-1,21	-0,74	-0,54
İskele köy çıkışı soğan	-0,61	-0,21	<b>0,95</b>	-0,71
İskele köy çıkışı ıspanak	<b>1,59</b>	-1,02	0,00	-0,54
Beğendikler biber	0,00	-0,27	-0,58	<b>1,26</b>
Beğendikler ıspanak	-0,62	-0,25	<b>1,19</b>	-0,63
Yolbaşı soğan	-0,18	-0,50	<b>0,62</b>	<b>1,77</b>
Yolbaşı marul	-0,41	-0,24	0,29	0,03
Yolbaşı turp	-0,12	0,50	-0,07	<b>1,89</b>
Yıldız nohut	<b>1,37</b>	<b>2,48</b>	<b>1,29</b>	-0,32

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek sebzelerdeki eser element iyonları ve toprak örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



Şekil 13.7: Sebzelerdeki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör loading grafiği.



Şekil 13.8: Sebzelerdeki eser elementlerin toplam derişimlerinin PC1-PC2 faktör skorları grafiği ((1a-İskele köy girişi lahana; 1b-İskele köy girişi biber; 1c-İskele köy girişi sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Begendikler biber; 3b-Begendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).

Yukarıdaki Şekil 13.7 ve Şekil 13.8’de görüldüğü gibi sebzelerdeki Ni, Zn, As, Pb, Co derişimleri en yüksek İskele köy çıkışından alınan sarımsak ve ıspanak

örneklerinde ve Yıldız'dan alınan nohut örneğinde olduğu ve Mn, B ve Cu derişimlerinin en yüksek Yıldız'dan alınan nohut, İskele köy girişinden alınan lahanaya örneğinde, İskele köy çıkışından alınan marul örneğinde ve Yolbaşı'ndan alınan turp örneğinde olduğu görüldü. Tablo 13.43 ve Tablo 13.44'de verilen PC3 skor ve faktör değerlerine bakıldığında Cd derişiminin en yüksek İskele köy girişinden alınan sarımsak, İskele köy çıkışından alınan soğan, Beğendikler'den alınan ıspanak, Yolbaşı'ndan alınan soğan ve Yıldız'dan alınan nohut örneklerinde olduğu görüldü. Tablo 13.43 ve Tablo 13.44'de verilen PC4 skor ve faktör değerleri ne bakıldığında Fe ve Cr derişiminin en yüksek İskele köy girişinden alınan lahanaya, Beğendikler'den alınan biber ve Yolbaşı'dan alınan soğan ve turp örneklerinde olduğu sonucuna varıldı.

### **13.8 Sebze Örneklerindeki Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin Değerlendirilmesi**

*In vitro* gastro intestinal ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar, her bir metal için sırasıyla değerlendirildi.

#### **13.8.1 Arseniğin Biyoerişilebilirliği**

Sebzelerde arsenik elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55'de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki As derişimi <LOD-0,26 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişi lahanaya örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Beğendikler biber örneğinde elde edildi. Bağırsak fazındaki As derişimi <LOD-0,29 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişinden alınan lahanada gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışı ıspanak, Beğendiklerden alınan biber örneklerinden elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.45) As elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam arseniğin bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği; en yüksek İskele köy girişi lahana örneğinde gözlenirken en düşük, İskele köy çıkışından alınan ıspanak ve Beğendikler'den alınan biber ve ıspanak örneklerinde elde edildi.

**Tablo 13.45:** Sebzelerde As elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	87,1	95,1
	Biber	78,5	44,8
	Sarımsak	87,0	73,2
İskele Köy Çıkışı	Marul	62,9	26,9
	Sarımsak	20,1	4,4
	Soğan	76,4	19,0
	İspanak	7,4	<LOD
Beğendikler	Biber	<LOD	<LOD
	İspanak	28,7	<LOD
Yol başı	Soğan	25,3	6,4
	Marul	38,5	55,6
	Turp	61,2	41,3
Yıldız	Nohut	10,7	19,8

### 13.8.2 Borun Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde bor elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki B derişimi 3,69-48,7 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı soğan örneğinde elde edildi. Bağırsak fazındaki B derişimi 5,29-113,8 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Beğendikler'den alınan biber örneğinden elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.46) B elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam borun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy girişinden alınan biber örneğinde gözlenirken en düşük Beğendiklerden alınan biber örneklerinden elde edildi.

**Tablo 13.46:** Sebzelerde B elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	30.6	67.8
	Biber	70.0	103.8
	Sarımsak	32.9	85.7
İskele Köy Çıkışı	Marul	28.8	42.2
	Sarımsak	38.1	46.2
	Soğan	62.0	98.0
	Ispanak	38.7	65.1
Beğendikler	Biber	63.3	16.3
	Ispanak	30.3	85.2
Yol başı	Soğan	22.0	33.5
	Marul	112.9	54.2
	Turp	13.7	37.9
Yıldız	Nohut	38.1	89.0

### 13.8.3 Kadmiyumun Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde kadmiyum elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cd derişimi <LOD-0,085 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy çıkışından alınan soğan örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışı marul ve ıspanak, Beğendikler biber, Yolbaşı`ndan alınan marul ve turp ve Yıldız`dan alınan nohut örneklerinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Cd derişimi <LOD-0,117 mg kg<sup>-1</sup> aralığında

değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek İskele köy girişi biber örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışı sarımsak, Beğendikler'den alınan ıspanak örneklerinden elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.47) Cd elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam kadmiyumun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy çıkışı soğan ve Yolbaşı'ndan alınan soğan ve turp örneklerinde gözlenirken en düşük, İskele köy çıkışı sarımsak, Beğendiklerden alınan ıspanak örneklerinden elde edildi.

**Tablo 13.47:** Sebzelerde Cd elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	94,1	97,1
	Biber	36,7	65,0
	Sarımsak	40,1	55,2
İskele Köy Çıkışı	Marul	<LOD	32,5
	Sarımsak	95,7	<LOD
	Soğan	116,8	106,8
	Ispanak	<LOD	66,8
Beğendikler	Biber	<LOD	28,8
	Ispanak	47,0	<LOD
Yol başı	Soğan	44,8	102,1
	Marul	<LOD	97,8
	Turp	<LOD	106,7
Yıldız	Nohut	<LOD	28,3

<LOD=Gözlenebilme sınırının altında.

#### 13.8.4 Kobaltın Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde kobalt elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide ve

bağırsak fazlarındaki Co derişimi bütün örnekler için gözlenebilme sınırlarının sınırlarının altında bulundu.

