

**T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**TUNCELİ VE ELAZIĞ YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN
TARIM ÜRÜNLERİNDE VE ENDEMİK BİTKİLERİN
BÜNYESİNDE BULUNAN BOR MİNERALİNİN ANALİZİ**

Öğr. Gör. Sibel AYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ülkü ÖZBEY**

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TUNCELİ VE ELAZIĞ YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN
TARIM ÜRÜNLERİNDE VE ENDEMİK BİTKİLERİN
BÜNYESİNDE BULUNAN BOR MİNERALİNİN ANALİZİ

Öğr. Gör. Sibel AYDIN
18110801102

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ülkü ÖZBEY

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TUNCELİ VE ELAZIĞ YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN
TARIM ÜRÜNLERİNDE VE ENDEMİK BİTKİLERİN
BÜNYESİNDE BULUNAN BOR MİNERALİNİN ANALİZİ

Öğr. Gör. Sibel AYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 27/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

İmza:.....	İmza:.....	İmza:.....
Prof. Dr. Uğur ÇAKILCIOĞLU (Munzur Üniversitesi)	Prof. Dr. Ülkü ÖZBEY (Munzur Üniversitesi)	Doç. Dr. Semra TÜRKÖĞLU (Fırat Üniversitesi)
BAŞKAN	DANIŞMAN	ÜYE

Bu tez, Enstitümüz **BİYOTEKNOLOJİ** Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Enstitü Müdürü
Doç.Dr. Murat KORUNUR

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB019-02

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

19/01/2022

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

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

İmza

Sibel AYDIN

Danışman

Prof. Dr. Ülkü ÖZBEY

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimimi aldığım Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalı'nda eğitim ve öğretimim süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlanma olanağını bulduğum tez yazımda bilgi ve tecrübelerini esirgemeyip, her konuda destek olan, anabilim dalı başkanımız ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Ülkü ÖZBEY'e sonsuz saygılarımı sunuyor ve teşekkür ediyorum.

Bu çalışmamda hep yanımda olan, tecrübesiyle bana yol gösteren, manevi desteğinin yanı sıra istatistik analiz konusunda da bilgisini esirgemeyen kıymetli arkadaşım Sayın Doç. Dr. Seda GÜNDÜZALP'e teşekkür ediyorum.

Çalışma sürecinde hep yanımda olan aileme ve manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşlarım Öğr. Gör. Deniz CİVELEK' e, Öğr. Gör. Gözdenur TUZCU'a, Dr. Öğr. Üyesi Kezban TAŞ'a, Doç. Dr. Ebru İfakat ÖZCAN'a teşekkür ediyorum.

Bu çalışmayı destekleyen Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine Teşekkür ediyorum.

Öğr. Gör. Sibel AYDIN

TUNCELİ-2021

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
TABLOLAR LİSTESİ	V
GRAFİKLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları	1
1.1.1. Borun tarihçesi.....	1
1.1.2. Borun doğada bulunuş şekli ve kimyasal özellikleri	2
1.1.3. Bor mineralleri.....	4
1.1.4. Bor minerallerinin kullanım alanları	5
1.2. Borun Canlılar Üzerindeki Etkileri.....	9
1.2.1. Borun insan sağlığına etkisi.....	11
1.2.2. Borun insan beslenmesindeki yeri	13
1.2.3. Borun bitkiler üzerine etkisi	13
1.2.4. Bitkilerin Bor Alımı	15
1.2.5. Bitkilerde borun metabolik fonksiyonları.....	16
1.2.6. Bitkilerde bor alımına etki eden faktörler.....	16
1.2.7. Bitkilerde bor yetersizliği	18
1.2.8. Bitkiler üzerinde borun zararlı etkileri	19
1.2.9. Borun hayvanlar üzerindeki etkisi	20
1.3. Bor ve Sağlık	21
1.3.1. Borun faydaları	21
1.3.2. Bor eksikliği	23
1.3.3. Borun vücuda girişi ve çıkışı.....	23
1.4. Borun Doğaya Etkileri.....	24
1.4.1. Havaya etkisi	24
1.4.2. Toprağa etkisi	24
1.4.3. Suyu etkisi	24
1.4.4. Toksikoloji.....	25
1.5. Bor Analiz Yöntemleri	26
1.6. Çalışmanın Amacı	28
1.7. İstatistiksel Analiz	29
2. MATERYAL ve METOD.....	30
2.1. Çalışma Materyali	30
2.2. Metod.....	31
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
3.1. Bulgular	33
3.1.1 Elazığ ve Tunceli illerinden alınan sebze ve meyve örneklerinde bor miktarları	33
3.1.2 Çalışmada kullanılan numunelere ilişkin bitki türüne göre (sebze ve meyve örnekleri), yaş ve kuru yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarları.....	37
3.1.3 Kuru ve yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarları arasındaki ilişki	42

3.1.4 Alınan numunelerin kuru ve yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının il değişkenine göre dağılımları	42
3.1.5 Alınan numunelerin kuru ve yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımları.....	44
3.2. Tartışma.....	47
3.2.1. Çalışmanın önemi	56
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	59
5. KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1.1. Borun kimyasal yapısı.	3
Tablo 1.2. Bor minerallerinden ticari önemi olanlar.....	4
Tablo 1.3. Türkiye'nin bölge ve mineral çeşidi yönünden bor rezervi.....	5
Tablo 1.4. Avustralya'daki bazı bitki ve gıdaların bor konsantrasyonları.....	14
Tablo 1.5. Bor ihtiyaçlarına göre bitkilerin gruplandırılması.	15
Tablo 2.1. Bor analizi yapılacak sebze ve meyvelerin toplandığı bölgeler	30
Tablo 2.2. Kalibrasyon Standartları	31
Tablo 2.3. Cihaz koşulları	32
Tablo 3.1. Elazığ ve Tunceli illerinden alınan sebze ve meyve örneklerinde bor miktarları.....	34
Tablo 3.2. Örneklerle ilişkin betimleyici istatistikler.....	37
Tablo 3.3. Kuru yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin türüne göre tek yönlü ANOVA sonuçları.	40
Tablo 3.4. Yaş yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin türüne göre tek yönlü ANOVA sonuçları.	41
Tablo 3.5. Yaş ile kuru numelerindeki bor miktarı.....	42
Tablo 3.6. İl değişkenine göre bağımsız örnekler t-testi.....	44
Tablo 3.7. Kuru yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin alındığı ilçe ve köy değişkenine göre tek yönlü ANOVA sonuçları.	45
Tablo 3.8. Yaş yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin alındığı ilçe ve köy değişkenine göre tek yönlü ANOVA sonuçları.	47

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 3.1. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının dağılımı.....	38
Grafik 3.2. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının dağılımı.....	39
Grafik 3.3. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının il değişkenine göre dağılımı.....	42
Grafik 3.4. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının il değişkenine göre dağılımı.....	43
Grafik 3.5. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımı.....	44
Grafik 3.6. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımı.....	46



KISALTMALAR LİSTESİ

AAS	: Alev Atomik Spektroskopi
AES	: Alev Emisyon Spektroskopi
B	: Bor
BNTC	: Bor Nötron Yakalama Tedavisi
BOREN	: Ulusal Bor araştırma Enstitüsü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Spektrometre
İAA	: İndolasetik Asit
MS	: Kütle spektrometresi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
NAA	: Nötron Aktivasyon Analizleri
OES	: Optik Emisyon Spektrometresi
TEAD	: Tetra Acetly ethylene daimine
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ÖZET

Bor (B) bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan ve eksikliği ile toksisite sınırı birbirine çok yakın olan bir mikro elementtir. Optimum büyüme ve verimlilik sağlanabilmesi için bitkilerde B'un yeterli miktarda bulunması gerekir. Mevcut bilgilere göre B, bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşmasında, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir. Bu çalışmada Türkiye'nin Elazığ ve Tunceli ilinde yaygın olarak tüketilen gıdalardaki B içeriği analiz edildi. Bor içeriği, İndüksiyonla birleşmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS) kullanılarak 34 farklı gıdada analiz edildi.

Dokuz çeşit meyve (kayısı, yeşil elma, sarı elma, ıskın, şeftali, kiraz, çilek, erik), on iki çeşit sebze (patlıcan, domates, biber, salatalık, kabak, sarımsak, yeşil fasulye, soğan, taze soğan, fesleğen, nane, kütü) bu çalışmaya dahil edildi. Sebze ve meyveler, ICP-MS tekniği ile analiz edildiler. Gıdalardaki B konsantrasyonu 0.0676-46.0120 mg/kg arasında değiştiği tespit edildi. ICP-MS B tayini için en yaygın, güvenilir ve güçlü yöntemlerden biridir.

Çalışmamızın sonuçları, gıda maddelerindeki bor içeriğinin spektrofotometrik yöntemle belirlenebileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: ICP-MS, Bor İçeriği, Gıda analizi, Sebze, Meyve

ABSTRACT

Analysis of Boron Mineral Found in Agricultural Products and Endemic Plants in Tunceli and Elazig Regions.

Boron (B) is needed by plants in trace amounts and the limits for required and toxic levels are quite close to each other. Sufficient B levels are essential for optimum growth and yield in plant production practices. Boron plays various significant roles in carbohydrate and protein metabolisms of plants, tissue differentiation, auxin and phenol metabolisms, membrane permeability, pollen germination and pollen tube growth. This study analyzed boron content in commonly consumed foods in Elazig and Tunceli Turkey. Boron content was analyzed on 34 different foods using Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

Nine **species** of fruit (apricot, green apple, yellow apple, ışkın, peach, cherry, strawberry, plum), twelve **species of** vegetable (eggplant, tomato, pepper, cucumber, zucchini, garlic, green beans, onion, spring onion, basil, mint, cutlet), were included to this study. Vegetables and fruits were analyzed by Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) technique. It was determined that the B concentration in foods varied between 0.0676-46.0120 mg/kg. ICP-MS is one of the most common, reliable, and powerful method for B determination.

The results of our study show that the B content in foodstuffs can be determined by spectrophotometric method.

Key words: ICP-MS, Boron content, Food Analysis, Fruit, Vegetables,

1. GİRİŞ

1.1. Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları

1.1.1. Borun tarihçesi

Bor (B) ve borun mineralleri yıllardır bulunmaktadır. Borun tarihine bakınca, bor tuzları 4000 yıl önce ilk defa Tibet'te kullanıldı (Yünlü, 2016). Babiller kıymetli eşya eritmesinde, Mısırlılar mumya yapımında, eski Yunan ve Roma halkı sahaya dökerek arena temizlemek için kullanmıştır. 875 senesinde Arap halkı ilk defa bor tuzlarından ilaç üretmişlerdir (Yünlü, 2016). 13.yy'da Marco Polo'nun öncü olmasıyla Modern Bor Endüstrisi Tibet'ten başlayıp Avrupa'ya kadar yönlendirilmesiyle başladığını söylemek mümkündür. 1771 senesinde Tuscani kentinde sassolit maddesinin sıcak su kaynaklarında rsatlandığı görülmüştür. 1830 senesinde ise borik asit üretimi İtalya'da uygulamaya koyulmuştur. Aynı süre zarfında Şili'de 1852 yılında endüstriyel anlamda ilk olarak Boraks madenciliği yapılmaya başlanmıştır. Ardından California, Nevada, Caliko, Mountain ve Kramer bölgesinde boraks madeni bulunması ve bu madenin işlenmeye başlanması ile Amerik Birleşik Devletleri dünyanın Bor ihtiyacını karşılamada ilk sırada yer alan ülke durumuna gelmiştir (Boren, 2018).

Ülkemizde ilk fabrika 1861 yılında hazırlanıp, çıkarılan Maaddin Nizannamesi 1865 senesinde, Fransız firmasına 20 yıllık işletme izni verilerek başladığı tahmin edilmektedir (Özbayoğlu ve Poslu, 1992).

Türkiye'deki Bor madenlerinin tarihine bakıldığında Doğu Roma imparatorluğu zamanından itibaren bilindiği ve kullanıldığı düşünülmektedir. İlk olarak B minerali yataklarına ise Balıkesir illine ait Susurluk ilçesi Sultan çayırı beldesinde bulunmuştur. Maden bir kalsiyum tuzu olup Pandermiti uzun yıllar yabancı firmalar işletmiştir (Boren, 2018).

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nün Kütahya'nın Emet bölgesinde Tersiyer Linyit arama çalışmalarında kolemanit yatakları bulunmuştur. İlk yerbilim çalışmalarından, tespitlerden sonra 15 Mayıs 1958 yılında ruhsat alınarak Etibank'a bırakılmıştır. Ruhsatın alınmasının ardından Maden Tetkik ve Arama, 1958 ve 1959 yıllarında arama işlemlerine devam ederken üretime başlamıştır (Evcin, 2007). Etibank kuruluşu tarafından söz konusu

yatakları işlemek üzere gerekli olan çalışmalara 1969'da yürütülmüş, 1970 yılında ise tesisler kurulmaya başlanmıştır (Samuk, 2015).

Balıkesir'e bağlı olan Bigadiç ilçesi civarında da 1950 yılından itibaren bor tuzu (üleksit ve kolemanit) üretip ihraç etmeye başlayan Bortas, Ali Sayakcı, Rasih-İhsan, Yakal Madencilik isimli Türk girişimcileri bulunmaktaydı. 1950 senesinde Bigadiç ilçesinde, 1952 yılında Mustafa Kemal Paşa'da kolemanit yatakları tespit edilmiş olup, 1956 senesinde de Maden Tetkik Araştırma (MTA) Enstitüsü Kütahya-Emet bölgesinde linyit çalışması yapıldığı zaman da Hamam köy ve Hisarcık dolayların da kolemanit yatakları keşfedilmiştir (Samuk, 2015).

Başlangıç yıllarında yabancı işletmelerce çalıştırılan Bor madenleri, 1968 senesinde yabancı işletmelerin ayrıcalıklarının devlete devredilmesinin ardından Etibank ile bazı küçük ölçekli milli işletmelerce çalıştırılmaya başlanmıştır. Sonrasında 1978'de Bor madenlerinin devlet tarafından işletilmesi yasasının çıkarılmasıyla yatırım, madencilik, pazarlama ve üretim konularında ki tüm etkinlikle kısa adıyla Etibank olan Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü yoluyla yerine getirilmeye başlanmıştır (Boren, 2018).

1.1.2. Borun doğada bulunuş şekli ve kimyasal özellikleri

Bor madeni ilk etap da beyaz bir kayaya benzemektedir. Oldukça sert olup, ısıya dayanan, başka elementlere kimyasal alakası sebebiyle doğada serbest bulunan bir element değil, diğer elementlerle bileşik şeklinde, tuz olarak bulunur. Doğada 230 tür bor minerali bulunur. Bor elementi oksijenle bağ kurmaya eğilimi nedeniyle fazla sayıda bor-oksijen bileşimi bulunmaktadır. Söz konusu Bor-oksit bileşimlerinin genel adına **borat** denir (Yenmez, 2009).

Bor madenleri, yer altından çıkarılmasının ardından kırma, eleme, yıkama ile öğütme işlemleri yapıp, kullanıma uygun olarak hazırlanmıştır. Doğada serbest bir element olmayan bor, diğer elementlerle bileşikler oluşturacak şekilde bulunmaktadır. Çok sık kullanılan bor bileşikleri; Sodyum (Na), Magnezyum (Mg) ve Kalsiyumdur (Ca)'dur. Tinkal (boraks) Sodyum bazlı olanlara; Kolemanit Kalsiyum bazlı olanlara Üleksit de Sodyum ve Kalsiyum bazlı olanlara denmektedir. Bor periyodik cetvelde B sembolü ile gösterilen, atom ağırlığı 10.81, atom numarası 5, yoğunluğu 2,84 gr/cm³ olan metal ve ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir (Yenmez, 2009).

Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en ağır olmayan elementidir. Bor elementinin bazı metal ve ametal elementleriyle bulunduğu bileşiklerin farklı özellikleri,

endüstri alanında çok çeşitli bor bileşiğinin kullanılmasına olanak sunulmaktadır. Sanayi açısından çeşitli kullanım alanları olan bor bileşikleri arasında kolemanit (kalsiyum kökenli bor bileşikleri), boraks (tinkal, sodyum kökenli bor bileşikleri), üleksit (sodyum kalsiyum kökenli bor bileşikleri) gruplamalarının altında probertit, kernit, szyabelit, sasolit, datolit, tüvenan, boraks dekahidrat, susuz boraks, borik asit, boraks pentahidrat, sodyum perborat, hidroborasit ve susuz borik asit sayılabilir. Bor madenlerinin değeri genellikle içindeki B_2O_3 (boroksit) ile ölçülüp, çok fazla miktarda B_2O_3 bileşiğine sahip olanların daha kıymetli olduğu varsayılmıştır (Boren, 2018).