### **13.8.5 Kromun Biyoerişilebilirliği**

Sebzelerde krom elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cr derişimi <LOD-0,62 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Beğendikler biber örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişinden alınan sarımsak, İskele köy çıkışından alınan marul, sarımsak, soğan ve ıspanak, Yolbaşı'ndan alınan soğan, marul ve turp ve Yıldız'dan alınan nohut örneklerinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Cr derişimleri <LOD-0,11 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek İskele köy girişi lahana örneğinde gözlenirken diğer sebzelerde Cr derişimleri tayin sınırının altında bulundu.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.48) Cr elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam kromun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken diğer sebzelerde Cr derişimleri gözlenebilme sınırının altında bulundu.



**Tablo 13.48:** Sebzelerde Cr elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	1,2	90,5
	Biber	2,4	<LOD
	Sarımsak	<LOD	<LOD
İskele Köy Çıkışı	Marul	<LOD	<LOD
	Sarımsak	<LOD	<LOD
	Soğan	<LOD	<LOD
	Ispanak	<LOD	<LOD
Beğendikler	Biber	9,9	<LOD
	Ispanak	9,0	<LOD
Yol başı	Soğan	<LOD	<LOD
	Marul	<LOD	<LOD
	Turp	<LOD	<LOD
Yıldız	Nohut	<LOD	<LOD

<LOD=Gözlenebilme sınırının altında

### 13.8.6 Bakırın Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde bakır elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Cu derişimi 1,26-7,10 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy çıkışından alınan marul örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı`ndan alınan soğan örneğinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Cu derişimi <LOD-10,6 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik İskele köy girişi lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Yolbaşı`ndan alınan soğan örneğinde elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.48) Cu elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam bakırın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy

çıkışından alınan soğan örneğinde gözlenirken en düşük Yolbaşı'ndan alınan soğan örneğinde elde edildi.

**Tablo 13.49:** Sebzelerde Cu elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	54,1	90,4
	Biber	89,6	76,7
	Sarımsak	144,9	86,3
İskele Köy Çıkışı	Marul	64,0	40,7
	Sarımsak	100,2	30,8
	Soğan	92,9	106,0
	Ispanak	66,9	30,0
Beğendikler	Biber	65,7	43,7
	Ispanak	38,7	46,4
Yolbaşı	Soğan	46,7	<LOD
	Marul	55,7	16,9
	Turp	32,5	30,0
Yıldız	Nohut	68,9	55,6

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

### 13.8.7 Demirin Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde demir elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Fe derişimi <LOD-33,6 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Beğendikler'den alınan biber örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışından alınan marul, Yolbaşı'ndan alınan marul ve Yıldız'dan alınan nohut örneklerinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Fe derişimi 2,84-55,2 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışından alınan marul örneğinde elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.50) Fe elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam demirin bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük Beğendikler'den alınan biber örneğinde elde edildi.

**Tablo 13.50:** Sebzelerde Fe elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	5,4	32,9
	Biber	3,2	19,7
	Sarımsak	3,0	17,0
İskele Köy Çıkışı	Marul	<LOD	2,7
	Sarımsak	11,5	51,7
	Soğan	8,8	37,7
	Ispanak	5,2	15,6
Beğendikler	Biber	5,5	1,2
	Ispanak	1,2	3,0
Yol başı	Soğan	0,1	2,1
	Marul	<LOD	4,9
	Turp	0,2	1,6
Yıldız	Nohut	<LOD	69,5

<LOD=Gözlenebilme sınırının altında

### 13.8.8 Manganın Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde mangan elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Mn derişimi 2,30-26,8 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışından alınan ıspanak örneğinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Mn derişimi <LOD-46,1 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir.

Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Beğendikler'den alınan ıspanak örneğinde elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.51) Mn elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam manganın bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy girişinden alınan lahana ve İskele köy çıkışından alınan ıspanak örneklerinde gözlenirken en düşük, Beğendikler'den alınan ıspanak örneğinde elde edildi.

**Tablo 13.51:** Sebzelerde Mn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	65,1	112,2
	Biber	79,2	69,3
	Sarımsak	94,7	102,7
İskele Köy Çıkışı	Marul	14,8	22,7
	Sarımsak	49,9	58,7
	Soğan	83,6	91,9
	İspanak	90,4	117,1
Beğendikler	Biber	123,7	8,7
	İspanak	89,4	<LOD
Yol başı	Soğan	49,4	68,9
	Marul	72,6	29,5
	Turp	41,0	65,7
Yıldız	Nohut	36,2	57,2

<LOD=Gözlenebilme sınırının altında

### 13.8.9 Nikelin Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde nikel elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Ni

derişimi <LOD-1,66 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışından alınan marul ve ıspanak ve Beğendikler biber örneklerinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Ni derişimi <LOD-2,40 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik Yıldız'dan alınan nohut örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy çıkışından alınan marul, sarımsak ve ıspanak, Beğendikler'den alınan biber ve Yolbaşı'ndan alınan marul örneklerinde elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.52) Ni elementinin her bir sebze rneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam nikelin bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek Yolbaşı'ndan alınan turp örneğinde gözlenirken en düşük İskele köy çıkışından alınan marul, sarımsak ve ıspanak, Beğendikler'den alınan biber ve Yolbaşı'ndan alınan marul örneklerinde elde edildi.

**Tablo 13.52:** Sebzelerde Ni elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Giriş	Lahana	14,5	18,3
	Biber	28,9	24,9
	Sarımsak	3,6	3,3
İskele Köy ıkışı	Marul	<LOD	<LOD
	Sarımsak	0,5	<LOD
	Soğan	3,4	3,2
	Ispanak	<LOD	<LOD
Beğendikler	Biber	<LOD	<LOD
	Ispanak	1,3	1,1
Yol baş	Soğan	16,6	10,9
	Marul	75,9	<LOD
	Turp	42,2	45,0
Yıldız	Nohut	2,3	5,3

<LOD= Gözlenebilme sınırının altında

### 13.8.10 Kurşunun Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde kurşun elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Pb derişimi <LOD-2,3 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Beğendikler`den alınan biber örneğinde gözlenirken diğer sebzelerde Pb derişimi gözlenebilme sınırlarının altında bulundu. Bağırsak fazındaki Pb derişimi <LOD-1,01 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik Beğendikler`den alınan biber örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik İskele köy girişinden alınan biber, İskele köy çıkışından alınan marul, sarımsak, soğan ve ıspanak, Beğendikler`den alınan ıspanak ve Yolbaşı`ndan alınan marul ve turp ve Yıldız`dan alınan nohut örneklerinde elde edildi.

Aşğıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.53) Pb elementinin her bir sebze rneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam kurşunun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği; en yüksek İskele köy girişinden alınan sarımsak örneğinde gözlenirken en düşük, İskele köy girişinden alınan biber, İskele köy çıkışından alınan marul, sarımsak, soğan ve ıspanak, Beğendikler`den alınan ıspanak ve Yolbaşı`ndan alınan marul ve turp ve Yıldız`dan alınan nohut örneklerinde elde edildi.