Toprakda bulunan bor oranı sıklıkla çok düşük seviyede olup, 20-200 mg/kg arasında değişmektedir (Katar ve ark., 2014). Bor toprakda çeşitli şekillerde görülmektedir ve birkaç bölüme ayrılarak toprak bor'unun fraksiyonu ve her bir fraksiyonun bitkiye elverişliliği birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Harmankaya ve Gezgin, 2005; Padbhushan ve Kumar, 2017; Patra ve ark., 2018).

Bor, bileşiklerinde metal olmayan bileşikler gibi davranır, fakat bu olaylardan ayrı olarak saf bor, karbona benzer şekilde elektrik iletkenidir. Borun kristalize olmuş hali fiziksel olarak ve optik özellikleri bakımında elmas gibidir ve hemen hemen onun kadar serttir (Gregory ve Kelly, 1997).

Bor elementinin kimyasal özellikleri yapısına ve tanelerin büyüklüklerine bağlıdır. Mikron boyutundaki amorf bor kolaylıkla ve ara ara kuvvetli bir şekilde reaksiyona girerken kristal olan bor kolay kolay tepkimeye girmez. Bor yüksek sıcaklıktaki su ile tepkimeye girerek borik asit ile diğer ürünleri oluşturmaktadır. Mineral asitleri ile tepkimesi, sıcaklığa ve konsantrasyona bağlı olarak yavaş ya da patlayıcı olabilmektedir. Bu tepkime ile ana ürün olarak borik asit ve diğer ürünler oluşur. Borun kimyasal yapısı Tablo 1.1'de gösterilmiştir (Boren, 2018).

Tablo 1.1. Borun kimyasal yapısı (Boren, 2018).

Elektrokimyasal Eşdeğer		0.1344 g/amp-hr		
Elektronegativite(Pauling)	2.04			
Valans elektron potansiyeli (-eV)	190			
İyonizasyon potansiyeli	Birinci: 8.298	İkinci: 25.154	Üçüncü: 37.93	
Füzyon Isısı	50.2 kJ/mol			

İlk olarak Elementel Bor 1808 yılında izole edilmiştir. Bor madenide karbona benzer çift bağlara ve makro molekül çeşitlerine meyilli olduğu bilinmektedir. Borik asit; bir çeşit Levis asididir. Hidroksil iyonunu tutar, protonları bırakır. Borun organik bileşiklerle yaptığı kompleksler, hidroksil grup bulundurur. Böylelikle; şekerler, polisakkaritler, adenozin-5-fosfat, pridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ve primidin nükleotidleri ile etkileşime girebilir. Borik asit ile boraks bulundurmeyen kararlı olmayan bor kompleksleri, kuvvetli elektrofilik, seçici olmayıp ciddi boyutlarda zehirli etkilere sahip komplekslerdir (Demir Saygıdeğer, 2005).

Canlı beslenmesinde Bor mikro besin elementidir ve çok fazla etki katsayıları vardır mikro elementlerin ve optimum etki sağlamak için çok az miktarda olması bile kafidir. Bu elementlerin küçük dozda eksikliği veya küçük dozda fazlalığı bazı zararlar oluşturur (Yılmaz, 2002).

1.1.3. Bor mineralleri

Bor tabiatta serbest halde bulunmayıp oksijenle bileşik bor tuzları halinde ya da silikatlar şeklinde bulunur. Belli bir biçimi olmayan (amorf) bor yeşilimsi-sarı, siyah, parlak renkte ve kristalli olup, doğada 230 kadar bor bileşikleri bulunmaktadır. Bor bileşiklerinden en yaygın ve sık olanları ve ticari değeri fazlasıyla önemli olanlar aşağıda tablo 1.2’de gösterilmiştir (Demir Saygıdeğer, 2005).

Tablo 1.2. Bor minerallerinden ticari önemi olanlar (Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 1995)

Mineral Adı	Formülü	B ₂ O ₃ (%)	H ₂ O (%)	Dünyada Bulunduğu Yer
Tinkal (Boraks)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36.5	47.2	Türkiye (Kırka), ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Tinkalkonit	Na ₂ B ₄ O ₇ . 5H ₂ O	47.8	30.9	ABD (Kaliforniya), Türkiye, Arjantin
Kernit	Na ₂ B ₄ O ₇ . 4H ₂ O	50.9	26.4	ABD (Boron, Kaliforniya), Arjantin
Üleksit	NaCaB ₅ O ₉ . 8H ₂ O	43.0	35.6	ABD (Kaliforniya, Nevada), Arjantin, Şili, Peru, Tibet, Türkiye (Bigadiç)
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ . 5H ₂ O	50.8	21.9	Türkiye (Emet, Bigadiç, Kestelek), ABD (Kaliforniya, Nevada), Meksika
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ . 7H ₂ O	49.8	18.1	Türkiye
İnyoit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .13H ₂ O	37.6	42.2	Kazakistan, Arjantin
Hidroborasit	CaMgB ₆ O ₁₁ .6H ₂ O	50.5	26.2	Rusya (Kafkaslar), Arjantin
Aşarit	Mg ₂ B ₂ O ₅ .H ₂ O	41.4	10.7	Rusya ve Çin
Datolit	Ca ₂ B ₂ Si ₂ O ₉ .H ₂ O	21.8	5.6	Kazakistan
Probertit	NaCaB ₅ O ₉ .5H ₂ O	49.6	25.6	(Kaliforniya)
Sasolit	Sasolit H ₃ BO ₃	56.3	43.7	İtalya (Tuscany)
Göl suları				ABD, Şili, Bolivya

Tablo 1.3. Türkiye'nin bölge ve mineral çeşidi yönünden bor rezervi (DPT, 1995)

İl/ İlçe	Bulunan bor mineralleri	Cevher rezervi (x1000ton)	B ₂ O ₃ Tenoru (%)	B ₂ O ₃ İtibariyle rezerv (x1000 ton)
Balıkesir/ Bigadiç	Kolemanit(en çok), Üleksit (yan ürün)	1029722	35	360403
	Kolemanit (en çok), Üleksit (yan ürün), Probertit (yan ürün), Tünelit (yan ürün), Hidroborasit(yan ürün)	886743	35	310360
Eskişehir/Kırka	Boraks(ençok), Üleksit(2.derece), Kolemanit(3.derece), Kernit(yan ürün)	518535	25	129634
Bursa/Mustafa Kemal Paşa; Kestelek köyü	Kolemanit (en çok), Probertit (yan ürün), Hidroborasit (yan ürün), Meyerhofferit (yan ürün)	8142	35	2850
	Toplam	2443142	1	803247

Genellikle Bor mineralleri Ca, Na, Mg gibi metallerle bileşik olarak bulunurlar. Kolemanit (2CaO, 3B₂O₃, 5H₂O), Uleksit (Na₂O, 2CaO, 5B₂O₃, 16H₂O₃), Tinkal (Na₂O, B₂O₃, 10H₂O₃) gibi kalsiyum ve sodyum boratlar da en bilinen ve en önemlileri olarak sayılır (Boncukoğlu ve ark., 2003).

1.1.4. Bor minerallerinin kullanım alanları

Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları, geniş ve farklı alanlarda ticari olarak kullanımı son zamanlarda artmaktadır (Demir Saygıdeğer, 2005). Bor temizlik malzemelerinden uzay teknolojisine kadar yayılan ve geniş kullanım alanı olan bir madde olmasının yanında dünyanın en büyük rezervlerinin Türkiye'de olmasından dolayı büyük bir önem taşımaktadır (Acarkan, 2002).

Son yıllarda insanlar içinde değeri anlaşılan borun prostat tedavisi, kemik erimesi, anti bakteriyel malzeme olarak kullanılır. Diğer kullanıldığı alanları ise tarım alanları, İnşaat malzemeleri, ahşap koruma alanı, cam endüstrisi, seramik endüstrisi, temizletme ve beyazlatma sanayi, tekstil sanayi, tekstil cam elyaf sektörü, metalürji sanayinde, nükleer sanayisidir (Yakıncı ve ark, 2016).

İnşaat malzemesi olarak; Türkiye'de tekstil cam elyafı imalatında bor ürünleri kullanılır. Bunun yanı sıra çatıların kaplama malzemesi, selülozik yalıtım malzemesi,

çimentoyu dayanıklı hale getirmek için ek koruyucu olarak kullanılır (Yakıncı ve ark, 2016).

Tarım alanında; Bor çok sayıda ürün için mikro besleyici özelliğindedir. Meyveler de ve sebzeler de bor ilavesi bitkilerin gelişimi için yeterli miktar ve kalitede ürün için önemlidir (Yakıncı ve ark, 2016).

Tarımsal ürünler üzerinde borun zıt yönlü etkisi bulunmaktadır. Çok düşük miktardaki Bor bitkilerin büyümesine yardım ederken bunun yanında borun fazlası da bitkilerde öldürücü etki yapar (Acarkan, 2002).

Ahşap koruma alanında; malzemelerin ahşap olması kimyasalları çekirme işlemi ile haşerelerin ahşaba zarar vermesi ve bunun gibi ahşabın dayanabilecek ömrünü azaltıcı faktörler önlenmektedir. Bunların yanında alev alma süresi geciktirilir. Bor bileşikleri suda çözünen ve suda çözünmeyen bileşik ve karışım halinde alevlendirmeyi geciktirmede kullanılmaktadır (Yakıncı ve ark, 2016).

Cam endüstrisinde kullanımı; Günümüzde kullanılan borun %40'ı cam ve cam elyafı ile sanayinde kullanılmaktadır (Özpeker, 2001). Cam endüstrisinde kullanılan borun özellikleri;

- ✓ Katı halden sıvı hale geçerken ortamın koyu kıvamını düşürür (Ergime noktası).
- ✓ Camın kırılma indisini düşürür,
- ✓ Camın sıcaklık genleşme katsayısını düşürür,
- ✓ Camın saydam ve parlak olmasını sağlar,
- ✓ Hammaddenin sıvı hale dönme noktasını düşürür.

Bilişim sektörü de dahil çok çeşitli alanlarda, çok çeşitli yalıtım işlerinde, farklı amaçlar için kullanılan fiberglasın temel hammaddelerinden biri bor elementidir (Acarkan, 2002).

Tekstil cam elyafı, yalıtımda kullanılan cam elyafı ve boro silikat camların önemli bileşiği bor oksitdir. Kullanılan bu ürünler cam sanayinde bor bileşiklerinin genel kullanılan yerlerinden biridir. Düz cam ve kabin cam gibi çok sayıda cam ürününde miktarı az olsa da bor mineralinin bileşikleri yer alabilir. Susuz boraks, Bor oksit, borik asit gibi bor bileşikleri halinde, boraks ya da kolemanit gibi mineral halinde cama katarak uygulanır. Bor oksit oldukça önemli bir cam yapıcıdır. Başka bir deyişle kristallenmeyi önler. Genleşmeyi azalttığından ısıl şoklara dayanma oranını artırır (Human and environmental risk assessment (HERA, 2005)). Cam elyafı; elektrik ve elektronik,

endüstriyel uygulamalar, denizcilik, spor, eğlence, boru, tank, havacılık savunma, alt yapı, otomotiv ve taşımacılık, anti korozyon uygulamalar, inşaat, tarım ve gıda alanları gibi hayatın hemen her alanında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Boren, 2018).

Seramik endüstrisinde; Seramik sanayinde bor minerali ile ürünleri genellikle emaye yapımında, porselen ve seramik sırtı yapımında frit üretiminin aşamasına gelindiğinde kullanılmaktadır. Ülkemizde en çok bor kullanıldığı alan seramik endüstrisidir (Acarkan, 2002). Kullanılan borun özellikleri;

- ✓ Sinn kıvamlılığını azaltır.
- ✓ Sinn sıvının yüzey katmanının esnek zar gibi davranmasını (yüzey gerilimini) azaltır.
- ✓ Parlaklığı ve şeffaflığı yükseltir.

Temizletme ve beyazlatma sanayinde; Dünyada bor tüketiminin aşağı yukarı %20'si deterjan, sabun ve benzeri temizlik malzemelerinin imalatına dayanır (Özpeker, 2001), Temizletme ve beyazlatma endüstrisinde kullanılan borun özellikleri;

- ✓ İyi bir beyazlatıcı maddedir.
- ✓ Lekelerin çıkarılmasına yardımcı olur.
- ✓ Suyu yumuşatır, PH'ı dengeler, yağları çözer.
- ✓ Oksijeni dengeleme özelliği vardır.
- ✓ Anti bakteriyel özelliğe sahiptir.

Yukarıda bahsedilen borun özellikleri sayesinde kumaş çok az hasar görür, renkleri yeni gibi kalır. Yıkama süresini azaltır. Makinalardaki metal aksamın aşınmasını ve matlaşmasını önler (Acarkan, 2002).

Son zamanlarda gelişime ayak uydurarak üretilen deterjanlar çok sayıda maddeden meydana gelir ve bu deterjanlar sülfonatlar, suyun yüzeysel gerilimini azaltır. Bundan dolayı kumaşın ıslanması sağlayarak, lekelerin kumaştan uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Temizlik malzemesi geliştiriciler(zeolit) sert olan sularda tüketildiği zaman magnezyum ve kalsiyum iyonlarının sudan yok edilmesini ve uzaklaştırmasını sağlar. Böylelikle yüzey gerilimini etkileyen kimyasal (yüzey aktif maddesi) maddenin verimi artar. Beyazlatıcılar (perporat ve hipoklorit), yükseltgenme ile lekeleri yok eder. Beyazlatma aktivatörü Tetra Acetly ethylene daimine (TEAD) veya sodyum tuzları, düşük ısı da beyazlatma oranını arttırmak için kullanılır. Dünya deterjan sanayinde oksijen kaynaklı sodyum perborat ve sodyum hipoklorit olmak üzere iki ana beyazlatıcı deterjanlar kullanılmaktadır. Hipokloritlerin 40 °C ısıda etkisi fazladır. Perborat beyazlatıcıların ise 60 °C sıcaklık

üzerinde kullanıldığında faydası ve etkisi en fazladır. Fakat 40 °C sıcaklıkta etkisini yükseltmek için aktivatör TEAD kullanılmaktadır (Kalafatoğlu ve ark, 1997).

Tekstil Sanayide; Bor alevlenmeyi geciktirdiğinden dolayı, cam elyaf olarak, tekstil sanayinde kullanılır. Bunun dışında, kumaş renklendirmesin de ve cilalama işleminde (apreleme) kullanılabilmektedir (Demir Saygıdeğer, 2005).

Tekstil Cam Elyafı olarak; Tekstil cam elyafının en mühim özelliği, darbelere, gerilmelere ve kimyasallara dayanma gücü ve hafif olma özelliğidir. Bu özelliktendir ki bu malzeme plastik ve kompozitler de kuvvet arttırıcı olarak seçilir. Alkali içermediğinden Kolemanit minerali, alkali oranı düşük borosilikat cam üretiminde kullanılmaktadır. Bor, tekstil cam elyafına, kolemanit minerali veya bor bileşiği olan borikasit olarak eklenir. Boroksit cama netlik verir. Borik asitin fiyatı yüksek olduğundan dolayı sodyum içermeyen kolemanit mineralinin kullanılması daha çok tercih edilmektedir (Yenialaca, 2009).

Metalurji Sanayinde; Metalurji endüstrisinde borun erime ısını azaltma, çeliğin sertleşmesi işleminde ve fırın tuğlalarının korozyonunu azaltma işlemi için faydalanılmaktadır (BOREN, 2018). Borun metalürjide yararlanılan özelliklerinden biride cürufun akışkanlığını arttırır. Ergime ısının düşmesi enerji için tasarruf etmeyi sağlar. Bor ve minerallerinin, kesici malzemelerde kullanılmasının sebebi kendisinin ya da çelik ile alaşımlarının oldukça sert olmasıdır. Yüksek manyetik alan şiddeti oluşturan magnetlerin sistematiğinde bor olması, manyetik ayırıcılarda kullanılmasıyla değer kazanmıştır. Ayrıca kaplama sanayinde kullanılan elektrotların oluşturulmasında ve lehimleme işlemlerinde de bor kullanılmaktadır (Acarkan, 2002).

Nükleer Sanayinde; nükleer reaksiyonların denetlenmesine yardımcı olan bor izotoplarıdır. Nötron absorblama tesir kesidinin fazla olmasının sebebi B ve B¹¹ izotoplarıdır. Soğutma suyuna borik asit eklenmesinin sebebi, bazı tip güç reaktörlerinde fazla reaktiviteyi engellemektir (Yakıncı ve ark, 2016). Nükleer reaktörlerde kullanılması gereken çubuklar %2 bor içeren çelik ve alüminyum alaşımından yapılmaktadır (Öztürk, 1994).

Bunların dışında bor, antiseptiklerde, lens solüsyonların da, tıpta anti bakteriyel ve dezenfektan olarak, diş macunlarında, parfümlerde, şampuanlarda bulunmaktadır. Kimya sanayinde, değişik cins boyaların, elektrolit işlemlerinde korozyon önleyicilerin imalatında bordan faydalanılmaktadır (Acarkan, 2002).

1.2. Borun Canlılar Üzerindeki Etkileri

Bor direkt proton verici etken olduğundan, hücreye etki ederek hücre zarına ve işlevlerine etki ederek canlı sistemlere faydalı olduğu ispatlanmıştır. Bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli bir element olan bor, hayvan ve insan dokularında küçük miktarlarda düşük konsantrasyonda bulunmaktadır (Gregory ve Kelly, 1997).

Bor kaynaklarından alınan miktarlar, insanlarda ve hayvanlarda hızlı bir zehirliliğe sebebiyet verecek miktarda değildir. Fakat bor iyonu, canlı organizmalar da zehirlilik oluşturmak da olup ve suyun içinde yaşayan canlılara zehirlilik etkisinden dolayı çok büyük zararlar verebilmektedir (Uygan, Çetin, 2004).

Birçok yapılan çalışmalarda deney hayvanları kullanılmış olup, borik asit ve boraksın hızlı etki göstermesi istendiğinden hayvan cinsine bağlı olarak ağız yoluyla 1-5 g/kg borik asit veya 2-3 g/kg boraks, 0,7 g/kg sodyum perborat veya 0,3 g/kg sodyum metaborat almaları gerekliliği doğmuştur. Çözelti alkali olduğundan göz ve deride aşınmaya sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalarda kronik tesirler araştırılmış olup, ağız yoluyla alınan borun ölüm oranına, büyümeye ve üremeye ciddi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Cantürk, 2002). İçme suyunda bulunan %0,25 bor yalnızca 30 günün sonunda büyümeyi engelleyici etki yaratmıştır. Solunum yaparken vücudumuza aldığımız boraks tozlarının da bir olumsuzluğa sebep olmadığı saptanmıştır Devlet Su İşleri (DSİ), 1983). Süt veren bir ineğe 40 gün süresince 16-20 g/gün borik asit verilmesiyle belirli zararlı bir etki gözlenmemiştir (Cantürk, 2002).

Borik asidin hayvanlar için öldürücü dozu, hayvanın her kg' mı için 1,2-3,45 gr arasında olup, hayvanın cinsine bağlı olarak değişmektedir. Hayvanların içme suyunda 2500 mg/l borik asit var olması gelişmeyi durdurduğu için zararlıdır (Yakıncı ve ark, 2016).

Ağızdan alınan birim kg vücut ağırlığına göre 3000-4000 mg gibi fazla dozlar farelerde kısa bir sürede depresyona girdirip, titretme oluşturmakta ve farenin ölmesine sebep olmaktadır. Farelerde ishal belirtisi, köpeklerde ise kusma gibi belirtileri gözlemlenmiştir (Uygan ve Çetin, 2004).

Vücuda sindirim ve solunum yolu ile giren bor bileşikleri, solunum ve sindirim organlarının iç kısmını kaygan bir maddenin örtmesiyle oluşan mukoz membranlar vasıtasıyla vücuda alınır. Fakat bor hangi yolla ve ne şekilde vücuda alınırsa alınsın,

vücuda alınan bor miktarının %85-90'a yakını ilk 24 saatte hiçbir değişikliğe uğramadan idrar vasıtasıyla vücuttan atılır (Yakıncı ve ark., 2016).

Bor bileşikleri çözünmeden sonra vücuda alınırsa beyin omurilik sıvısının derişimi artarak en fazla derişimlere karaciğer, beyin ve yağ dokularında gözlenir. En fazla birikimin kemiklerde meydana gelir. Genellikle süt, dışkı, üre, ter ile vücuttan atılır (Yakıncı ve Kök, 2016).

Borla ilgili yapılan çalışmalar içerisinde, insanlar üzerindeki tesirlerini belirlemek amaçlı yapılan çalışma sayısı çok fazla yoktur. Borun insanlar üzerindeki etkileri ile ilgili olarak mevcut yapılmış çalışmalar yiyecekler ve içme suları standart maruziyet koşullarında bor ve bileşiklerinin insan sağlığına tehlike oluşturacak bir etki olmadığı anlaşılmıştır (ECOTEC, 1995; HERA, 2005).

Beyin tümörlerinin tedavisin de kullanılan nötron yakalama yönteminde hastalara 20 gram (g) boraks verilmektedir. İnsanlarda kronik etki açısından günde 3 g borik asit veya 5 g boraksın tesiri etmediği görülmüş, 5-10 g boraksın yalnızca protein metabolizmasını ve idrardaki azot oranını arttırdığı ispatlanmıştır. Günde 4-5 g dozu tekrar tekrar verildiğinde iştah da azalma ve hastalık gözlenmiş fakat iş görememe olmamıştır (Kalafatoğlu ve ark., 1997). İnsanlar bor mineralini, ilk olarak sebze ve meyveleri tüketerek yiyecek ve içecekler sayesinde günde 10-20 mg bünyelerine alabilmektedir. Bor için sınır değeri içme sularında 5mg/l olarak önerilmektedir. İnsan bünyesinde borik asit ve boraks etkisi, çok şiddetli bir kusma, mide bulantısı, karın ağrısı ve ishal ile akut zehirlenmenin olabileceğini gösterir. Karakteristik başka bir belirti de deri döküntüleri ile kendini gösteren kızarıklı isiliktir. Önemli durumlarda taşikardi ve arteriyel basınçta düşme ile artabilir. Öldürücü doz çocuklar için 5-6 g, büyükler için ise 10-25 g'dır (Baykut ve ark., 1987). Borun insan metabolizması için çok faydalı olduğu da tespit edilmiştir. Borun kalsiyum ve D vitamini olmak üzere vücut minerallerinin dengelenmesinde önemli olduğu, kalsiyum ve magnezyumun eksilmesini engelleyerek kemik yapısını koruduğu ispatlanmıştır. Bunların yanısıra çocukların öğrenme, yetenek ve okul becerilerinin artmasına katkısı olduğu; sportif gücün ve fiziksel olarak vücudun gelişmesi için tablet olarak bor verildiği bilinmektedir (Şaylı 2000). Bünyeye ne şekilde alınırsa alınsın, %90-95 kadarı bünyede birikmeden anında üre ile vücuttan dışarı atıldığından vücutta uzun süre tutulamamaktadır. Sadece kemik, tırnak ve kıllarla, karaciğer ve dalak gibi organlarda az miktarda birikme yapmaktadır. Bazı literatür çalışmalarında bor tozlarıyla temash işçilerin sperm miktarında düşüklük, cinsel yaşamlarında azalma olabileceği belirtilmektedir. Fakat

Türkiye’ de ve dünyada yapılan birçok çalışmada borun kısırılığa sebep olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Cantürk, 2002).

1.2.1. Borun insan sağlığına etkisi

Bor mineralini insanlar vücutlarına doğal yollarla alırlar. Gerek yiyecek ve içeceklerle gerek tozlarla solunum yaparken gerek deri vasıtasıyla krem ve ilaçlarla almaktadır. Bünyeye ne şekilde alınırsa alınsın, %90-95 kadarı vücutta depolanmadan anında idrar ile dışarı atılır. Sadece organlardan kemik, tırnak ve kıllarla, karaciğer ve dalak da depolanmaktadır (Şaylı, 2000). Vücutta depolanmamasının en büyük faydası kanser gibi ciddi hastalıklara sebep olmamasıdır. İnsanlarla ilgili çok sayıda çalışma olmasa da var olan çalışmalarda borun kalsiyum, bakır, magnezyum, azot, glikoz ve trigliseritler gibi hayat boyunca önemli olan çok sayıda bileşenin kullanılması ve insan vücudunda önemli olayları üstlendiği belirlenmiştir. Bu durumlardandır ki bor vücut bölümlerinin iskelet, beyin ve kan kısımlarını veya görevlerini etkileme gücü olduğu anlaşılmıştır. Borun zehirli olma etkisinin çok düşük olduğunu araştırmalar göstermiştir. 15-30 gram (g) boraks veya 2-5 g borik asit direkt alınırsa bor elementinin hızlı etkisi oluşmaktadır. Günde 3 g borik asit veya 5 g boraksın etkisinin kronikleşme yönünden etkisinin olmadığı, 5-10 g boraksın yalnızca protein yapısını tesir ettiği ve idrardaki azot oranını yükselttiği izlenmiştir (Moseman, 1994).

Bor fazla miktarda olduğu zaman zehirli etkisi görülür. Büyüklerde başın ağrması mide bulantısı, ishal görülmesi, heyecanlanması veya depresyona girmesi gibi etkiler görülür. Çocuklardaki belirtilerine bakıldığında ise en fazla havale, koma gibi beyin zarı tahribine neden olabilecek etkileri tespit edilmiştir. Parmak uçlarında görülen pembemsi renk, borun etkisiyle zehirlenmelere işaret eden belirtilerdir (Mc Kee and Wolf, 1963).

Literatürde bor tozlarıyla temasda bulunan işçilerin sperm miktarında azalma cinsel hayatlarında gerileme olduğu tezi ortaya konulmuştur. Borun testise nasıl zarar verdiği, kısacası bu bilginin doğruluğu henüz ispatlanmamıştır. Ülkemizde ve dünyada yapılan çok sayıda çalışmada borun kısırılık yapmadığını ortaya konulmuştur (Şaylı, 2000). Son çalışmalarda borun insanın üreme sağlığına tesirlerini araştırmaya bağlı olarak özellikle borla temas halinde olan, bor maden ve fabrikalarında çalışan işçiler ve maden yörelerinde yaşayanlarla yapılmış olan çalışmalar bor ve bileşiklerinin insanların üreme sağlığına herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı ispatlanmıştır (Şaylı, 2000).

Sindirim sisteminde oluşan bazı rahatsızlıkların sebebi içme suyunda bulunan bor mineralinin oranının fazla olmasıdır. İçme suyunda bor mineralinin fazla olması Karaciğerde büyümeye ve şişme gibi durumlara, sinir sistemin kaynaklı sorunlara yol açabilmektedir (Cantürk, 2002).

1980 yılına değin yalnızca bitkiler üzerinde önem taşıyan bor bu tarihten itibaren çalışmalar gösterdi ki çok sayıda konuda çok önemli bir yerde olduğu ortaya konulmuştur. Bor insan bünyesi için oldukça yararlı bir madde olduğu Nielsen çalışmalarında ispatlanmıştır. Bu faydalı bulunan bor, klinik olarak yapılan bir çalışmada, postmenopozal dönemde 12 kadına 119 gün boyunca bor içermeyen ya da içerisinde bor miktarı çok az olan diyet uygulanmış ve sonrasında 28 gün süresince bu diyetek 3mg bor içeren ilaç verilmiş. Bor ilavesi ile idrardaki kalsiyum oranının %44 azaldığı ispatlanmış ve borun postmenapozal dönemdeki osteoporozu önleyici etkisi olduğu belirtilmiştir (Nielsen,1987).

Orta yaş kadın ve erkeklerde yapılan bir araştırmada 49 gün boyunca giderek bor'a benzeyen sodyum borat miktarını 3 mg ardarda arttırma olacak şekilde bir diyet uygulanmış ve bu diyetin sonlandırılmasından sonra D3 vitamin seviyesinin %39 oranında yükseldiği görülmüştür (Nielsen,1990). Sağlıklı gönüllülere günde iki kez iki hafta boyunca 2.91 mili gram (mg) bor içeren kalsiyum fruktoborat verilmiş ve C-Reaktif Protein (CRP) düzeyinin %37 azaldığı görülmüştür (Mogaşanu ve ark., 2016)

Bor minerallerinin bulunduğu yerlerde, su vesilesiyle mineral ve aynı zamanda besin maddeleriyle farkında olmadan vücuda alınmasıyla bölgedeki prostat kanseri olan kişi sayısının azaldığı, borun prostat kanserinin engellenmesinde ve tedavisinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir (Müezzinoğlu, 2008). Yapılan çalışmalar neticesinde bor Enzimatik hücre reaksiyonlarında, hücre zarının sağlıklı bir şekilde hayati öneme sahip olan steroid hormonların düzenlenmesinde ve hücre zarının sağlıklı işleminde önemli rol oynamaktadır (Demirtaş, 2010).

Borun artrit durumlarını inceleyen bir çalışma, meyveleri ve sebzelerin doğal olacak şekilde oluşan bir bor kompleksi olan kalsiyum fruktoborat formunun günlük 6 mg eklenmesi osteoartriti azalttığı tespit edilmiştir (Aydın ve ark., 2018).

Borun Sağlıkta kullanım alanları; göz iltihaplanmalarında sterilizasyon aracı olarak kullanılır, bazı merhem yapımında da, nükleer tıpta, bor ile nötron aranmasında, Bor Nötron Yakalayabilme tedavisi (BNCT) kanser tedavisinde kullanılmaktadır (Demirtaş, 2010)

1.2.2. Borun insan beslenmesindeki yeri

Bor insan vücuduna Yiyecek ve içecek tüketerek ağız yoluyla insan bünyesine giren bor, solunum yoluyla ve deri yoluyla da girer ancak deride yara yoksa deri yoluyla insanın bünyesine bor girme olasılığı oldukça düşüktür (Demirtaş, 2010).

Bor insanlar ve hayvanlar için, ana bir mikro elementtir. Sebze ve meyvelerce topraktan alınır ve insanlar bu sebze ve meyveleri tüketerek bor bünyelerine geçer. İnsan sağlığı yönünden borun ana kaynağı bitkisel ürünlerdir. Vücudun günlük bor ihtiyacı 2-3 mg'dır (Demirtaş, 2010).

Süt ve süt ürünleri, sebze ve meyveye oranla daha az bor içerir fakat daha çok tüketildiği için insan vücuduna bor alımı daha fazla olur (Velioğlu ve Şimşek, 2003)

İlaç şeklinde bor alındığında da çocukların öğrenme yeteneklerinin arttığı gözlenmiştir (Demirtaş, 2010).

İnsan vücudunda bor miktarı kan ve idrar tahlili ile ölçülebilir lakin çok güvenilir olmaz. Bunun sebebi vücuda alınan borun hemen hemen hepsi 1-2 gün içerisinde idrarla atılır (Şaylı, 2000). Dünya sağlık örgütü yetişkin sağlıklı bir insanın günde 1-13 mg bor alabileceğini kararlaştırmıştır (Cantürk ve ark., 2002). Fakat vücuda alınması gereken en uygun bor miktarı 11-18 yaş erkeklerde 2 mg, kadınlarda 2 mg, menopoza girmeden önce kadınlarda 3 mg, hamilelerde ve emziren annelerde 2,5 mg ve çocuklarda 1,5 mg belirlenmiştir (Demirtaş, 2010).

1.2.3. Borun bitkiler üzerine etkisi

Bor mineralinin bitkilerin büyüme ve gelişmelerinin üzerinde önemli bir madde olduğu 1923 yılında ilk olarak Warrington tarafından ispatlanmıştır (Demir Saygıdeğer, 2005). Bitkilerdeki bor oranı topraktan ne kadar alabildiğine bağlıdır. Aynı bitkilerin büyüme oranları yetiştiği toprakta bulunan bor miktarına göre değişiklikler göstermektedir. Örnek olarak Avustralya'da çeşitli bitkilerin bor konsantrasyonları farklı olması gösterilebilir (Tablo 1.4) (Gregory ve Kelly, 1997).

Tablo 1.4. Avustralya'daki bazı bitki ve gıdaların bor konsantrasyonları (Gregory ve Kelly, 1997)

Ürün	Bor (mg/100 g)	Ürün	Bor (mg/100 g)
Badem	2.82	Fındık	2.77
Elma	0.32	Ceviz	1.63
Portakal	0.25	Zeytin	0.35
Avakado	2.06	Soğan	0.20
Muz	0.16	Patates	0.18
Fasulye	1,40	şeftali	0.52
Kepek(Buğday)	0.32	Yer fıstığı Yağı	1.92
Brezilya Fıstığı	1.72	Armut	0.32
Brokoli	0.31	Kuru Erik	1.18
Havuç	0.30	Kuru Üzüm	4.51
Mahun Elması	1.15	Kuru Kayısı	2.11
Kereviz sapı	0.50	Tavuk yemi	0.71
Mercimek	0.74	şarap	0.86
Hurma	1.08	Bal	0.50
Üzüm(Kırmızı)	0.50		

İnsanlar; bitkilerden, yapraklı sebzelerden, turuncgil dışındaki meyvelerden, kuruyemişlerden, baklagillerden, tahıllardan ve su bitkilerinden gerekli olan bor miktarını alırlar. Toprakları kumlu olmayan Avustralya da yetişen bitkilerdeki ve bazı yiyecek ve içeceklerin bor miktarı diğer bölgelere göre yeterince düşüktür. Örneğin; Fındık bitkisinin bor miktarı Türkiye’de (Karadeniz Bölgesinde) ortalama 15 ppm (milyonda parça, parts per million) iken (Şimşek ve ark., 2003) Avusturalya’da 0.277 ppm, üzümdeki bor miktarı Türkiye’de İç Anadolu Bölgesinde 5-6 ppm iken Avusturalya’da 0.451 ppm’ dir (Gregory ve Kelly, 1997).