**Tablo 13.53:** Sebzelerde Pb elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	<LOD	6,13
	Biber	<LOD	<LOD
	Sarımsak	<LOD	89,0
İskele Köy Çıkışı	Marul	<LOD	<LOD
	Sarımsak	<LOD	<LOD
	Soğan	<LOD	<LOD
	Ispanak	<LOD	<LOD
Beğendikler	Biber	98,3	43,3
	Ispanak	<LOD	<LOD
Yol başı	Soğan	<LOD	9,2
	Marul	<LOD	<LOD
	Turp	<LOD	<LOD
Yıldız	Nohut	<LOD	<LOD

<LOD= Tayin sınırının altında

### 13.8.11 Çinkonun Biyoerişilebilirliği

Sebzelerde çinko elementinin mide ve bağırsak fazlarındaki biyoerişilebilirliği Tablo 12.43, Tablo 12.44; Tablo 12.45; Tablo 12.46; Tablo 12.47; Tablo 12.48; Tablo 12.49; Tablo 12.50; Tablo 12.51; Tablo 12.52; Tablo 12.53; Tablo 12.54 ve Tablo Tablo 12.55`de verilen sonuçlardan değerlendirildi. Mide fazındaki Zn derişimi <LOD-26,2 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Mide fazına geçen en yüksek derişim Yolbaşı`ndan alınan marul örneğinde gözlenirken en düşük derişim İskele köy çıkışından alınan marul örneğinde elde edildi. Bağırsak fazındaki Zn derişimi <LOD-24,8 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değişmektedir. Bağırsak fazına geçen en yüksek biyoerişilebilirlik İskele köy girişinden alınan lahana örneğinde gözlenirken en düşük biyoerişilebilirlik Beğendikler`den alınan ıspanak örneğinde elde edildi.

Aşağıdaki tabloda (bkz.Tablo:13.54) Zn elementinin her bir sebze örneği için mide ve bağırsak fazına geçen yüzde oranları verildi. Buna göre sebzelerdeki toplam çinkonun bağırsak fazına geçen yüzde biyoerişilebilirliği en yüksek İskele köy

girişinden alınan biber örneğinde gözlenirken en düşük Beğendikler'den alınan ıspanak örneğinde elde edildi.

**Tablo 13.54:** Sebzelerde Zn elementinin yüzde biyoerişilebilirlik değerleri.

Yer	Sebze	%BE Mide	%BE Bağırsak
İskele Köy Girişi	Lahana	25,9	45,2
	Biber	98,6	66,6
	Sarımsak	62,7	62,9
İskele Köy Çıkışı	Marul	0,0	53,6
	Sarımsak	12,1	13,8
	Soğan	10,7	9,2
	Ispanak	4,7	7,2
Beğendikler	Biber	57,8	8,0
	Ispanak	14,6	<LOD
Yol başı	Soğan	61,3	50,9
	Marul	66,7	42,2
	Turp	6,3	21,7
Yıldız	Nohut	25,6	33,1

### 13.8.12 *In Vitro* Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Mide Fazında Çözünebilen Sebzelerdeki Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Temel bileşen analizi uygulanarak mide fazına geçen eser elementler arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programını kullanarak temel bileşen analizi ile faktör loading değerleri bulunmaya çalışıldı. Varimax rotasyonu uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük olan üç grup yani üç temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun % 36,1'ini, ikinci bileşen % 23,7'sini ve 3. bileşende % 15,1'ini içermektedir. Üç temel bileşen değerlendirildiğinde toplam varyasyonun % 74,9'unu kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.55'de, faktör skor değerleri Tablo 13.56'da verildi.



**Tablo 13.55:** Sebze örneklerinde mide fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3
B	<b>0,62</b>	0,09	0,12
Mn	<b>0,90</b>	0,33	0,15
Fe	0,07	<b>0,97</b>	0,00
Ni	<b>0,76</b>	-0,39	-0,40
Cu	0,17	<b>0,94</b>	0,26
Zn	<b>0,69</b>	0,45	0,13
As	<b>0,65</b>	-0,30	0,61
Cd	-0,13	-0,14	-0,44
Ba	-0,06	0,08	<b>0,88</b>

Faktör loading değerlerinden elementler aşağıdaki şekilde gruplandı:

PC 1 : B, Mn, Ni, Zn, As

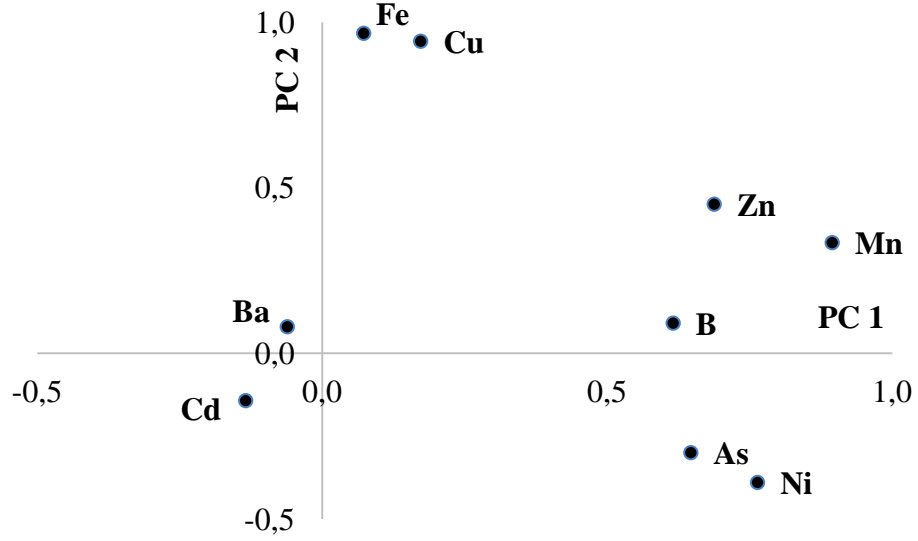
PC 2 : Fe, Cu

PC 3: Ba

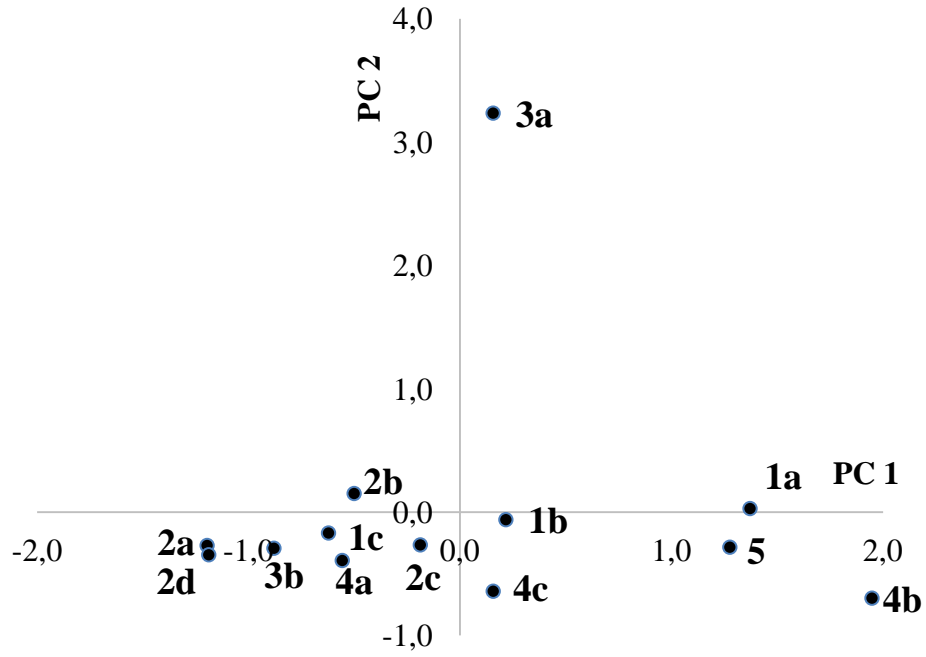
**Tablo 13.56:** Mide fazında çözümlenen sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

	PCA1	PCA2	PCA3
İskele köy girişi lahana	<b>1,37</b>	0,03	-1,23
İskele köy girişi biber	0,22	-0,06	-1,42
İskele köy girişi sarımsak	-0,62	-0,17	-0,08
İskele köy Çıkışı marul	-1,20	-0,27	<b>1,17</b>
İskele köy Çıkışı Sarımsak	-0,50	0,15	-0,46
İskele köy Çıkışı Soğan	-0,19	-0,27	0,29
İskele köy Çıkışı ıspanak	-1,19	-0,35	<b>0,61</b>
Beğendikler biber	0,16	<b>3,24</b>	0,48
Beğendikler ıspanak	-0,88	-0,29	-0,03
Yolbaşı soğan	-0,56	-0,39	-0,54
Yolbaşı marul	<b>1,95</b>	-0,70	<b>2,29</b>
Yolbaşı turp	0,16	-0,64	-0,35
Yıldız nohut	<b>1,28</b>	-0,28	-0,73

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek mide fazına geçen bor ve diğer eser elementler ve sebze örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



**Şekil 13.9:** Sebzelerdeki elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği.



**Şekil 13.10:** Sebzelerdeki elementlerin mide fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1a-İskele köy girişi lahana; 1b-İskele köy girişi biber; 1c-İskele köy girişi sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Beğendikler biber; 3b-Beğendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).

Yukarıdaki Şekil 13.9 ve Şekil 13.10 karşılaştırıldığında mide fazındaki Fe ve Cu derişimleri en yüksek Beğendikler'den alınan biber örneğinde, B, Mn, Ni, Zn, As derişimlerinin ise İskele köy girişinden alınan lahana, Yolbaşı'ndan alınan marul ve Yıldız'dan alınan nohut örneklerinde olduğu görüldü. Tablo 13.55 ve Tablo 13.56'da verilen PC3 skor ve faktör değerleri ne bakıldığında Ba derişiminin en yüksek İskele Köy çıkışından alınan marul ve ıspanak ve Yolbaşı'ndan alınan marul örneğinde olduğu sonucuna varıldı.

### 13.8.13 *In Vitro* Gastro İntestinal Ekstraksiyon Yöntemi İle Bağırsak Fazında Çözünebilen Eser Elementlerin Biyoerişilebilirliklerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Temel bileşen analizi uygulanarak bağırsak fazına geçen eser elementlerin iyonları arasında ilişki kurulmaya çalışıldı. SPSS programını kullanarak temel bileşen analizi ile faktör loading değerleri bulundu. Varimax rotasyonu uygulanarak Eigen değerleri 1'den büyük olan iki grup yani iki temel bileşen elde edildi. İlk bileşen toplam varyasyonun % 54,0'ını ve ikinci bileşen %17,9'unu içermektedir. İki temel bileşen değerlendirildiğinde toplam varyasyonun % 71,9'unu kapsamaktadır. Elde edilen her bir bileşen için hesaplanan faktör loading değerleri Tablo 13.57'de, faktör skor değerleri Tablo 13.58'de verildi.

**Tablo 13.57:** Sebze örneklerinde bağırsak fazında çözünen elementler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör loading değerleri.

	PC 1	PC 2
B	<b>0,69</b>	-0,04
Mn	<b>0,96</b>	-0,02
Fe	<b>0,88</b>	0,19
Ni	<b>0,92</b>	-0,18
Cu	<b>0,73</b>	0,22
Zn	<b>0,71</b>	0,08
As	<b>0,85</b>	-0,03
Cd	0,22	<b>0,86</b>
Ba	-0,15	<b>0,87</b>

Faktör loading değerlerinden elementler aşağıdaki şekilde gruplandı:

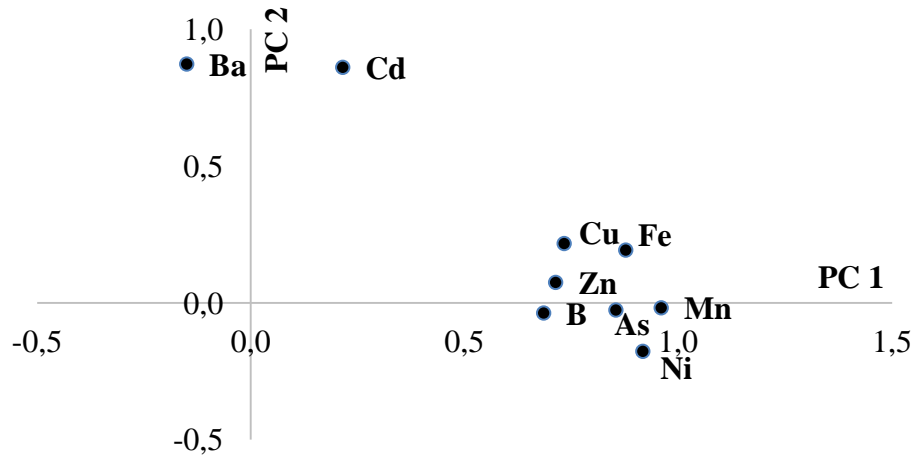
PC 1 : B, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As