Toprağın pH’ı bitkilerin boru bünyelerine almasının en önemli parametresidir. Toprak pH’ındaki artma ve çok fazla kireçlenme bitkilerin alabileceği bor miktarını azaltmaktadır (Barcleta ve Bicarelli, 1973; Bennet ve Mathias,1973).

Bor noksan olduğunda genellikle bitkide farklı yapıların oluşumu ve gelişimi yavaşlar, bitkiler su almada problem yaşar, düzenini etkiler ve bozar, bor noksanlığından dolayı bitkinin sert kısmı (Kambiyum ve Phloem) çoğunlukla çürür ve aynı zamanda kabukta çok miktarda reçine ve zamlar oluşur (Demirtaş, 2010).

Bitkiler, özellikle kökler sürekli bor elementine ihtiyaç duyarlar. Borun bitkilerdeki kök gelişimine önemli bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Az sayıda bitki köklerinde bor noksanlığı olduğu halde yapraklarından köklere bitkinin kendi bünyesine bor minerali verebilir. Bor tek olarak, bitkide hızlı hareket edemez yavaş ilerler ve yaşlı yapılar bor ihtiyacının fazla olduğu noktalara taşınmamaktadır (Albert ve Wilson 1961).

Borun bitki için ihtiyacı olan oran ile toksik etki yapacak oran arasında çok ince bir limit vardır. Bu limit bitki türlerine göre değişkenlik gösterir. Bor miktarı bitki türüne göre incelendiğinde farklar görülür. Bitkinin yetiştiği toprakta veya sulama sularında çok fazla bor olması halinde bazı bitkiler zarar görmelerine karşın bazıları zarara uğramamaktadır. Borun fazla olmasının bitkiye etkisi, büyüme noktaları uzun süre sağlıklı kalsa da yaşlı yapraklar zarar ve buna bağlı olarak köklerde zarar görür ve ölürler (Demirtaş, 2005.)

1.2.4. Bitkilerin Bor Alımı

Bitkilerin boru aktif olmayan absorbe yolu ile $B(OH)_3$ şeklinde alındığı biliniyor olmasına rağmen, az da olsa aktif absorbe yolu ile $B(OH)_4$ durumunda da alınabilir. Bor bitkilerin tepe noktalarına kadar ksilem iletim borularıyla taşınır. Borun alımı ve iletim borularıyla taşınması bitkinin suyu almasıyla çok fazla alakalıdır. Köklü bitkilerin boru bünyelerine alması topraktaki bordan olur. Yosun ve yosuna benzeyen bitkilerin kökleri yoktur. Yosun ve yosuna benzeyen bitkiler atmosferdeki elementleri, organizmalarına doğrudan girebilir ve dokularında birikir (Xiao ve ark., 2019) Bundan dolayı bitkilerin bor alımlarında ciddi değişiklikler vardır (Tablo 1.5) (Kacar ve Katkat, 1998).

Tablo 1.5. Bor ihtiyaçlarına göre bitkilerin gruplandırılması (Kacar ve Katkat, 1998).

Bor gereksinimi az olan bitkiler	Bor gereksinimi orta olan bitkiler	Bor gereksinimi fazla olan bitkiler
Buğday Yulaf Arpa		
Kara buğday Soya fasulyesi	Çayır üçgülü Kırmızı üçgül Ak üçgül	Elma Yonca
Bezelye	Taş yoncası	Kırmızı pancar Şeker pancarı
Yeşil fasulye Lima fasulyesi	Tütün Domates Mısır Marul Şeftali	Şalgam Lahana Karnabahar
Patates	Kiraz Zeytin Pamuk	Kuşkonmaz Ayçiçeği
Çilek Ahududu	Tatlı patates Yerbıstığı Havuç Soğan	Turp Kereviz
Yassı salkım otu	Armut	Haşhaş
Brom otu		
Keten		

1.2.5. Bitkilerde borun metabolik fonksiyonları

Bor bitkilerin gelişmesi, büyümesi için olmazsa olmaz olan elementlerden biridir. 1923 senesinden bu günümüze kadar borun bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal görevleri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Fakat sonuca ulaştırılamamış pek çok nokta olması sebebiyle bor ile ilgili çalışmalar günümüzde de devam etmektedir (Kacar ve Katkat, 1998). Bitkilerde metabolik ve fizyolojik görevlerine ait bilgiler bor eksikliğinde uygulanması durumunda bitkilerdeki değişikliklere bakarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Bor bitkilerde: Şekerlerin taşınmasında, lignifikasyon olgusunda, hücre duvarı yapısının meydana gelmesi, karbonhidrat metabolizmasında, hücre duvarı sentezinde, RNA metabolizmasında, solunumda, indolasetik asit (İAA) metabolizmasında, fenol metabolizmasında, biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli görevlere sahiptir (Demir Saygıdeğer, 2005).

Bor bitkilerde yaprak, kök ve gövdeleri ile (vejetatif) üreme yerine, eşeyli (generatif) üremede büyük önem taşır. Bitkinin yetiştiği yerlerde yeterli miktarda bor olmadığı zaman bitkinin kök ucunda hücre büyümesi ve çoğalmasının engellendiği, kök büyümesinin engellendiği ve kök bölümünün kısa ve odunlaşmış olduğu görülmüştür (Demirtaş, 2005).

1.2.6. Bitkilerde bor alımına etki eden faktörler

Toprak; Ana materyal olan toprak da temel faktör ve bu temel faktörün dağıtılıp bölünme kademelerine bağlı kalarak toplam bor içeriği 20 mg/kg ile 200 mg/kg arasında değişen değerler alır (Kacar ve Katkat, 1998). Toprakta var olan bor, killerin ve demir ile alüminyumun sulu oksitlerinin yüzey alanlarına adsorbe olmuş biçimde, organik maddelere yağ sentezlendiği sırada, yağ asitleri ve gliserol arasındaki bağ(ester) ile bağlanmış olarak, kayalar ve mineraller şeklinde, toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit (H_3BO_3) ve $B(OH)_4^-$ iyonları şeklinde bulunur (Kacar ve Katkat, 1998). Borun az miktarı suda çözünür durumda olduğu bulunur (Schobel, 1993).

Bor eksikliğine sebep olan toprak şartları; borca fakir olan ve lav parçalarından meydana gelen kayalardan oluşan tatlı su sediment topraklar, asidik topraklar, Alkalın topraklar (kalkerler), killi ve çakıllı topraklar, bor miktarı az miktardaki sulama suyu ile sulanmış, karbonat ve tuz depolanan sulama suyu ile sulanmış topraklar, içeriğinde organik madde fazla olmayan topraklar, kuraklık geçiren topraklardır (Demir Saygıdeğer, 2005).

Toprak Nemi; Kuru topraklarda bitkilerin bünyesine boru alması daha zordur ve daha az oranda olur. Bu sebeple kurak bölgelerde bor noksanlığı diğer bölgelere göre daha sık görülmektedir (Ho., 2000). Nem miktarı, bitkilerin boru topraktan almasına etkisi, sera ve tarlalarda yapılan birçok çalışma ile de ispatlanmıştır (Kacar ve Katkat, 1998).

pH; Toprak çözeltisinin pH'sı fazla ise boru bitkiler bünyelerine alamaz hale gelir. Bundan dolayı kireç uygulaması ara ara bitkilerde bor noksanlığına sebep olur (Ho., 2000). pH değeri 7'nin altına düşerse borun hepsi ayrışma olmadan $B(OH)_3$ formunda bulunmaktadır (Schobel, 1993).

Sıcaklık; Sıcaklık derecelerinin fazla olduğu toprakların bor adsorpsiyonu fazladır. Bu durumun yansması toprağın nemi ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi etkiler. Bundan dolayı yaz sıcaklarında havanın kuru olmasından dolayı bitkilerde bor noksanlığı sık görülen problemlerdendir (Saygıdeğer Demir, 2005).

Element etkileşimleri; Bor ve bütünü ayrışmadan $B(OH)_3^0$ formunda bulunur. Yüksek pH da ise $B(OH)_4^-$ iyonu oluşur (Schobel, 1993).



pH değeri 7 olduğunda toprak solisyonundaki borun %99'u $B(OH)_3^0$ ve % 0,9'u $B(OH)_4^-$ şeklindedir. Bitkiler topraktan boru $B(OH)_3^0$ iyonu şeklinde alır. Toprak çözeltisindeki B içeriği ve sıcak su ile ekstrakte edilebilen B, bitkilerin faydalanabileceği bor miktarının ölçüsü olarak görülür (Schobel, 1993).

Borun topraktan alımını kolaylaştıran en önemli element kalsiyumdur. Diğer elemenler bor alımından kalsiyum kadar etkilememektedir. Kalsiyumun dışında bor uygulaması bitkilere Azot uygulamasını da kolaylaştırır. Potasyum ile ciddi bir ilişki bulunmaktadır. Eğer yüksek oranda potasyum yüklemesi ürüne uygulanmışsa, istenilen ürün verim den düşmesini engellemek için bor takviyesi yapılır (Ho, 2000). Kalsiyum, magnezyum ve bor arasında ciddi bir korelasyon bulunmaktadır. Topraktaki az miktarda bulunan kalsiyum ve magnezyum bitki tarafından bulundurulurken, bor bitkilerde biriktirilir (Demir Saygıdeğer, 2005). Çinkonun düşük miktarda olması ve fosforun yüksek miktarda bulunması bitkiler de bor birikmesini arttırdığı gözlenmiştir. Aynı zamanda çinko, bitkilerde aşırı derece biriken borun zehirli etki yapmasını engeller (Ho, 2000).

Bitkisel Faktörler; Bitkiler topraktan bor alımına göre değişiklikler gösterir. Nedeni ise büyümeleri için gereken bor ihtiyaçlarının farklı olmasıdır. Bor miktarının eksik olması kuru olarak kütlelerinin kilogramı başına mg B olarak bildirilir. Buğday ve türevlerinde sınır değer 5-10 mg B'dur. Çift çenekli bitkiler de sınır değer 20-70 mg B'dur.

Organik (öz) suyu süt ve türevleri olan bitkiler için 80-100 mg B'dur. Bitkilerdeki bu farklılık, hücre duvarı farklılığından kaynaklanmaktadır. Buğdaygiller de hücre duvarı düşük miktarda pektik malzemesi ihtiva eder ve çok daha düşük kalsiyuma ihtiyaç olur. Bunun yanından silisyum alım kapasiteleri de farklıdır. Silisyum alımı kalsiyum ve bor alımıyla ters ilişkidir. Silisyum, kalsiyum ve bor hücre duvarı yapısında temel elementlerdir ve kalsiyum ile bor fizyolojik temellidir (Ho, 2000).

Organik madde; Sıcak su ile ayrıştırılan bor ile topraktaki organik maddenin yapısı ile ilgili olumlu bir bağıntı vardır (Ho, 2000).

1.2.7. Bitkilerde bor yetersizliği

Dünyada kurak bölgelerin alkali topraklarında, bunun yanı sıra ılık bölgelerin alkali topraklarında bor yetersizliği oldukça yaygındır. Bunun sebepleri; asit topraklarda $B(OH)_3$ 'ün adsorpsiyonunun düşüklüğü nedeniyle şiddetli borun yıkanmış olduğu ve alkali topraklarda ise $B(OH)_4^-$ 'in adsorpsiyon sonunda kuvvetli bor fiksasyonunun meydana gelmesidir. Borun eksik olması ılıman bölgelerde genelde kurak ve sıcak geçen dönemlerde kumlu topraklarda, aynı şekilde kurak bölgelerde kilce zengin topraklarda ortaya çıkmaktadır (Schobel, 1993).

Bitkilerdeki bor eksikliği demir, bakır, çinko, krom gibi iz element eksikliğine göre daha fazladır. Borun eksik olması bitkinin bazı dokularının oluşmasını ve gelişmesini engeller ya da yavaşlatır. Bor eksikliği bitkilerin bünyesine aldığı suyun dengesini ve düzenini olumsuz etkiler ve düzen bozulur. Bitkinin kabuk kısmı çürür ve kabuk da fazla miktarda reçine ve zambak oluşur. Kabuktaki asimilasyon ürünlerini taşıyan, faydalı kanalların tıkanması yapraklarda karbonhidrat birikmesine neden olur. Protein sentezi durur bundan dolayı yapraklarda çözünebilen azotlu bileşikler birikir. Borun verdiği zarar uç yapraklarda, olgun yaprakların damar aralarında sararmaya ve dokularının ölmesidir (Demirtaş, 2005). Bor ihtiyacı çok olan bitkilere bor gübresi ya da bor içeren kompoze bitki besin maddeleri veya boraks verilir (Schobel, 1993).

Organik ve kimyasal gübreler bor kaynağı olarak kullanılır. Ahır gübresi 17.4 mg/kg B içerir. Bor bulunan kimyasal gübreler yapraklara püskürtülerek uygulanır. Boraks ve sodyum tetraborat bilinen ve kullanılan gübrelerdir. Bu gübrelerden başka daha az kullanılan sodyum pentaborat ile solubordur (Borlu yaprak gübresi). Solubor dışında diğer sodyum boratlar toprağa direkt uygulanabileceği gibi yüksek çözünme özelliğinden dolayı püskürtülerek de bitkiye uygulanır (Demir Saygıdeğer, 2005).

Topraktan alınabilir bor miktarını bulabilmek için kullanılan yöntemlerin başında (Berger-truog metodu) kaynayan su ile toprağı ekstrakte etmektir (5 dk, toprak: su=1:2). Ilık bölge topraklarında su ile ayrıştırılan bor genelde 1 mg/kg'dan daha az olmaktadır. Bu veri kurak bölgelerdeki topraklarda yüz ve üzeri mg/kg olabilmektedir. Toprağın doygunluk ayrışmasındaki bor içeriğı bitkilerin bor içeriğı bitkilerin bor ihtiyaçları için bir ölçüt olarak kullanıla bilinir (Kacar ve Katkat, 1998).

1.2.8. Bitkiler üzerinde borun zararlı etkileri

Bor elementinin eksik olması gibi fazla olması bitki için tehlike oluşturmaktadır. Borun bitkiler için en elverişli ve zehirlilik seviyeleri arasındaki farklılık yeterince düşük olduğundan bitkilerin bor toksisitesi ve etki değerini belirlemek oldukça zordur. Bundan dolayıdır ki mikro elementlerin başında gelen borun, eksiklik ve zehirlilik belirtileri sık görülür (Keren ve ark.,1985; Goldberg, 1997).

Ilıman iklim kuşaklarında ki bitkilerde bor toksisitesi çok görülmez. Bor gübresinin çok miktarda kullanılması toksisiteye neden olur. Kurak ve yarı kurak bölgelerde bor zehirliliğı büyük önem taşır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde doğal olarak tuz birikmesi ya da fazla oranda sulama suların kullanılmasının sonucu olarak toprağın bor miktarı yönünden yoğunlaştırılması sağlanmaktadır. Toprakların suya doygunluk ekstratında 0,7 ppm bor oranı ve daha az miktarı hassas bitkiler için tolera olunabilir sınırdır (Sezen, 1988). Saturasyon ekstratında kabul edilen sınır değerleri; 0,7 ppm 'e kadar hassas bitkiler dayanır ve zarara uğramaz. 0,7-1,5 ppm onaylanabilir konsantrasyondur. 1,5 ppm'den fazla bor tehlike oluşturur. Fakat bor fazlalığına dayanıklı bitkiler de dayanır ve tehlike oluşturmaz (Demirtaş, 2005).

Atık su çamurlarının değerlendirilip kullanılması ve atık suların kullanılması toprakta bor oluşumuna kaynak oluşturur. Atık sularda ve arıtma çamurlarının bünyesindeki bor kaynağı evlerde kullanılan temizlik ürünlerindeki beyazlatıcı madde olan %10-25 perborattır. Atık sular bünyesinde var olan bor bileşikleri yüksek çözünürlükleri sebebiyle bu suların arıtımında bekletilemezler ve önemli bir bölümü deşarj edilen dere, göl, akarsu gibi yerlere karışır. Bor içermeyen akarsular, göller gibi yüzey suları 0.05-0.1 mg B/L bulundurmalarının yanında bor takviyesi yapılmış sulama sularında 0.6 mg B/L 'ye kadar analiz yapılmış. Bu nedenle bu miktardaki su içinde büyüüp yetişen hassas bitkilerde bor zehirliliğı görülebilir (Schobel, 1993).

Bor toksisitesine hassas olan bitkilerden fasulye, asma, incir başta gelir. Asma, incir ve fasulyeden daha az duyarlı olan domates, mısır, arpa, bezelye, patates ve yonca bitkileridir. Bor zehirliliğine en dayanıklı olan bitkiler ise şalgam, şeker pancarı ve pamuktur (Schobel, 1993).