PC 2 : Cd, Ba

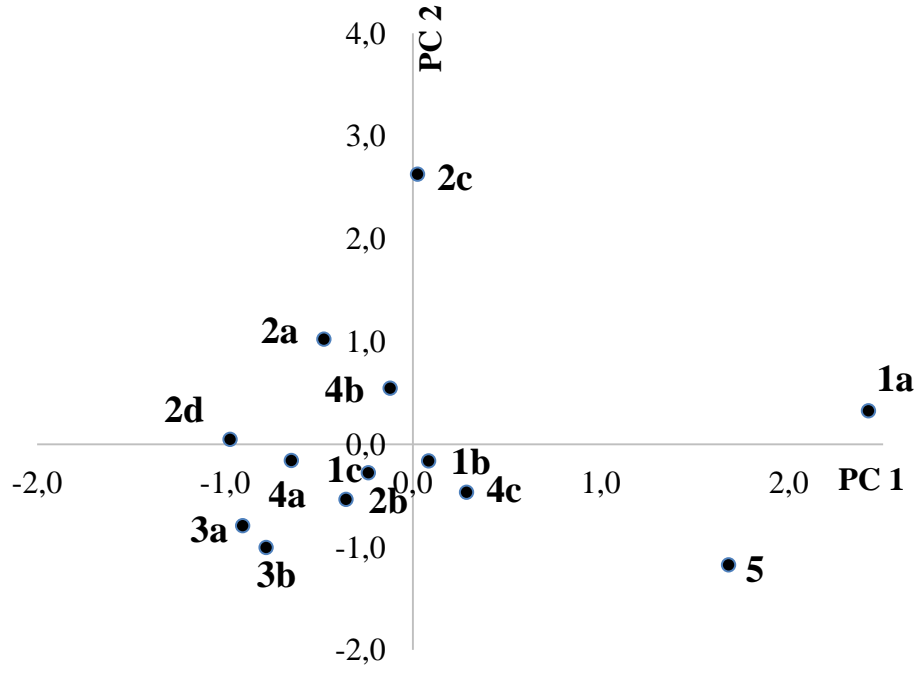
**Tablo 13.58:** Bağırsak fazında çözüldürülen sebzeler arasındaki ilişkiyi gösteren faktör skor değerleri.

	PC 1	PC 2
İskele köy girişi lahana	<b>2,42</b>	0,33
İskele köy girişi biber	0,08	-0,16
İskele köy girişi sarımsak	-0,24	-0,28
İskele köy Çıkışı marul	-0,47	<b>1,02</b>
İskele köy Çıkışı Sarımsak	-0,36	-0,54
İskele köy Çıkışı Soğan	0,02	<b>2,63</b>
İskele köy Çıkışı ıspanak	-0,97	0,05
Beğendikler biber	-0,91	-0,79
Beğendikler ıspanak	-0,78	-1,00
Yolbaşı soğan	-0,65	-0,16
Yolbaşı marul	-0,12	<b>0,55</b>
Yolbaşı turp	0,29	-0,47
Yıldız nohut	<b>1,68</b>	-1,17

Bu değerlendirme ile elde edilen faktör loading ve faktör skor değerleri grafiğe geçirilerek mide fazına geçen bor ve diğer eser elementler ve sebze örnekleri arasındaki ilişki grafiksel olarak da gösterildi.



**Şekil 13.11:** Sebzelerdeki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör loading grafiği.



**Şekil 13.12:** Sebzelelerdeki elementlerin bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlikleri için PC1-PC2 faktör skorları grafiği (1a-İskele köy girişi lahana; 1b-İskele köy girişi biber; 1c-İskele köy girişi sarımsak; 2a-İskele köy Çıkışı marul; 2b-İskele köy Çıkışı Sarımsak; 2c-İskele köy Çıkışı Soğan; 2d-İskele köy Çıkışı ıspanak; 3a-Begendikler biber; 3b-Begendikler ıspanak; 4a-Yolbaşı soğan; 4b-Yolbaşı marul; 4c-Yolbaşı turp; 5-Yıldız nohut).

Yukarıda verilen Şekil 13.11 ve Şekil 13.12’de görüldüğü gibi bağırsak fazındaki B, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As derişimleri en yüksek İskele köy girişinden alınan lahana ve Yıldız’dan alınan nohut örneğinde, Ba ve Cd derişimlerinin ise İskele köy Çıkışından alınan soğan ve marul, Yolbaşı’ndan alınan marul örneklerinde olduğu sonucuna varıldı.

## 14. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bor madenlerine yakın ve uzak olan bölgelerden alınan toprak örneklerine ve referans toprak örneğine ve bor madenlerine yakın olan köylerden alınan topraklarda yetişen sebze örneklerine ve referans sebze örneğine uygulanan yöntemlerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

1. Standart referans toprak ve sebze örnekleri ile yapılan analizler, elementlerin ICP-OES ve ICP-MS teknikleri ile derişimlerinin belirlenmesinde yapılan toprak ve sebze örneklerindeki analizlerin ve uygulanan yöntemlerin doğruluğunu göstermiştir.

2. Bor madenlerinden uzak bölge olan Havran'dan alınan topraklardaki toplam Mn, Fe, Cu, Co, Cr, Pb derişimleri bor madenlerine yakın olan topraklarınkinden daha yüksek bulundu.

3. Bor madenlerine yakın olan bölgelerden alınan topraklardaki B derişimleri bor madenlerine uzak olan topraklardan daha yüksektir.

4. Bor madenlerine yakın olan bölgelerden alınan topraklar içinde en yüksek element derişimleri genel olarak Yıldız'dan alınan toprak örneğinde elde edildi. Yıldız'dan alınan nohut örneğinde de aynı şekilde element derişimlerinin diğer sebzelere göre yüksek olması topraktaki kirliliğin sebzedeki element derişimlerini arttırdığını göstermektedir.

5. Havran-1 toprağı hariç diğer bütün topraklarda As değerleri kirlilik sınır değerlerinin üstünde çıkmıştır. Ba değerleri İskele köy girişinden ve Yolbaşı'ndan alınan topraklar hariç diğerlerinde Ba için verilen sınırın üstünde çıkmıştır. Havran'dan alınan üç örnekteki Co derişimleri sınır değerinin üstündedir. Son olarak Havran-3 toprağındaki Cr ve Ni derişimleri sınır değerlerin üstünde elde edilmiştir. Yalnızca Yıldız'dan alınan toprak örneğindeki bor derişimi ortalama bor üst sınırı olarak verilen  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  ün üzerinde fakat insan sağılığı için tehlike oluşturan üst sınır olan  $3000 \text{ mg kg}^{-1}$ 'den çok düşük bulunmuştur.

6. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemleri uygulanarak bulunan B ve diğer element derişimlerinin birbirine yakın olduğu görüldü.

7. Yaş yakma, BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile bulunan topraklardaki toplam element derişimleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacı ile tek yönlü ANOVA testi uygulandı. Bu yöntemler ile bulunan elementlerin toplam derişimleri arasında % 95 güven seviyesinde anlamlı bir farkın olmadığı sonucuna varıldı.

8. Her bir eser element için BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yöntemi ile toprağın farklı fazlarına geçen eser element derişimlerine bağılı olarak BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ekstraksiyon yönteminin fazları arasındaki ilişki çoklu varyans analizi (MANOVA) ile yapıldı. BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi ve Alternatif ardışık ekstraksiyon yönteminin farklı fazları ile ekstrakte edilen B, Ba ve Pb elementleri arasında p değerlerinin 0,05'den büyük olması nedeni ile anlamlı farkın olmadığı diğer elementler için ise bu değer 0,05'den küçük olduğu için bu fazlar arasında anlamlı fark olduğu görüldü.

9. Tukey testi uygulanarak anlamlı fark olan elementlerin hangi fazlar arasında anlamlı fark olduğu bulundu. Farklı olan elementler için en yüksek değerler As için Alt 6 adımı ile, Cd için Alt 5, Co için BCR 2 adımı ile, Cr için Alt 4 adımı ile, Cu için BCR 2 adımı ile, Fe için Alt 4 ve Alt 6 adımları ile, Mn için BCR 2 adımı ile ve Zn için BCR 2 adımı ile elde edildi.

10. Sebze örneklerinin yaş yakma yöntemi ve *In Vitro* gastrointestinal ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilen element derişimleri her bir element için verilen sınır değerleri ile karşılaştırıldığında bu sebzelerin yenmesi durumunda insan sağlığı için bir zararın olmadığı sonucuna varıldı.

11. Toprak ve sebze örneklerine Temel Bileşen Analizi uygulandığında B elementinin her iki örnek için de As ile aynı grupta olduğu görüldü. Bu da bu iki elementin benzer özellikler gösterdiği sonucuna varıldı.

12. Bor madenine yakın olan Yıldız bölgesinden alınan topraklarda B, As ve Cd derişimlerinin yüksek olduğu görüldü.

**13.**İskele Köy Girişi, Yıldız ve Havran topraklarında Ni ve Zn elementlerin derişimlerinin oldukça yüksek olduğu gözlemlendi.

**14.** Toprakların yenilmesi durumunda mide fazındaki elementlerin derişimlerine bakıldığında; Yıldız toprağında B, ve As derişimlerinin, Havran-3 toprağında Mn, Fe, Co ve Ba derişimlerinin yüksek olduğu gözlemlendi. Ni elementinin en fazla İskele Köy Girişi ve Beğendikler topraklarının yenmesi durumunda mide fazında olduğu sonucuna varıldı.

**15.** Toprakların yenilmesi durumunda bağırsak fazındaki elementlerin derişimlerine bakıldığında; Yıldız toprağında B, Ba ve As derişimlerinin, Bor madenine uzak olan Havran-3 toprağında Mn, Fe, Co ve Cu derişimlerinin, İskele Köy Girişinde Cr ve Ni derişimlerinin, Havran -1 toprağında Cd'nin yüksek olduğu gözlemlendi.

**16.**Sebzelerdeki toplam element derişimleri değerlendirildiğinde, İskele köy çıkışından alınan sarımsak ve ıspanak örneklerinde ve Yıldız'dan alınan Nohut örneklerinde Zn, Ni, As, Pb, Co derişimlerinin yüksek olduğu gözlemlendi. Yıldız'dan alınan nohut, İskele köy Girişinden alınan Lahana, İskele köy çıkışından alınan Marul ve Yolbaşından alınan turp örneğinde Mn, B ve Cu derişimlerinin yüksek olduğu görüldü. İskele Köy girişi Sarımsak, İskele Köy Çıkışı Soğan, Beğendikler Ispanak, Yolbaşı Soğan ve Yıldız'dan alınan nohut örneklerinde Cd derişiminin yüksek olduğu gözlemlendi. İskele Köy girişi Lahana, Beğendikler Biber, Yolbaşından alınan Turp ve Soğan örneklerinde Fe, Cu derişimlerinin yüksek olduğu görüldü.

**17.**Sebze Örnekleri yenildiğinde mide fazındaki elementlerin derişimleri değerlendirildiğinde, Beğendikler biber örneğinde Fe, Cu derişimlerinin, İskele Köy Girişi Lahana, Yolbaşı Marul ve Yıldız Nohut örneğinde B, Mn, Ni, Zn, As derişimlerinin, İskele Köy Çıkışı Marul, Ispanak ve Yolbaşından alınan Marul örneklerinde Ba derişiminin yüksek olduğu gözlemlendi.

**18.**Sebze Örnekleri yenildiğinde bağırsak fazındaki elementlerin derişimleri değerlendirildiğinde; İskele Köy Girişinden alınan lahana, Yıldız'dan alınan Nohut örneğinde B, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As derişimlerinin, İskele köy Çıkışından alınan Soğan, Marul, Yolbaşında alınan Marul örneklerinde Ba ve Cd derişiminin yüksek olduğu gözlemlendi.



## 15. KAYNAKLAR

Ahmadipour, F., Bahramifar, N. and Ghasempouri, S.M. (2014). Fractionation and mobility of cadmium and lead in soils of Amol area in Iran, using the modified BCR sequential extraction method. *Chemical Speciation and Bioavailability*,26(1),31-36.

ATSDR (Agency For Toxic Substances and Disease Registry.). (1992). Toxicological profile for boron. *U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, CAS (7440-42-8)*.

Aktan, C.C. ve Vural, İ.Y. (2004). *Globalleşme, Fırsat mı, Tehdit mi?*. İstanbul:Zaman Kitap.

Albayrak, A.S., Eroğlu, A., Kalaycı, Ş., Kayış, A. ve Öztürk, E. (2005). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. Ankara:Asil Yayıncılık, 131-140.

Apaydın, A. (2005). Sanayiden Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Araştırılması: Samsun-Tekkeköy Bölgesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara.

Aydın, Z. (2002). Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi(BCR) Kullanarak Cadde Tozlarında ve Tarım Arazilerinde Bulunan Ağır Metallerin Alevli AAS ve Taramalı Elektron Mikroskobu ile Tayini. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, Kayseri.

Bayram, N. (2004). *Sosyal Bilimlerde SPSS ile Veri Analizi*, Bursa: Ezgi Kitap Evi, 131.

Baytak, S. (2003). Mn(II), Co(II), Fe(III) ve Cr(III) iyonlarının mikroorganizma tutturulmuş Amberlit XAD-4 kullanılarak katı faz özütlemeye tekniği ile zenginleştirme şartlarının araştırılması ve alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi ile tayini. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

BOREN. (2010 arşiv). <http://www.boren.gov.tr/tr/duyuru/bor-ve-insan>

Boros, K., Fortin, D., Jayawardene, I., Chénier, M., Levesque C. and Rasmussen. P.E. (2017). Comparison of Gastric versus Gastrointestinal PBET Extractions for Estimating Oral Bioaccessibility of Metals in House Dust. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 14-92, 1-12.

Burger, J. and Gochfeld, M. (2006). Locational differences in heavy metals and metalloids in Pacific Blue Mussels *Mytilus [edulis] trossulus* from Adak Island in the Aleutian Chain, Alaska. *Science of The Total Environment*, 368 (2-3), 937-950.