1.2.9. Borun hayvanlar üzerindeki etkisi

Yiyeceklerine ve içme sularına bırakılarak veya midelerine direkt konularak kobay hayvanlarına verilen bor miktarı arasında ciddi fark oluşmasına rağmen belli yoğunluğa kadar olumsuz olarak görülen herhangi bir durum yaşanmamıştır. Fakat çok fazla dozlar verildiğinde hızlı (akut) bir zehirlilik görülmüş ve ölümler olmuştur. Yüksek dozlar uzun süre uygulandıktan sonra hayvanların testis içi dejenerasyon yaşar ve cinsel olay bitirilir. Yüksek dozda bor gebelere uygulanırsa yavrunun sağlıklı olarak oluşumuna zarar verir (Şaylı, 2000).

9000 mg/l borik asitli diyet tabi tutulan farelerde, bor dolaylı olmadan direkt plazma, karaciğer, beyin, salgı bezleri, böbrek, testis, kas ve prostat gibi yapılarda bulunduğu yağ dokusunda az miktarda tutulduğu daha çok (borun %20'si), kemik dokusunda biriktiği belirlenmiştir (Dünya Sağlık Örgütü, 1998; Velioğlu ve Şimşek 2003).

Borik asitin kuş, balık, faydalı böcekler ve memeliler üzerinde zehirli etkisi yoktur. Ama böceklerde orta bağırsakta zarara yol açtığı ve bu nedenle besin alınmasının ardından alınan besinin sindirilmesini engelleyerek böceğin ölmesine neden olmaktadır. Borik asit son zamanlarda zararlı böceklerle mücadelede kullanılmaktadır. Borik asidin kullanılmasının sebebi, üreme olmadığından dolayı böcek sayısının artmasının engellemesidir. Borik asidin zararlı böcekleri engellediği söylenmesinden dolayı, mısır şurubu su ve borik asitten oluşan karışım bitkilerin kök ve yapraklarına hafta da iki defa püskürtülerek bu bitkilere zarar veren böceklerin çoğalmaları ve yayılmaları önlenir. İnsan sağlığı ve yaşamı ile alakalı olan hamam böceği, ev çıyanı gibi zararlı böceklerle mücadelede borik asit besin saklama alanları restoran manav ambar okul hastane, sağlık ocakları otel, gemi otobüs tavan arası, kanalizasyon işyeri gibi kapalı alanlarda bazı şekerler ile karıştırılarak meydana getirilen formları olarak kullanılmaktadır. Borik asitin hayvanlar için öldürücü dozu hayvanın cinsine bağlı olarak hayvanın her kg'ı için 1-345 g arasında değişmektedir Hayvanın içme suyunda 2500 mg/l borik asit olması büyümeyi durdurduğu için zararlıdır (Uygan ve Çetin 2004).

1.3. Bor ve Sağlık

Meyvelerde, posa oranı yüksek olan sebzelerde, şarap, bira ve elma suyunda, sert kabuklu meyvelerde, baklagillerde, yüksek oranda bor bulunur (Eren, 2004). Bor bitkiler için en temel elementlerden biridir ve bu nedenle insanlar için gerekli olduğu ispatlanmıştır (Nielsen, 2008). Dünya sağlık örgütünün (WHO)'nun yaptığı araştırmaya göre hayvan ve insanlar için, yetişkin insanlarda kabul edilebilir sınır değeri 1-13 mg/gün olarak saptanmıştır (Nielsen, 2008). Borun en uygun miktarı, 3-6 mg/gün'dür. Bu oran meyve, sebze, kabuklu, kuru baklagillerden, kabuklu meyvelerden temin edilebilir (Sağlam ve ark., 2013).

1.3.1. Borun faydaları

Bor, mineral ve hormonal metabolizması, hücre zarı görevi ve enzim tepkimelerin de ciddi bir rolü olan eser elementtir (Aydın ve ark., 2018). Borun en yaygın formu olan Borik asit adet olamama, düzensiz adet, epilepsi, ürik asit yüksekliği ve bedendeki tüm aksaklıkların tedavisinde kullanılmıştır (Manuel, 1899). Son zamanlarda borun eklem ve kemik sağlığına katkısı olduğu araştırılmaktadır. Bunların dışında beyin işlevleri ile ilgili araştırmalar sürdürölmektedir (Murray, 1998). Bor insan yapısındaki magnezyum kalsiyum ve fosforun emiliminin dengeden tutma özelliğinden dolayı kemik sağlığı bakımından da önemlidir (Demir Saygıdeğer, 2005). Ayrıca bor inme, kalp rahatsızlığı, şeker hastalığı ve yaşlılığı da tesir etmektedir (Nielsen ve Stoecker, 2009). Bazı araştırmalar bor elementinin prostat kanserini önleyici özelliği olduğunu göstermiştir (Cui ve ark, 2004).

Bor ve Artrit: Borun artrit ağrılarına iyi geldiğine dair çalışmalar vardır. Bor alımının daha fazla olduğu ölkelerde artrit oranı daha az görölüyor (Hunt, 2012). Bir bor kompleksi olan kalsiyum fruktoborat hastalara günde 6mg verilmesinin ağır, orta, hafif, şiddetli osteoartriti hafiflettiği gözlenmiştir. Bundan dolayı ağrı kesici kullanma oranı azalmıştır. Ciddi oranda eklem sertliğinin kalmadığı, inflamatuvar stresi bertaraf ettiği ispatlanmıştır (Aydın ve ark, 2018).

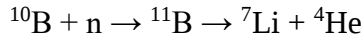
Bor ve Kemik Sağlığı; Hücre zarını dengeleyen bor, hücre zarındaki taşıyıcı sistemleri düzenler. Kemik deki yangı ve iltihabı engelleyen, kanser hücreleri üzerinde ve vücuttaki yağların yakılmasında önemli etkileri olan bor, kemik büyümesini ve kemik yapısını uyardığı gözlemlenmiş. (Aydın ve ark., 2018). Yeteri kadar bor alımı, kemik yapısının direncini arttırdığı görölmüştür (Nielsen ve Stoecker, 2009). Bor eksikliği kemik yapısının bozabilir kemik direncini etkisi altına alıp ve osteoporoz olma durumunu

arttırabilir. Domuz ve farelerde bor noksanlığı uyluk kemiğinin bükülme testi ile belirlenen kemik gücünü düşürmüştür (Armstrong ve ark., 2000). Yapılan başka bir araştırmada dışarıdan takviye olarak verilen borik asitin kemik kaybını düşürdüğü gözlenmiş fakat kemik yoğunluğuna etkisi olmadığı görülmüştür (Toker ve ark., 2016).

Bor ve Beyin Gelişimi; Bor merkezi sinir sisteminin çalışmasında önemli bir rol oynar. Yapılan bazı hayvan çalışmalarında, bora ihtiyaç duyulduğu ve çok az miktarda bor alımının bazı beyin fonksiyonlarını zayıflattığı bunu yanında bağışıklık sistemine de olumsuz yönde etkisi olduğu gösterilmiştir (Aydın ve ark., 2018). İyi takip edilen bir diyet programında uygulanan bor takviyesi yaşlı kadınlarda ile erkeklerde kısa zamanda hafızayı ve dikkati geliştirici etkisi bulunduğu, psikomotor hareketlerini toparladığı, yetenekleri ve davranışlar ve zihinsel dikkati arttırdığı belirlenmiştir (Pendland, 1998).

Bor ve Kanseri; Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, diyetle verilen borun kanser tedavisinde kanser türlerine göre riski azalttığı gösterilmiştir. Bor diyeti ve prostat kanseri arasında zıt bir bağlantı kuran bir epidemiyolojik araştırmada vurgulanarak belirtilmiştir (Chu ve ark., 2004).

BNCT yöntemi ile başka bir deyişle bor ile nötron yakalama yöntemi ile tümör olan kısma, borun ilaç şekli olan p-boronofenilalanin uygulanarak nötron bombardımanı uygulanmıştır (Kahraman, 2004).



Lityum (Li) ve Helyum (He) bünyede çok az bir zaman kalarak ve bu zaman içerisinde büyük bir bölgeye enerji vermektedir. Verilen parçacıklar kanserli hücreleri yok etmeye çalışırken sağlıklı hücreye hasara uğratmamaktadır (Saygıdeğer Demir, 2005).

Borun çok sayı da bileşiğinden faydalanan alanların başında Tıp ve eczacılık borun gelir. Sodyum perborat borik asit, bor oksit ve bileşiminde bor elementi var olan birçok bileşik sayesinde tıp alanında alerjik hastalıklarda, osteoporoz, psikiyatride, artrit ve kemik gelişimi tedavilerinde, diş hekimliği alanında dişlerin beyazlatılmasında, menopoz problemine çözüm bulmada, prostat kanserlerinde, cilt kanserlerinde, anti-HIV çalışmaların da faydalı olduğu, henüz araştırması yapılmamış kanser türlerinde de faydalı durumlar görülebileceği raporlanmıştır (Strum, 2003).

Bor ve Hormonal Fonksiyon; Bir çok araştırma bor kullanımının D vitamini, östrojen, tiroid hormono, insülin ve progesteron da dahil olmak üzere hormonları etkilediği saptanmıştır (Aydın ve ark., 2018). Yapılan çalışmalarda, magnezyum seviyeleri düşük tiroid ve hipertriod hastalarında bor alımı çarpıntı ve kas kramplarını engellediği

gözlenmiştir (Kenney ve McCoy, 2000). Borun cinsellik hormonları arttırıcı özelliğinden dolayı kalp krizini önlemede de etkili olduğu düşünülmektedir (Gregory ve Kelly, 1997).

Ömür Uzunluğu (İmmün Sistem); Düşük seviyelerde alınan bor yaşamı %9,5 oranında arttırmaktadır. Fazla alımı ise Meyve sineğinde yaşamı %69 oranında azaltmaktadır (Gregory ve Kelly, 1997).

Bazı ağız yaralarında mantar ve bakteri enfeksiyonlarında borik asitin etkili olduğu gözlenmektedir. Ağız gargaraları, göz ve burun damlaları borik asit ihtiva etmektedir (Newnham, 1994).

1.3.2. Bor eksikliği

Bor, kalsiyum ve magnezyum emiliminde rol aldığı için bor eksikliğinde magnezyum ve kalsiyum eksikliği de meydana gelecektir. Bu eksik minerallerin metabolizmada olmaması osteoporoz ve osteoartriti riskini artırır. Böbrek taşlarının oluşumu artar. Bor eksikliğinde zihnin aktifliğinde azalma görülür. Bunların yanında bor eksikliğinde insan ve hayvanlarda kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Vitamin D, methionin, arginin gibi bazı elementlerin fonksiyonlarında azalma başlar (Nielsen, 1994).

1.3.3. Borun vücuda girişi ve çıkışı

Bor insan vücuduna çoğunlukla ağız yoluyla yiyecek ve içeceklerle geçer. Havadaki borik ise deri yoluyla vücuda girer fakat deri yoluyla borun vücuda girmesi oldukça güçtür ancak deride yara varsa bu yolla vücut boru deri yolu ile almış olur. Bor elementine uyan radyoizotopu olmadığı için metabolizmasını çözmek zordur. Yapılan çalışmalarda sodyum borat, borik asit ve gıda yoluyla alınan bor mineralinin hızlı bir şekilde absorbe edildiği, büyük bir oranının idrarla atıldığı açıklanmıştır (Gezmen ve ark., 2014). Besinler le alınan borun çoğu borik asit şekline dönüşür. Borik asit damarlardan geçip bütün bünyeye dağılır (Murray,1998).

Borik asit, bor iyonu hidrolizinin en son ürünü olup, gastrointestinal sindirim sisteminin pH'ını tesir eden baskın inorganik bir bileşendir. Bundan dolayı bor vücutta taşınır ve borik asit olarak idrarla atılır. Metabolizmada taşınması esnasında borik asit genellikle cis-hidroksil grupları içeren biyolojik maddelerle reaksiyona girer (Vanderpool ve ark., 1994 ve Nielsen,1997). Bor alımı vücut için azaltıldığında, bor oranı bir miktar korunur, nedeni ise borun kemik içerisinde birikmesidir. Yapılan birçok çalışmada borun idrarla Ca ve Mg atılımını azalttığı gözlenmiştir (Nielsen, 1997).

Yapılan çalışmalarda borun alınması gereken günlük doz alımı ölçülmüş ve vücuda girişi erkeklerde 2.28+1.3 ve kadınlarda 2.16+1.1 mg/gün olarak bulunmuştur (Naghii ve ark., 1996). Literatürde rapor edilen verilerin bir kısmında uygun dozun 3 mg/gün olarak belirtilmiş olup piyasadaki bor tabletleri 3 ve 6 mg olarak üretilmiştir. Bor vücuda sıkça bor sitrat, sodyum borat, bor aspartat ve bor glisinat olarak alınır (Murray, 1998).

1.4. Borun Doğaya Etkileri

1.4.1. Havaya etkisi

Endüstriyel yol ile ve doğal kaynaklar ile havaya karışan borun havaya etkisi konusunda çok çalışma yapılmamıştır. Doğal kaynaklar okyanusları, volkanları, jeotermal buharları içermektedir. Bor tozuna maruz kalınan yerler genellikle bor madenleridir (Doğan ve ark, 2005).

1.4.2. Toprağa etkisi

Bor toprakta borat halinde bulunmaktadır. Bor, toprağın üzerine absorbe edilmiş olarak veya serbest halde anyon şeklinde toprak çözeltisinde ya da silikatların bir yapı taşı olarak bulunabilir (Uygan ve Çetin, 2004). Bor miktarı az olan topraklar 0,7 ppm, orta miktarda bor içeren topraklar 0,7-15 ppm, yüksek miktarda bor içeren topraklar 15-375 ppm olarak belirtilmiş olup az miktarda bor içeren toprakta yetişen bitkiler için hiç sorun olmamaktadır. Orta miktarda bor içeren toprakta yetişen bitkilerin bazılarında sorun olmamasına rağmen bazı bitkilerde problem olmuştur. Çok miktarda bor içeren topraklarda yetişen bitkiler için oldukça tehlikelidir (Uygan ve Çetin, 2004, Özgül, 1974).

1.4.3. Suyu etkisi

İçme suyuna etkisi ve tarımsal sulama suyuna etkisi olarak iki şekilde bor etkisi incelenir. Yapılan çalışmalarda özellikle içme suyu içerisinde bor miktarına bakılmış ve içme suyunda bor miktarının yüksek oranda olmadığı gözlenmiştir. Bu oranın yüksek çıkmaması insan sağlığı açısından önem kazanmaktadır (Doğan ve ark., 2005). İçme suları için bor sınır değerleri farklılık göstermektedir. 1968 de Su kalitesi kriterleri komitesi bor sınır değerini 1 mg/L olarak belirtmiş, 1971 de İçme suları teknik komitesi bu değeri kanıt olmadığından, insan sağlığı açısından 0,3 mg/L değerinin daha güvenilir olduğuna karar vermiştir (Wolf, 1971, Kalafatoğlu ve ark., 1997).

Ülkemizde 1998 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı Su Kirliliği kontrol yönetmeliğinin de içme sularında bor sınır değeri 1mg/ kg olup, bu miktarın 0,1mg/kg sınırın aşmaması gerektiğini belirtmiştir (Uygan ve Çetin, 2004, Gıda Tarım Örgütü (FAO), 1976). Tarımsal sulamalarda bitkilerin ve toprağın zarar görmemesi için sulama suyundaki bor miktarı 1 mg/ L'yi geçmemesi gerekir (Uygan ve Çetin, 2004, Gıda Tarım Örgütü (FAO), 1976).

1.4.4. Toksikoloji

Borun tüm organizmalar için toksik etkisi vardır fakat boraks ve borik asit formunda pestisit ve yiyecekleri koruyucu özelliği vardır. Dünya sağlık örgütü bor kullanımına bir sınırlama getirmiştir yiyecek koruyucu olarak kullanıldığından dolayı 100 mg üzerinde bor alımı toksik etkiye yol açar (Gregory ve Kelly, 1997). Öldürücü miktarda dozun yetişkin bireylerde 15-20 g, çocuklarda da 3-6 g olduğu belirtilmiştir. Yanlışlıkla yiyeceklerle beraber yüksek doz da bor, insan vücuduna alınırsa zehirlenmeye sebep olmaktadır (Gregory ve Kelly, 1997).

Borik asit sağlıklı dokulardan direkt absorbe edilir. Antiseptik maddeler bünyesinde Borik asitin olması bebeklerde zehirlenme nedenlerinden biri olarak görülür. İnsan vücuduna damar yoluyla 100 mg bor veya ağız yoluyla 270 mg borik asit verildiğinde herhangi bir olmadığı görülmüş; Ancak havadan gelen toza maruz kalınca, solunum yolu ile ve gözde tahrişe sebep olan Bor oksit veya borun yükseltgenme ürünleridir. Böbrek kanallarında hasar, sarılık, idrarda B2 vitamini (riboflavin salgısı) azalması, mide bulantısı, kusma, karın ağrısı, ishal, deride kızarıklık, ciğer fonksiyonlarında bozukluk akut bor zehirlenmesinin en yaygın belirtileridir. Kronik zehirlenme belirtileri ise sindirim sisteminde bozukluk, zayıflama, anemi, adet düzensizliği, havale, anoreksia gibi belirtilerdir (Doğan ve ark., 2005).