Cantürk, M. (2002). TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi. [www.biltek.tubitak.gov.tr/merakettikleriniz](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merakettikleriniz)

Cao, L., Tian, H., Yang, J., Shi, P., Lou, Q., Waxi, L., Ni, Z. and Peng, X. (2015). Multivariate Analyses and Evaluation of Heavy Metals by Chemometric BCR Sequential Extraction Method in Surface Sediments from Lingdingyang Bay, South China. *Sustainability*, 7, 4938-4951.

Cappuyns, V., Swennen, R. and Niclaes, M. (2007). Application of BCR sequential extraction scheme to dredged pond sediments contaminated by Pb-Zn mining: A combined geochemical and mineralogical approach. *Journal of Geochemical Exploration*, 93, 78.

Çepel, N. (1997). *Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar*, 14, İstanbul:TEMA vakfı yayınları, 31.

Çevre ve Orman Bakanlığı (2005), *Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm>.

Chen, L.J., Zhu, M.X., Yang, G.P. and Huang, X.L. (2013). Reductive reactivity of iron(III) oxides in the east china sea sediments: characterization by selective extraction and kinetic dissolution. *PLOS One*, 8(11), e80367. doi: 10.1371/journal.pone.0080367. eCollection 2013.

Da Silva, E.N., Heerdt, G., Cidade, M., Pereira, C.D., Morgon, N.H. and Cadore, S. (2015). Use of *in vitro* digestion method and theoretical calculations to evaluate the bioaccessibility of Al, Cd, Fe and Zn in lettuce and cole by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 119, 152–158.

Davidson, C.M., Duncan, A.L., Littlejohn, D., Ure, A.M. and Garden, L.M. (1998). A critical evaluation of the three-stage BCR sequential extraction procedure to assess the potential mobility and toxicity of heavy metals in industrially-contaminated land. *Anal. Chim. Acta.*, 363, 45.

Department Environment and Conversation (2010), *Assessment levels for Soil, Sediment and Water, Contaminated Sites Management Series*, <http://www.esdat.net/Environmental%20Standards/Australia/WA/Assessment%20Levels%20-%202010.pdf>.

Doğan, M. ve Soylak, M. (2000). *Su Kimyası*. (No:120), Kayseri:Erciyes Üniversitesi yayınları, 80.

EFSA (European Food Safety Authority). (2004). Scientific Opinion of the Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Boron (Sodium Borate and Boric Acid). *The EFSA Journal*, 80, 1–22.

ETİMADEN İşletmeleri Genel Müdürlüğü. (2017). <http://www.etimaden.gov.tr>

EVM (Expert Group on Vitamins and Minerals). (2003) *Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals*, 180. <https://cot.food.gov.uk/sites/default/files/vitmin2003.pdf>.

Filgueiras, A.V., Lavilla, I. and Bendicho, C. (2002). Comparison of conventional and fast thermal programme approaches for determination of total and extractable Cd in sediments by electrothermal atomic absorption spectrometry following sequential extraction. *Anal. Chim. Acta*, 466, 303.

Fish and Wildlife service (1990), *Evaluating Soil Contamination*, Biological Report 90(2), [https://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/others/FWS\\_Bio\\_Rep\\_90-2.pdf](https://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/others/FWS_Bio_Rep_90-2.pdf)

Gilmore, E.A. and Evans, G.J. (2001). Radiochemical assessment of readsorption and redistribution of lead in the SM&T sequential extraction procedure. *Anal. Chim. Acta*, 439, 139.

Golia, E.E., Tsiropoulos, N.G., Dimirkou, A. and Mitsios, I. (2007). Distribution of heavy metals of agricultural soils of central Greece using the modified BCR sequential extraction method. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*, 87, 1053–1063.

Gregory, S. and Kelly, N.D. (1997). Boron: A review of its nutritional interactions and therapeutic uses. *Alternative Medicine Review*, 2(1), 48-56.

Gültekin, A. (2004). Ardışık Ekstraksiyon Yöntemi Kullanarak Tarım Topraklarında Yetişen Sebze Örnekleri Tarafından Ağır Metal Alınabilirliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, Kayseri.

Hinds, M.W., Jockson, K.W. and Newman, A.P. (1985). Electrothermal Atomisation AAS with the Direct Introduction of Slurries Determination of Trace Metals in Soil. *Analyst*, 110, 947.

Ho, S.B. (2000). Boron deficiency of crops in Taiwan. *Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University*. 106: 1-15.

İsen, H. (2011). Sakarya D-100 karayolu cadde tozlarında bazı ağır metallerin ardışık ekstraksiyon yöntemi (BCR) ile tayini. Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Jin, Z.F., Zhang, Z.J., Zhang, H., Liu, C.Q. and Li, F.L. (2015). Assessment of lead bioaccessibility in soils around lead battery plants in East China. *Chemosphere*, 119, 1247–1254.

Kacar, B. ve Katkat, A.V. (1998). Bitki *Besleme*, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı:Vıpaş Yayınları, 441s.

Kafaoğlu, B. (2012). Bazı kuruyemişlerdeki ağır metal içeriklerinin ve biyoerişilebilirliklerinin kemometrik olarak değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, Balıkesir.

Kafaoğlu, B., Fisher, A., Hill, S. and Kara, D. (2014). Chemometric evaluation of trace metal concentrations in some nuts and seeds. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31, No. 9, 1529–1538.

Kafaoğlu, B., Fisher, A., Hill, S. and Kara, D. (2016). Determination and evaluation of element bioaccessibility in some nuts and seeds by in-vitro gastrointestinal method. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 58–65.

Kalaycı, ř. (2005). *SPSS uygulamalı ok değişkenli istatistik teknikleri*. Asil yayın değitim Ltd. şti.

Kara, D., Özsavaşcı C. and Alkan, M. (1997).Investigation of suitable digestion methods for the determination of total phosphorus in soils. *Talanta*, 44, 2027-2032.

Kara, D. and Alkan, M. (2001). Selective preconcentration, separation and speciation of ferric iron in different samples using N, N'- bis (2-hydroxy-5-bromo-benzyl)1,2- diaminopropane. *Talanta*, 55, 415-423.

Kara, D., Fisher, A.S. and Hill, S.J. (2005). Pre-concentration and Determination of Trace Elements with 2,6 diacetylpyridine functionalized Amberlite XAD-4 by Flow Injection and Atomic Spectroscopy. *Analyst*, 130, 1518-1523.

Karadaş, C. (2008). Balya İlçesi ve Yakın Köylerindeki Toprak Kirliliğinin Çocuklar Üzerine Etkisinin İn Vitro Gastrointestinal Ekstraksiyon Yöntemi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı*, Balıkesir.

Karadaş, C. and Kara D. (2012). Chemometric evaluation for the relation of BCR sequential extraction method and *in vitro* gastro-intestinal method for the assessment of metal bioavailability in contaminated soils in Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 19, 1280–1295.

Karadaş, C. and Kara D. (2011). *In vitro* gastro-intestinal method for the assessment of heavy metal bioavailability in contaminated soils. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 18, 620–628.

Kartal, Ş., Aydın, Z. and Tokalıoğlu, Ş. (2006). Fractionation of metals in street sediment samples by using the BCR sequential extraction procedure and multivariate statistical elucidation of the data. *Journal of Hazardous Materials*, 132, 80.

Koch, I., Moriarty, M., House, K., Sui, J., Cullen, W.R., Saper, R.B. and Reimer, K.J. (2011). Bioaccessibility of lead and arsenic in traditional Indian medicines. *Science of the Total Environment*, 409, 4545–4552.

Li, S.W., Sun, H.J., Li, H.B., Luo, J. and Ma, L.Q. (2016). Assessment of cadmium bioaccessibility to predict its bioavailability in contaminated soils. *Environment International*, 94, 600–606.

Martin, R., Sanchez, D.M. and Gutierrez, A.M. (1998). Sequential extraction of U, Th, Ce, La and some heavy metals in sediments from Ortigas river, Spain. *Talanta*, 46, 1115.

Mccoy, H., Kenney, M.A., Montgomery, C., Irwin, A., Williams, L. and Orrell, R. (1994). Relation of boron to the composition and mechanical properties of bone. *Environ Health Perspect*, 102( Suppl 7), 49-53.

McDougall, G. J., Dobson, P., Smith, P., Blake, A. and Stewart, D. (2005). Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an *in vitro* digestion system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5896–5904.

Mester, Z., Cremisini, C., Ghiara, E. and Morabito, R. (1998). Comparison of two sequential extraction procedures for metal fractionation in sediment samples. *Anal. Chim. Acta.*, 359, 133.

Moreno, J.L., Navarro, C. and De las Heras, J. (October 2006). Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: Reference conditions and pollution. *Environmental Pollution*, Volume 143, (Issue 3), 388-396.

Mossop, K.F. and Davidson, C.M. (2003). Comparison of original and modified BCR sequential extraction procedures for the fractionation of copper, iron, lead, manganese and zinc in soils and sediments. *Analytica Chimica Acta*, 478, 111.

Murray, F.J. (1998). A human health assessment of boron, *Biol Trace Elem Res*, 66, 331-341.

Naghii, M.R., Lyons, P.M. and Samman, S. (1996). The boron content of selected foods and the estimation of its daily intake among free-living subjects. *J Amer Col Nutr*, 15, 614-619.

Nehir El, S. Gıda bileşenlerinin beslenme açısından önemi. [http://food.ege.edu.tr/files/dersler/beslenme/2016\\_beslenme\\_ders%20notu.pdf](http://food.ege.edu.tr/files/dersler/beslenme/2016_beslenme_ders%20notu.pdf) Sayfa 64.

Nielsen, FH., Hunt, C.D., Mullen, LM. and Hunt, JR. (1987). Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *FASEB J*, 1(5), 394-7.

Nielsen, FH. (1994). Biochemical and physiologic consequences of boron deprivation in humans. *Environ Health Perspec*, 102 (Suppl 7), 59-63.

Nişli, G. ve Ertaş, F.N. (2001). *Eser Analiz Yaz Okulu*. İzmir:Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 2.

Nizamoğlu, S. (1988). Gümüş ve Ülkemizdeki Üretimi, 4. *Temizocak Forumu Gümüş Sempozyumu*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Orescanin, V., Lovrencic, I., Mikelic, L., Barisic, D., Matasin, Z., Lulic, S. and Pezelj, D. (April 2006). Biomonitoring of heavy metals and arsenic on the east coast of the Middle Adriatic Sea using *Mytilus galloprovincialis*. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Volume 245, (Issue 2), 495-500.

Ravindra, K., Meenakshi, A., Rani, M. and Kaushik, A.(2003). Seasonal variations in physico-chemical characteristics of River Yamuna in Haryana and its ecological best-designated use. *J. Environ. Monit.*, 5, 419–426.

Sah, R.N., ve Brown P.H. (1997). Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples. *Plant and Soil*, 193, 15-33.

Samman, S., Naghu, M.R., Lyons, Wall P.M. and Verus, A.P. (1998). The nutritional and metabolic effects of boron in humans and animals. *Biol Trace Elem. Res.*, 66,(1-3), 227-35.

Saygıdeğer, Değer B. (2005). Borun insan ve bitki için önemi ve bazı üzüm çeşitlerinde bor tayini. Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Adana.

Schobel, S.S. (1993).*Toprak Bilimi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, 12. Baskı, 73.

Silveira, M.L., Alleoni, L.R.F., O'Connor G.A. and Chang A.C. (2006). Heavy metal sequential extraction methods – A modification for tropical soils. *Chemosphere*, 64, 1929–1938.

Skoog, D. A., Holler, F.J. and Nieman, T.A. (1998). *Enstrümantal Analiz İlkeleri*.(Çev: E. Kılıç, F. Köseoğlu ve H. Yılmaz), Ankara, Bilim Yayıncılık.

Skoog, D.A, West, D.M, Holler, F.J. and Crouch, S.R. (2004). *Analitik Kimya Temel İlkeler 1*. (Çev: E. Kılıç ve H. Yılmaz), Ankara, Bilim Yayıncılık, 154-166

Spadoni, M., Voltaggio, M., Carcea, M., Coni, E., Raggi, A. and Cubadda, F. (2007). Bioaccessible selenium in Italian agricultural soils: Comparison of the biogeochemical approach with a regression model based on geochemical and pedoclimatic variables. *Science of the Total Environment*, 376, 160.

Sungur, A. (2013). Ardışık ekstraksiyon yöntemiyle ergene havzasından alınan toprak örneklerinde metal analizleri. Doktora Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çanakkale.



Şimşek, A., Korkmaz, D., Velioğ lu, Y.S. and Ataman, O.Y. (2003). Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chemistry*, 83-2, 293–296.

Tasatar, B. (1995). *Topraklarımız ve Toprak Kirliliği*. T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Yazıları 3, 72.

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. (1995). Yayın No:Dpt : 2414 – Öik: 474.

Tokaloğlu, Ş., Kartal, Ş. and Elçi, L. (2000). Determination of heavy metals and their speciation in lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedure. *Anal. Chem. Acta.*, 413, 33.

Ultraplast Mühendislik Plastikleri, Şti. (2017). <http://39965.tr.all.biz/ertalyte-g205597>.

WHO (2011). Joint fao/who food standards programme Codex committee on contaminants in foods Fifth session, The hague, the Netherlands.

Yıldırım, G. (2015). BCR ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanarak Kayseri Organize Sanayi Bölgesi cadde tozlarının farklı tanecik boyutlarında ağır metal türlemesi. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.

Zemberyova, M., Bartekova, J. and Hagarova, I. (2006). The utilization of modified BCR three-step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in soil reference materials of different origins. *Talanta*, 70, 973.