WHO'ya göre içme suyundaki bor miktarı 0,1-0,3 mg/L olarak belirlenmiştir. Gıdalarla bor alımı ise 1,2 mg/L olarak WHO tarafından kabul edilmiştir (Naghi ve ark., 1996). Günlük bor alımı coğrafyaya ve beslenme şekline göre değişkenlik gösterse de alınan doz 1-7 mg'ı geçmemelidir (Karadağ ve Türközü, 2014).

Bor mineralinin piyasada yer alan bazı ürünleri; Tri-Boron (Twinlab), Boron Extra Strength (Vitaline), Tetra Boron (sday), Boron-3 (GNC)'dir (Murray, 1998).

Ticari olarak borun tabletleri bütün şekliindedir. Bunlar; Kalsiyum, Vitamin D, Magnezyum, Glukozamin, Chondroitin sülfat, Curcumin, Bosvellia, Gelatin, İpriflavon'dir (Murray, 1998).

1.5. Bor Analiz Yöntemleri

Bor elementi tespit etmek için aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- 1) Kolorometrik yöntemler,
- 2) Florometrik yöntemler,
- 3) Potansiyometrik yöntemler,
- 4) İyon Kromatografisi,
- 5) Nötron Aktivasyon Analizleri (NAA),
- 6) Atomik spektrometrik yöntemler,
 - a) Alev atomik spektroskopisi (AES, AAS),
 - b) Plazma kaynaklı yöntemler (OES, MS)(Sah ve Brown, 1997).

1.Kolorometrik metodlarda; Bor ile kendine özgü tepkime veren, renkli bor kompleksleri meydana reaktifler kullanılmaktadır. Curcumin, quinalizarine, carmine, Azometin-H, arsenazo, kristal violet ve metilen mavisi gibi bileşikler bu reaktiflerdir (Sah ve Brown, 1997).

2.Florometrik metodlar; Bor, floresans etkisi olan birçok bileşik ile tepkimeye giren ve bu şekilde spektrofotometrik olarak tespit edilen bir yöntemdir. Bu reaktifler, 1.8-dihidroksi-3, Alizarin Red, 4,5-diidroksinaftalen-2, 6-naftalendisülfonik asit, 7-disülfonik asit 56 (kromotropik asit) dir. Florimetrik metod sıklıkla likit sistemlerle birlikte ölçüm yapılmaktadır (Şahin, 2007).

3.Potansiyometrik metodlar; Potansiyometrik yöntemler de borun örnek matriksinden kopması beklenmektedir. Borun potansiyometrik analizi BF₄⁻ (tetrafloroborat iyonu) seçici elektrot ile uygulanmaktadır. Potansiyometrik yöntemler çoğunlukla örnek matriksinin etkisinde kaldığı için sık olarak uygulanmazlar. Özellikle bitki ve toprak örnekleri çok kompleks matrikse sahip olduğundan bu yöntemle bor tayini uygun değildir (Şahin, 2007).

4.İyon Kromatografisi; İyon kromatografisi, iyon değiştirici kolonda alakalı iyonların ayrılmasına yönelik bir metoddur (Saygıdeğer Demir, 2005).

5.Nötron Aktivasyon Analizleri (NAA); NAA, örneğin 0.025 eV enerjili termal nötronlarla bombardıman edilerek açığa çıkan enerjinin ölçümüne dayalı bir yöntemdir.

6.Atomik spektrometrik metodlar; Spektrofotometrik metodlar, bor analizi için sıklıkla tercih edilmektedir (Sah ve Brown, 1997).

a) Alev emisyon spektroskopisi (AES) ve Alev absorpsiyon spektroskopisi (AAS) metodlarıyla bor analizinde, borun örnek matrisinden ayrılması gerekmektedir. AES ve AAS metodları hassas bir ölçüm tekniğine sahiptir ve hafıza etkisi de vardır (Sah ve Brown, 1997).

b) Plazma kaynaklı metodlar; İçerisinde elektronlar bulunduran plazma, pozitif iyonlar ve nötral iyonlardan oluşan bir gaz karışımıdır. Sıklıkla kullanılan plazma gazıdır Argon gazıdır. Ancak başka gaz ya da gaz karışımları da uygulanmaktadır (Zurnacı, 2015).

Optik Emisyon Spektroskopisi (OES); İçerisinde elektronlar, pozitif iyonlar ve nötral iyonlardan oluşan gaz karışımıdır. Argon gazı kullanılan plazma gazıdır. Bor (B), kükürt (S), azot (N) gibi tayini güç yapılan elementler, düşük değer sınırları olan elementlerin büyük bir lineer aralıkta elementlerin ölçümleri ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) bakmak mümkündür. Bor tespit yöntemlerinden en uygun olanıdır. Düşük miktardaki elementler veya zor matrisler için ICP-OES yöntemi uygundur (Zurnacı, 2015).

İndüksiyonla birleşmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS); (ICP-MS), indüktif olarak eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrofotometresi katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde kalitatif, kantitatif yada yarı kantitatif elementel ölçümler yaptırılmaktadır. Atomik emisyon tekniğine dayanan plazma kaynaklı elementel analiz yapan teknik olarak da kısaca ifade edilebilir. ICP-MS sistemi temel olarak plazma kaynağı ve kütle detektörü olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Genel olarak ICP-MS ile içme suları, atık sular, jeolojik, jeokimya, petrokimya, gıda, hidrojeoloji alanında analizler gerçekleştirilmektedir. ICP-MS pek çok element analizi için düşük gözlenebilme sınırı, yüksek seçicilik, doğruluk ve kesinliğinin çok iyi olması nedeniyle tercih edilen önemli analitik tekniklerdendir (Zurnacı, 2015).

Diğer yöntemlere göre avantajları; yüksek derecede hassas ölçüm yapma özelliğine var olması ve bor konsantrasyonu ile beraber, atom numaraları aynı olan element miktarını da göstermesidir. Bor elementinin izotopları ölçülerek sıklıkla biyolojik çalışmalarda önemli yer tutar. Bunun yanı sıra ICP-MS ölçüm cihazıyla bor tayini pahalı bir yöntemdir. 2-3 dakika kısa bir zaman zarfında ICP-MS cihazı periyodik cetveldeki tüm elementlerin

tainine bakmak mümkündür. Öteki yöntemlere göre avantajları; yüksek hassaslıkta ölçüm yapması ve bor konsantrasyonu ile birlikte, izotoplarının miktarlarının bulunmasıdır. Biyolojik araştırmalarda bor elementinin izotop miktarlarını belirtilmesi çok önemlidir (Montaser ve Golightly, 1992).

1.6. Çalışmanın Amacı

Canlı büyümesi için gerekli olan beslenmede doğal mineral tanımının geliştirilmesi ile birlikte bor elementi de önemli elementler gurubuna dahil edilmiş, biyokimyasal ve metabolik etkiler doğrultusunda çok sayıda bilimsel çalışmaya konu olmuştur (Aydın ve ark., 2018). Mikro besin elementi olan bor canlı beslenmesinde önemli bir yer tutmuştur. Bu elementlerin çok fazla etki katsayıları olur ve az miktarda bile en iyi etkiyi sağlamak için yeterlidir. Birçok sanayi dalında da farklı amaçlarla kullanılan Bor, sağlık açısından da önemli bir yere sahiptir (Yakıncı ve Kök, 2016). Borun insan sağlığına etkisi üzerine çok çalışma olmasa da yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda borun, mineral ve hormonal metabolizması, hücre zarı fonksiyonu ve reaksiyonlarında önemli bir yeri olan elementtir. Bor kalsiyum ve kemik yapısında yer alır. Canlı büyümesi için gerekli olan beslenmede doğal mineral tanımının geliştirilmesi ile birlikte bor elementi de önemli elementler gurubuna dahil edilmiş, biyokimyasal ve metabolik etkiler doğrultusunda çok sayıda bilimsel çalışmaya konu olmuştur (Aydın ve ark., 2018). Mikro besin elementi olan bor canlı beslenmesinde önemli bir yer tutmuştur. Bu elementlerin çok fazla etki katsayıları olur ve az miktarda bile en iyi etkiyi sağlamak için yeterlidir. Birçok sanayi dalında da farklı amaçlarla kullanılan Bor, sağlık açısından da önemli bir yere sahiptir (Yakıncı ve Kök, 2016).

Borun insan sağlığına etkisi üzerine çok çalışma olmasa da yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda borun, mineral ve hormonal metabolizması, hücre zarı fonksiyonu ve reaksiyonlarında önemli bir yeri olan elementtir. Bor kalsiyum ve kemik yapısında yer alır. 250'den fazla minerali olan bor madeninin bulunması, canlılar üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri merak uyandırmıştır. Borun insan ve hayvan sağlığına etkilerine bakılmadan önce Bor mineralinin varlığının ispatlanması gerekmektedir. Yapılan araştırmalara göre Türkiye'de İstanbul, Ankara, Kütahya, Balıkesir, Eskişehir gibi illerde yetişen tarım ürünlerinin bünyesindeki bor miktarı tespit edilmişse de Tunceli ve Elazığ yöresinde herhangi bir inceleme yapılmamıştır. Bu anlamda çalışmamız yeni verilerin elde edilmesinde önemli katkı sağlayacaktır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı; Tunceli ve

Elazığ yöresinde yetişen tarımsal ürünlerin ve endemik bitkilerin bünyesinde bor mineralinin var olup olmadığını tespit etmektir.

Yapılacak bu çalışmada Tunceli ve Elazığ yöresinde yetiştirilen, sıkça tüketilen tarımsal ürünlerin ve bitkilerin bünyelerinde bulunan bor mineralinin analizini ICP-MS yöntemiyle yapmaktır. Bu yöntemin kullanılması, bu bölgede yetişen ürünlerin bünyesinde bulunan bor elementinin miktarını hassas bir şekilde, hatasız olarak belirlemektir. Böylelikle bu yörede yaşayan ve bu yörede yetişen ürünleri tüketen insan ve hayvanların ne oranda bor mineralini bünyelerine aldıkları hakkında istatistiki veri elde ederek insan sağlığı ve hayvan sağlığı üzerine yapılacak çalışmalara ışık tutmaktır. Ayrıca yapılacak olan bu çalışmada Tunceli ve Elazığ yöresinde yetişen tarımsal ürünlerin bünyesinde bulunan bor mineralinin kaynağı olan toprağın yapısı hakkında yapılacak çalışmalara da fikir vermektir. Tunceli ve Elazığ yöresinde yetişen ürünlerin bünyesinde bulunan bor miktarının belirlenmesinin, bu konunun aydınlatılmasının bilimsel düzeyde anlamlı katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Projenin gerçekleştirilmesi sırasında oluşturulacak makaleler ve bunların SCI indeksli dergilerde yayınlanması, bilimsel olarak projenin uluslararası düzeydeki önemli yararlarından olacaktır.

1.7. İstatistiksel Analiz

Laboratuvar analizleri sonucunda elde edilen veriler SPSS 24 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Tespit edilen bor miktarlarının betimsel istatistiklerini yapmak üzere frekans, standart sapma ve ortalama değerlerine bakılmıştır. Bitkilerin alındığı il, ilçe, köy, tür değişkenine göre tespit edilen bor miktarının karşılaştırılmasını yapmak için bağımsız örnekler t-testi ve tek yönlü ANOVA testi yapılmıştır. Yaş yakma ve kuru yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarları arasında ilişki olup olmadığına bakmak için ise Pearson Moment korelasyon analizi yapılmıştır. İstatistiklerde anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

2. MATERYAL ve METOD

2.1. Çalışma Materyali

Bu çalışmada Tunceli'nin Pertek ve Hozat ilçelerinden, Elazığ'ın merkez ilçesine bağlı Hankendi, Erpinik, Göl, Gezin, Gözeli, Kırac ve Sakabaşı köylerinden, Baskil ilçesinden, Sivrice ilçesinin Kürk köyünden, domates, salatalık, biber, patlıcan, kabak, sarımsak, fasulye, taze soğan, kuru soğan, reyhan, küte, ıskın, kayısı, çilek, kiraz, elma şeftali ve erik temmuz ve ağustos aylarında ilk hasat zamanında bahçe ve tarlalardan toplandı.

Pandemi nedeniyle bazı bölgelere gidilemediğinden, planlanan bazı sebze ve meyve örnekleri toplanamadı. Toplanan örnekler yıkanmadan, çekirdekli olanlar çekirdeklerinden ayrıştırılarak, çekirdeksiz olanlar direk doğranarak cam kaplara alındı. Kuru yakma yöntemiyle Bor analizi yapılacak olan 34 adet numune etüvde 70 °C de kurutulup öğütülerek Bor analiz tayini için hazırlandı. Yaş yakma yöntemiyle Bor analizi yapılacak olan 30 adet numune örneği ise kurutulmadan öğütülerek Bor tayini için hazır hale getirildi. Bor analizi yapılacak sebze ve meyvelerin toplandığı il ve ilçeler Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Bor analizi yapılacak sebze ve meyvelerin toplandığı bölgeler

Sebze	Toplandığı il	Toplandığı ilçe/köy	Meyve	Toplandığı il	Toplandığı ilçe/köy
Patlıcan	Elazığ	Kırac	Kayısı	Elazığ	Göl köyü
Patlıcan	Tunceli	Pertek	Yeşil elma	Tunceli	Pertek
Domates	Elazığ	Kırac	Sarı elma	Elazığ	Erpinik
Domates	Elazığ	Göl köyü	Işkın	Tunceli	Pertek
Domates	Tunceli	Pertek	Işkın	Tunceli	Hozat
Biber	Elazığ	Göl köyü	Işkın	Tunceli	Pertek
Biber	Tunceli	Pertek	Şeftali	Elazığ	Kırac
Salatalık	Elazığ	Gözeli	Kiraz	Elazığ	Sakabaşı
Salatalık	Tunceli	Pertek	Kiraz	Elazığ	Baskil
Kabak	Elazığ	Göl köyü	Çilek(yapraklı)	Elazığ	Gezin
Kabak	Tunceli	Pertek	Çilek(yapraksız)	Elazığ	Gezin
Sarımsak	Tunceli	Pertek	Can Eriği	Elazığ	Kürk
Fasulye	Elazığ	Erpinik			
Kuru soğan	Tunceli	Pertek			
Taze soğan	Elazığ	Hankendi			
Reyhan	Elazığ	Kırac			
Reyhan	Elazığ	Hankendi			
Reyhan	Tunceli	Pertek			
Küte	Elazığ	Kırac			
Bamya	Elazığ	Hankendi			
Maydanoz	Elazığ	Kırac			
Maydanoz	Tunceli	Pertek			

2.2. Metod

Bu çalışmada 64 adet numunenin 30 adedi yaş yakma yöntemi ile 34 adedi kuru yakma yöntemi ile İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) sistemi kullanılarak bor analizi yapıldı. ICP-MS sistemi, indüktif eşleşmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometresi (MS) kısımlarından meydana gelen bir ölçüm cihazıdır. ICP-MS katı ve sıvı numunelerde doğada var olan çoğu elementin çabuk, hatasız ve hassas bir şekilde, niteliksel, niceliksel veya yarı niceliksel olarak ölçülmesine olanak oluşturan son teknoloji bir tayin yöntemidir. ICP-MS cihazının çalışma prensibi yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, sıklıkla argon gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tayin yöntemidir.

Yapılan çalışma da numunelerin element analizleri için kuarz nebulizergazlaştırıcı, cyclonicspraychamber ve entegre bir auto-sampler bulunduran ICP-MS NexION R 2000 (Perkin Elmer R Inc.USA) cihazından yararlanıldı. Human Pover cihazından temin edilen 18,3 MΩ ultra saf su kullanılarak %1 nitrik asit-ultra saf su bulunduran yıkama çözeltisi oluşturularak ICP-MS metodu, numune hazırlanmasında 30 adet yaş yakma yöntemiyle 34 adet kuru yakma yöntemiyle bor analizine bakılacak sebze ve meyvelerin yaş yakma yöntemiyle bakılacaklara Y kodu (Y1, Y2, Y3.....Y30), kuru yakma yöntemiyle bakılacaklara ise K kodu (K1, K2,....K34) verildi. Bu numunelerden yaklaşık 1 gr tartılarak mikrodalgada fırının teflon kaplarına aktarılarak her bir numunenin üzerine derişik 10 ml nitrik asit eklenerek mikro dalgada hazırlandı. (Yakma işlemi 20-25 dk da 200 °C ye gelinip 10 dk beklenilerek yapıldı.) ICP-MS kalibrasyon çözeltileri ticari olarak satılan çoklu element standartları %1'lik (nitrik asit-ultra saf su)ile seyreltilerek Tablo 2.2' de belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Ayrıca her ölçümden önce ICP-MS kalibrasyonu yapılmıştır. Element analizlerinin kontrolü için konsantrasyon aralığında internal standart kullanılmıştır.

Tablo 2.2. Kalibrasyon Standartları

	1.standart 1 (ppb)	2.standart 10 (ppb)	3.standart 20 (ppb)	4.standart 30 (ppb)	5.standart 40(ppb)	İnternal Standart
Analitler			B			⁴⁵ Sc ⁸⁹ Y

Bir peristaltik pompa aracılığıyla numuneler argon gazı akışı ile cyclonicspraychamber 'e gönderildi. Yapılan ölçümlerde ayarlama, girişimler, veri toplama ve veri analizi dahil olmak üzere cihazı kontrol etmek için ICP-MS NexION cihaz yazılımı kullanıldı. Girişimleri önlemek için argon gazına ek olarak yüksek oranda helyum gazı kullanıldı. ICP cihazının tüm çalışma koşulları Tablo 2.3' de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Cihaz koşulları

Parametre	Açıklama/ Değer
Nebulizer (Nebulizatör)	MEINHARD plusGlassType C
Spray Chamber (sprey odası)	Glasscyclonic (baffled), 4 °C
One-Piece Torch (Tek parça meşale)	w/2.5 mm QurtzInjector
Injector (enjektör)	2.0 mm i.d.
Nebulizer Flow (Nebulizatör akışı)	Optimizedfor<2 % oxides
RF Power (RF gücü)	1600 W
Parametre	Açıklama/ Değer
Cones (Koniler)	Ni
Replicates (Kopyalar)	3
LD well time (LD)	50 ms
Aerosol Diluton (Aerosol seyreltme)	Set to 2.5x
SampleDeliveryRate(Örnek Teslimat oranı)	350 µL/ min
Rinse time (Durulama süresi)	45 saniye
Nebulizergasflow rate(Nebulizatörakış hızı)	0,93 L/min
Deflector voltage (Saptırıcı voltajı)	-12 V
Analog stagevoltage(Analog kademe gerilimi)	-1750 V
Pulsestage voltage (Darbe gerilimi)	1100V
Discriminatör threshold (Ayırıcı eşik)	26
Sample Tubing (orange-Yellow) (Örnek tüp (Turuncu-Yeşil)	Flared PVC Pump tubes 0,51mm/0,89mm
Internal standart tubing (Orange-red) Dahili standart boru (turuncu-kırmızı)	Flared PVC Pump tubes 0,19mm/0,91mm
Alternatingcurrent (AC) rodoffset Alternatif akım çubuk offset	-4

ICP-MS analizi için Mikrodalga fırınında çözündürme işlemi

ICP-MS metodu, numune hazırlanmasında kuru yakma kuru (k) yöntemiyle bor miktarına bakılacak sebze ve meyvelere k1,k2,k3...k34 kodları, yaş yakma (Y) yöntemiyle bakılacak numunelere y1, y2,...y30 kodları verilerek bu numunelerden yaklaşık 1 gram tartılarak mikrodalga fırının teflon kaplarına aktarılarak her bir numunenin üzerine derişik 10 ml nitrik asit eklendi. Teflon kapların kapağı sıkıca kapatılarak Cem marka Mars6 One touch (USA) model mikrodalga parçalayıcı fırınına yerleştirildi. 15 dakika (dk) içinde maksimum sıcaklık 200 °C'ye kadar yükseltilerek bu sıcaklıkta 15 dk bekletildi. Toplamda 30 dk kapalı sistemde bekletilerek çözündürme işlemi gerçekleştirildi. Mikrodalga fırın sıcaklığının ortam koşullarına dönmesinden sonra teflon kaplarda bulunan çözelti ultra saf su ile teflon kaplar kapakları ile beraber iyice yıkanarak 50 ml'lik balon jojeye alınarak tamamlandı.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular

3.1.1 Elazığ ve Tunceli illerinden alınan sebze ve meyve örneklerinde bor miktarları

Bu çalışmada, Tunceli ilinin Pertek ve Hozat ve ovacık ilçelerinden; ışıkn, patlıcan, domates, biber, salatalık, kabak, sarımsak, kuru soğan, yeşil elma, reyhan, maydanoz ve Elazığ ilinin merkez ilçesine bağlı Hankendi, Erpinik, Göl, Gezin, Gözeli, Kırac ve Sakabaşı köylerinden ise patlıcan, domates, biber, salatalık, kabak, fasulye, taze soğan, Kuru soğan, kayısı, sarı elma, reyhan, şeftali, küte, bamya, maydanoz, kiraz, çilek, Baskil ilçesinden ise kiraz, Sivrice ilçesinin Kürk köyünden ise can eriği temmuz ve ağustos aylarında ilk hasat zamanında bahçe ve tarlalardan toplanarak yaş ve kuru yakma yöntemi ile bor miktar tespiti yapmak için kullanıldı. Pandemi nedeniyle bazı bölgelere gidilemediğinden, planlanan bazı sebze ve meyve örnekleri toplanamadı (Tablo 3.1). Bu materyaller ikiye ayrılarak bunlardan 30 adet numune yaş yakma yöntemi ile 34 adet numune ise kuru yakma yöntemi ile Bor tayini analizi için hazırlanarak toplam 64 adet numunenin ICP-MS ile Bor miktarına bakıldı. Tablo 3.1’de Elazığ ve Tunceli illerinden alınan Sebze ve Meyve örneklerinde Bor miktarları gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Elazığ ve Tunceli illerinden alınan sebze ve meyve örneklerinde bor miktarları.

Örnek Adı (Sebze/meyve)	Toplandığı İl	Toplandığı İlçe/köy	Yaş Yakma (y) Yöntemi bor miktarı (Mg/kg)	Kuru Yakma (k) Yöntemi (Mg/kg)
Nane	Elazığ	Kıraç köyü	5.3744	46.0120
Nane	Tunceli	-	-	-
Reyhan	Elazığ	Hankendi		38.7769
Reyhan	Tunceli	Pertek	3.1992	41.5273
Fasulye	Elazığ	Erpinik	2.3602	19.8133
Fasulye	Tunceli	-	-	-
Küte	Elazığ	Kıraç köyü	0.1342	22.8193
Küte	Tunceli	-	-	-
Bamya	Elazığ	Hankendi	1.0091	21.6112
Bamya	Tunceli	-	-	-
Kabak	Elazığ	Göl köyü	0.4259	36.6579
Kabak	Tunceli	Pertek	0.0676	37.9751
Domates	Elazığ	Kıraç köyü	N.D*	11.2223
Domates	Elazığ	Göl köyü	N.D	15.1354
Domates	Tunceli	Pertek	N.D	10.0182
Patlıcan	Elazığ	Kıraç köyü	0.2299	21.1519
Patlıcan	Tunceli	Pertek	0.6886	24.5347
Salatalık	Elazığ	Gözel	N.D	35.7682
Salatalık	Tunceli	Pertek	N.D	16.7068
Maydanoz	Elazığ	Kıraç köyü	2.2892	34.1047
Maydanoz	Tunceli	Pertek		32.2184
Biber	Elazığ	Göl köyü	N.D	15.8204
Biber	Tunceli	Pertek	N.D	15.2552
Taze soğan	Elazığ	Hankendi	0.4299	19.3399
Taze Soğan	Tunceli	-	-	-
Kuru soğan	Tunceli	Pertek	0.0782	7.2750
Kuru soğan	Elazığ	-	-	-
Sarımsak	Tunceli	Pertek	0.3366	1.5958
Kayısı	Elazığ	Göl köyü	6.5454	23.1957
Yeşil elma	Tunceli	Pertek	2.9985	4.3465
Işkın	Tunceli	Ovacık	3.7825	18.3218
Işkın	Tunceli	Pertek		21.1665
Işkın	Tunceli	Hozat		18.7118
Şeftali	Elazığ	Kıraç köyü	2.7920	39.2012
Elma	Elazığ	Erpinik	1.5284	11.7010
Kiraz	Elazığ	Sakabaşı	0.0265	7.5492
Kiraz	Elazığ	Baskil	N.D	10.4945
Can eriği	Elazığ	Kürk köyü	2.6927	39.7224
Çilek (Yapraklı)	Elazığ	Gezin	0.3562	11.7878
Çilek (Yapraksız)	Elazığ	Gezin	N.D	10.1215

*ND: Ürün temin edilemedi.

Tablo 3.1’ de görüldüğü gibi Elazığ’ın Kıraç köyünden toplanan nane de yaş yakma yöntemiyle bor miktarına bakıldığında 5.3743 mg/kg bor tespit edilirken, kuru yakma yöntemiyle ise nanede 46.0120 mg/kg bor tespit edildi. Tunceli ilinde ise pandemi sebebiyle gidilemediğinden nane temin edilemedi. Tunceli ili Pertek ilçesinden toplanan

reyhanda yaş yakma yöntemiyle 3.1992 mg/kg bor tespit edilirken kuru yakma yöntemiyle 41.5273mg/kg bor görülmüştür. Elazığ'ın Hankendi beldesinden toplanan reyhana kuru yakma yöntemiyle bakılıp 38.7769 mg/kg bor bulunmuştur. Elazığ'ın Erpinik köyünden toplanan fasulyeye yaş yakma yöntemiyle bakıldı ve bor miktarı 2.3602 mg/kg bulundu, kuru yakma yöntemiyle ise fasulyede 19.8133 mg/kg tespit edildi. Elazığ'ın Kırac köyünden alınan küte de yaş yakma yöntemiyle 0.1342 mg/kg bor tespit edilirken kuru yakma yöntemiyle ise kütede 22.8193 mg/kg bor tespit edildi. Elazığ ili Hankendi beldesinden alınan bamyada yaş yakma yöntemiyle 1.0091 mg/kg, kuru yakma yöntemiyle ise 21.6112 mg/kg bor bulundu. Elazığ ili Göl köyünden toplanan kabak da yaş yakma yöntemiyle 0.4259 mg/kg, kuru yakma yöntemi ile 36.6579 mg/kg borun olduğu görüldü. Tunceli'nin Pertek ilçesinden alınan kabak da ise yaş yakma yöntemi ile 0.0676 mg/kg, kuru yakma yöntemi ile 37.9752 mg/kg bor bulundu. Elazığ'ın Kırac ve Göl köyünden, Tunceli'nin Pertek ilçesinden toplanan domateslerde yaş yakma yöntemiyle bor olmadığı fakat kuru yakma yöntemiyle domateste bor miktarına bakıldığında Kırac'dan alınan domatesde ise 11.2223mg/kg, Göl köyünden temin edilen domatesde 15.1354 mg/kg, Pertek' den toplanan domatesde ise 10.0182 mg/kg bor tespit edildi. Kırac' da toplanan Patlıcanda ise yaş yakma yöntemiyle bor miktarına bakıldığında 0.2299 mg/kg, kuru yakma yönteminde ise 21.1519 mg/kg bor bulundu. Pertek' den alınan patlıcanda ise yaş yaş yakma yöntemiyle 0.6886 mg/kg tespit edilirken, kuru yakma yöntemiyle ise 24.5347 mg/kg bor tespit edildi. Elazığ Gözeli köyünden, Tunceli'nin Pertek ilçesinden alınan salatalık da yaş yakma yöntemiyle bor bulunmaz iken, kuru yakma yöntemiyle ise sırasıyla 35.7682 mg/kg, 16.7068 mg/kg bor bulundu. Kırac'dan alınan maydanozda yaş yakma yöntemi ile 2.2892 mg/kg, kuru yakma yöntemiyle ise 34.1047 mg/kg bor bulunurken, Pertek'den toplanan maydanozda kuru yöntemde 32.2184 mg/kg bor bulundu. Göl köyü ve Pertek'den toplanan biberde yaş yakma yöntemiyle bor bulunmazken, kuru yakma yönteminde sırasıyla 15.8204 mg/kg ve 15.2552 mg/kg bor bulundu. Elazığ ili Hankendi beldesinden taze soğanda yaş yakma yöntemiyle 0.4299 mg/kg, kuru yakma yönteminde 19.3399 mg/kg bor tespit edildi. Tunceli ili pertek ilçesinden ise kuru soğana bakıldı ve yaş yaş yakma yöntemiyle bor 0.0782 mg/kg varken, kuru yakma yöntemiyle ise 7.2750 mg/kg bulundu. Tunceli'nin Pertek ilçesinden endemik sebze olan sarımsak da yaş yöntemde 0.3366 mg/kg bor bulundu, kuru metodda ise 1.5958 mg/kg olduğu tespit edildi. Meyvelerden ise kayısı Elazığ'ın Göl köyünden toplandı ve yaş yakma yönteminde 6.5454mg/kg bor bulunurken, kuru yakma yöntemiyle 23.1957 mg/kg borun olduğu

görüldü. Pertek'den yeşil elma alınarak yaş yakmada 2.9985 mg/kg, kuru yakmada ise 4.3465 mg/kg bor tespit edildi. Tunceli ili Ovacık ilçesinden ışkın alındı ve yaş yakma yönteminde 3.7825mg/kg bor varken, kuru yakma yönteminde ise 18.3218 mg/kg bor var olduğu görüldü. Pertek ve Hozat ilçesinden de ışkın incelendi, kuru yakma metoduyla ise sırasıyla 21.1665 ve 18.7118 mg/kg bor tespit edildi. Elazığ'ın Kırac köyünden şeftali, Erpinik köyünden elmanın bor miktarına bakıldı ve sırasıyla yaş yakma yönteminde 2.7929 mg/kg ve kuru yakma yöntemiyle 39.2012 mg/kg, elmada 1.5284 mg/kg bor bulundu.

Elazığ'ın Sakabaşı köyünden alınan kiraz yaş yakma yöntemiyle 0.0265mg/kg, Baskil de alınan kirazda ise bor bulunmazken kuru yakma yöntemiyle de kiraz için Sakabaşı köyünde 7.5492 mg/kg bulundu. Baskil ilçesinden toplanan kirazda tespit edilen bor yaş yöntem metoduyla bakıldığında bor tespit edilememiştir. Kuru yakma yöntemiyle ise kirazda 10.4945 mg/kg bulundu. Can eriğinde bor miktarına bakıldı ve Kürk köyünden toplanan erik de yaş yakma yöntemiyle 2.6927 mg/kg, kuru yakma yöntemde ise 39,7224 mg/kg bor tespit edildi. Gezinden çilek toplandı, yapraklı ve yapraksız olarak analiz edildi. Yapraklı çilek de yaş yakma yönteminde 0.3562 mg/kg, kuru yakma yöntemiyle 11.7878 mg/kg bor görüldü. Yapraksız çilek de ise yaş yakma yöntemiyle bor bulunmazken kuru yakma yöntemiyle 10.1215 mg/kg bor bulundu.

Tablo 3.1.' de görüldüğü üzere sebzelerden Tunceli'nin Pertek ilçesinden, Elazığ'ın Kırac ve Göl köyünden toplanan domates örneğinde, yaş yakma yöntemi ile yapılan bor analizi sonucu Bor mineraline rastlanmadı. Aynı zamanda Tunceli'nin Pertek ilçesinden ve Elazığ'ın Gözeli köyünden toplanan salatalık örneğinde de bor minerali görülmedi. Tunceli ili Pertek ilçesi ve Elazığ ili Göl köyünden toplanan biber örneğinde de bor minerali görülmedi. Meyvelerden ise Elazığ ili Baskil ilçesinden toplanan kiraz ve Gezin köyünden toplanan çilek yapraksız olarak analiz edildi ve bor minerali tespit edilemedi.

Bu çalışmada, Tunceli ve Elazığ ilinde sık tüketilen sebze ve meyve içerisinde bulunan bor miktarı ICP-MS cihazı kullanılarak tespit edildi. Bor elementinin kalibrasyon grafiğinin (standart çalışma grafiğinin) 0.999214 olması bir başka deyişle 1'e yakın olması yapılan analizin doğruluğunun bir göstergesidir. Standart çalışma grafiğinde 5 adet kalibrasyon standardı kullanıldı.

3.1.2 Çalışmada kullanılan numunelere ilişkin bitki türüne göre (sebze ve meyve örnekleri), yaş ve kuru yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarları

Çalışmamızda Alınan numunelere ilişkin bitki türü (sebze ve meyve örnekleri), alındığı il, bölge, yaş ve kuru kurutulmasına ilişkin bilgilere Tablo 3.2’de yer verilmiştir.

Tablo 3.2. Örneklere ilişkin betimleyici istatistikler.

	N*	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Örnek ^a	34/30	1	23	11.47	6.354
İl ^b	34	1.00	2.00	1.3824	.49327
Bölge ^c	34	1.00	11.00	4.0294	3.15734
Yaş	30(21)	.0265	6.5454	1.778343	1.8603901
Kuru	34	1.5958	46.0120	21.813544	12.1368135
Bor İçeriği (BND) ^d	9				

*: Numune,

a:Kuru/yaş sebze ve meyve

b:Tunceli Elazığ

c:İlçe/Köy

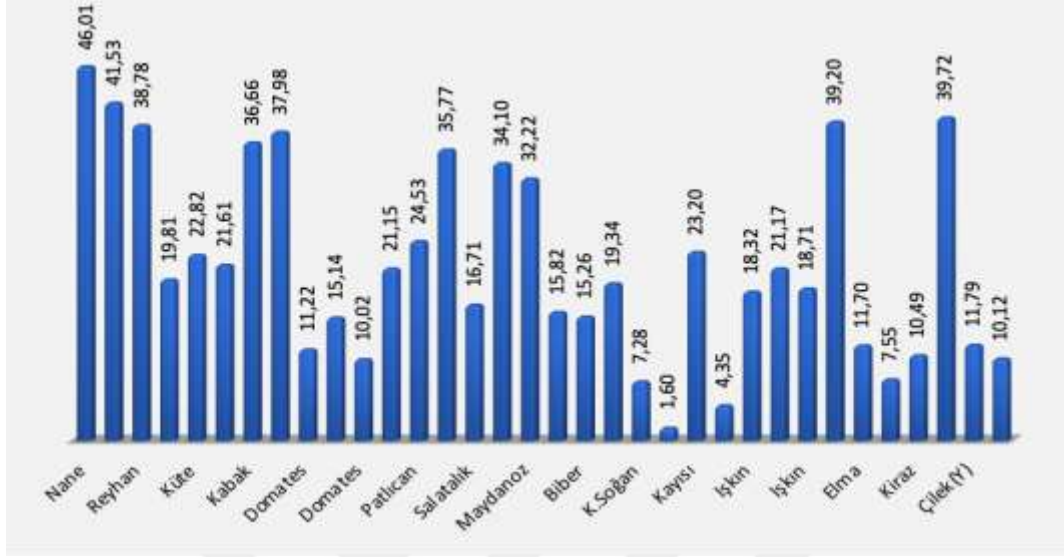
d:Bor tespit edilemedi

Tablo 3.2’de bakıldığında numunelerin 2 ilde yer alan toplamda 23 ayrı bölgeden (ilçe, köy), bor tayini yapmak üzere 30’u yaş olarak yaş yakma yöntemiyle 34’ü kurutularak kuru yakma yöntemiyle Bor içeriklerini tespit etmek için hazırlandı.

Yaş yakma yöntemiyle ICP-MS cihazıyla bor analizi yapıldığında 30 numuneden 21 numunede bor tespit edildi. Bor tespit edilen numuneler; kayısı, yeşil elma, nane, biber, ıskın, reyhan, fasulye, şeftali, elma, küte, bamya, kabak, patlıcan, maydanoz, taze soğan, Kuru soğan, kiraz, can eriği, çilek (yapraklı, yapraksız), sarımsaktır. Fakat 30 numune içerisinde Tunceli ve Elazığ illerinden alınan domates (3 numune), salatalık (2 numune), biber (iki numune), kiraz, yapraksız çilek olmak üzere 9 numunede bor bulunmadığı tespit edildi.

Kuru ve yaş yakma yöntemiyle numunelerde ICP-MS cihazıyla bor analizi yapıldığında, kuru yakma yöntemiyle 34 adet numunede ve yaş yakma yöntemiyle 30 adet numuneden 21’inde bor miktarı tespit edildiği Tablo 3.2’de görülmektedir. Yaş yakma yöntemiyle yaş bitkilerdeki bor miktarının .0265 ile 6.5454 mg/kg aralığında; kuru yakma yöntemiyle kurutulmuş bitkilerdeki bor miktarının ise 1.5958-46.0120 mg/kg aralığında değer aldığı anlaşılmaktadır.

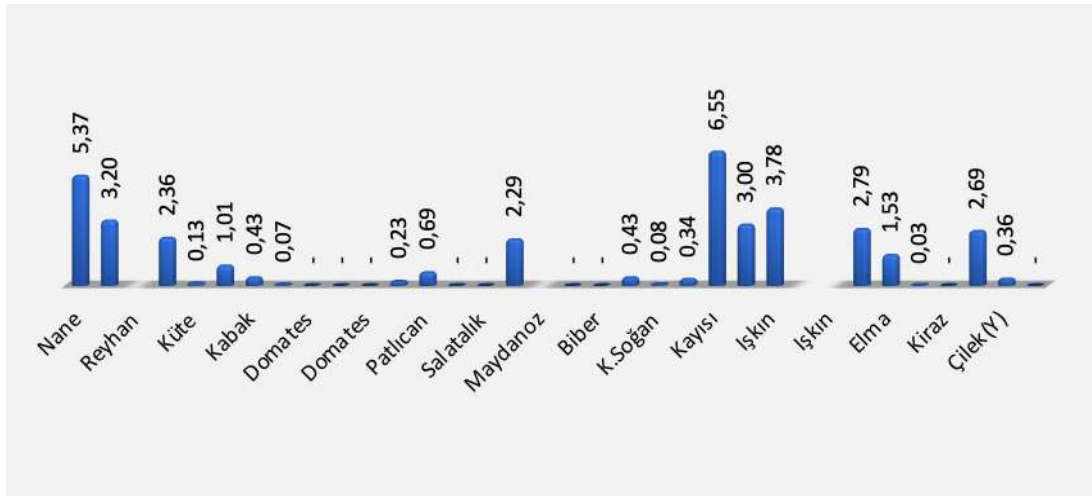
Alınan numunelerin kuru yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının bitki türüne (sebze ve meyve) göre dağılımına Grafik 3.1’de yer verilmiştir.



Grafik 3.1. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının dağılımı.

Grafik 3.1’de kuru yakma yöntemi ile bor tayini yapılan numunelerin örnek türü dağılımında 34 örnekte tespit edilen bor miktarları görülmektedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda bor miktarlarına bakıldığında en fazla borun 46,01 mg/kg ile nanede ardından sırasıyla 41,53 mg/kg ile reyhanda, 39,72 mg/kg ile can eriğinde, 39,20 mg/kg ile şeftalide; en az tespit edilen bor miktarı ise 1,60 mg/kg ile sarımsakta ardından sırasıyla 4,35 mg/kg ile yeşil elmada, 7,28 mg/kg ile kuru soğanda olduğu tespit edilmiştir.

Alınan numunelerin yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının bitki türüne (sebze ve meyve) göre dağılımına Grafik 3.2’de yer verilmiştir.



Grafik 3.2. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının dağılımı.

Grafik 3.2’ye göre yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarına bakıldığında en fazla tespit edilen bor miktarının 6,55 mg/kg ile kayısıda ardından sırasıyla 5,37 mg/kg ile nanede, 3,78 mg/kg ile ışkında; en az tespit edilen bor miktarının ise 0,03 mg/kg ile kirazda, 0,07 mg/kg ile kabakta, 0,08 mg/kg ile kuru soğanda olduğu tespit edilmiştir. Domates, salatalık, biber, kiraz ve yapraksız çilekte ise bor tespit edilememiştir.

Kurutulan numunelerde tespit edilen bor miktarının numunelerin türüne (sebze ve meyve) göre anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere tek yönlü ANOVA yapılmıştır. Analiz sonuçlarına Tablo 3.3’de yer verilmiştir.

Tablo 3.3. Kuru yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin türüne göre tek yönlü ANOVA sonuçları.

Sebze/Meyve	N ^a	X ^b	ss ^c	Tek Yönlü Anova	
				f	p
Nane	1	46.012000	.	2.019	.114
Reyhan	2	21.985600	1.1790298		
Fasulye	1	34.104700	.		
Küte	1	39.201200	.		
Bamya	1	41.527300	.		
Kabak	2	23.996650	19.7685136		
Domates	3	24.486633	7.7559117		
Patlıcan	2	11.265450	5.6423586		
Salatalık	2	2.971150	1.9450386		
Maydanoz	2	29.971700	12.4524333		
Biber	2	16.416750	7.3460616		
Taze Soğan	1	19.339900	.		
Kuru Soğan	1	19.813300	.		
Sarımsak	1	11.701000	.		
Kayısı	1	36.657900	.		
Yeşil Elma	1	15.135400	.		
Işkın	3	24.928100	10.0861087		
Şeftali	1	18.321800	.		
Elma	1	18.711800	.		
Kiraz	2	9.021850	2.0826416		
Can eriği	1	39.722400	.		
Çilek	1	11.787800	.		
Çilek(Ys)	1	10.121500	.		
Toplam	34	21.813544	12.1368135		

$p < 0.05$, a: Frekans, b: Ortalama, c: Standart Sapma

Tablo 3.3'e göre kurutulan numunelerdeki bor miktarının numune türüne göre istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($F=2.019$; $p > 0.05$).

Yaş numunelerde tespit edilen bor miktarının numunelerin alındığı numune türüne (sebze ve meyve) göre anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere tek yönlü ANOVA yapılmıştır. Analiz sonuçlarına Tablo 3.4’de yer verilmiştir.

Tablo 3.4. Yaş yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin türüne göre tek yönlü ANOVA sonuçları.

Sebze/Meyve	N ^a	X ^b	ss ^c	Tek Yönlü Anova	
				f	P
Nane	1	5.374400	.		
Reyhan	2	.182050	.0676701		
Fasulye	1	2.289200	.		
Küte	1	2.792000	.		
Bamya	1	3.199200	.		
Kabak	1	.067600	.		
Domates	1	.688600	.		
Patlıcan	1	.078200	.		
Salatalık	2	1.667550	1.8822475		
Maydanoz	0	.	.		
Biber	1	1.009100	.		
Taze Soğan	1	.429900	.	2.057	.377
Kuru Soğan	1	2.360200	.		
Sarımsak	1	1.528400	.		
Kayısı	1	.425900	.		
Yeşil Elma	0	.	.		
Işkın	1	6.545400	.		
Şeftali	1	3.782500	.		
Elma	0	.	.		
Kiraz	1	.026500	.		
Can eriği	1	2.692700	.		
Çilek	1	.356200	.		
Çilek(Ys)	0	.	.		
Toplam	21	1.778343	1.8603901		

$p < 0.05$, a: Frekans, b: Ortalama, c: Standart Sapma

Tablo 3.4’e göre yaş numunelerdeki bor miktarının numune türüne göre istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($F=2.057$; $p>0.05$).

3.1.3 Kuru ve yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarları arasındaki ilişki

Bitkilerdeki bor miktarlarının yaş veya kuru olması açısından anlamlı bir ilişki olup olmadığını tespit etmek üzere pearson moment korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına Tablo 3.5.'de yer verilmiştir.

Tablo 3.5. Yaş ile kuru numunelerindeki bor miktarı

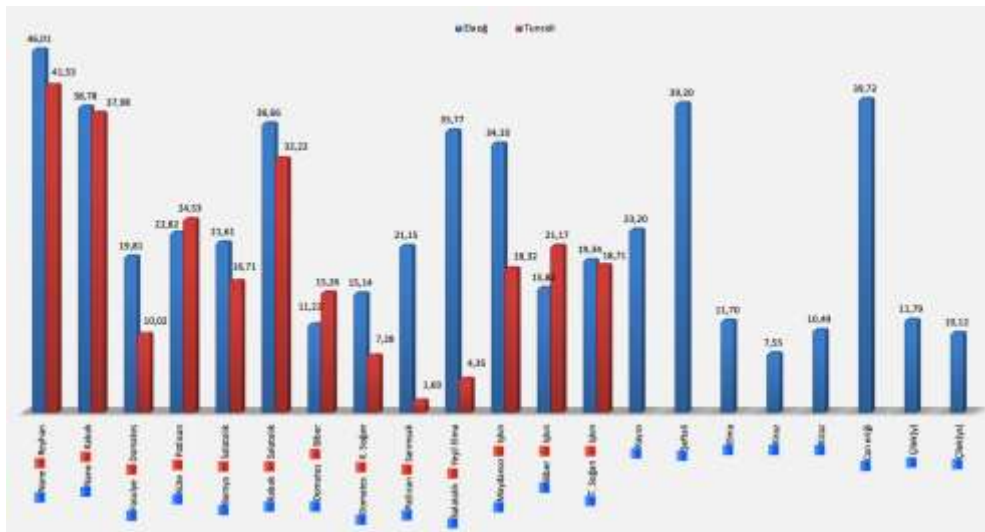
Değişken	N	R	P
Yaş	21	.364	.105
Kuru	34		

$p < 0.05$ N: numune R: standart sapma

Sebze ve meyve numunelerinde yaş ve kuru yöntemle Bor miktarına bakıldığında yöntemler arasında bor içeriklerinde değersel olarak farklılıklar görülmesine rağmen korelasyon analizi sonuçları Tablo 3.5'de yer aldığı gibi istatistiki açıdan anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($r = .364$, $p > .05$).

3.1.4 Alınan numunelerin kuru ve yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının il değişkenine göre dağılımları

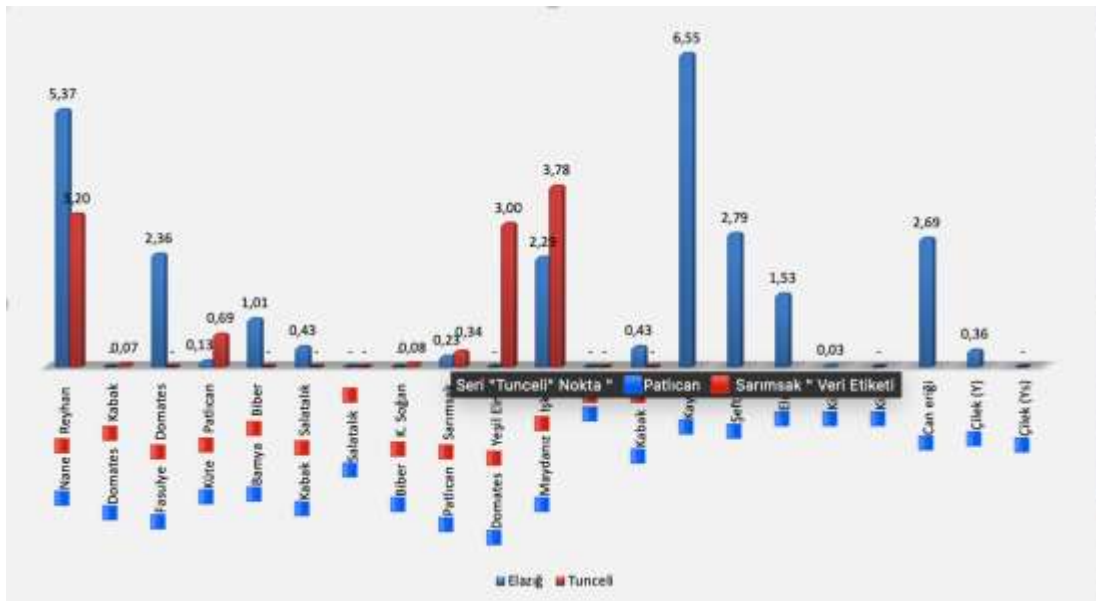
Alınan numunelerin kuru yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının il değişkenine göre dağılımına Grafik 3.3'te yer verilmiştir.



Grafik 3.3. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının il değişkenine göre dağılımı.

Grafik 3.3'e bakıldığında 13 numunenin Tunceli ilinden, 21 numunenin ise Elazığ ilinden alındığı ve analiz sonucunda numunelerde tespit edilen bor miktarları görülmektedir. Kuru yakma yöntemiyle analiz edilen sebze ve meyvelerde bulunan en yüksek bor değeri 46.01 mg/kg Elazığ'da tespit edilirken, en düşük bor değeri 1.60 ile Tunceli'den toplanan sebzeden ölçülmüştür. Pandemi sebebiyle gidilemediğinden Tunceli ilinden toplanamayan sebze ve meyveler Elazığ'dan toplanarak bor miktarlarına bakıldı.

Alınan numunelerin yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının il değişkenine göre dağılımına Grafik 3.4'de yer verilmiştir.



Grafik 3.4. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının il değişkenine göre dağılımı

Grafik 3.4'e bakıldığında 13 numunenin Tunceli ilinden, 21 numunenin ise Elazığ ilinden alındığı ve numunelerde tespit edilen bor miktarları görülmektedir. Tunceli ilinden alınan domates, salatalık, biber olmak üzere 3 sebze, Elazığ ilinden alınan numunelerden ise iki farklı köyden (Kıraç ve Göl köy) temin edilen domates, biber, salatalık, kiraz, çilek olmak üzere 5 sebze ve meyvede bor tespit edilememiştir.

Tunceli ve Elazığ ilinden alınan numunelerde yaş ve kuru yakma yöntemleri ile tespit edilen bor miktarının il değişkenine göre anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere bağımsız örnekler t-testi yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına Tablo 3.6’da yer verilmiştir.

Tablo 3.6. İl değişkenine göre bağımsız örnekler t-testi.

Değişkenler	Gruplar (İl)	N ^a	X ^b	ss ^c	T testi		
					t	sd	p
Yaş	Tunceli	14	1.871000	2.0094637	.315	19	.899
	Elazığ	7	1.593029	1.6516236		14.502	
Kuru	Tunceli	21	23.428890	12.0104697	.986	32	.776
	Elazığ	13	19.204138	12.3579702		25.006	

p<0.05, a: Frekans, b: Ortalama, c: Standart Sapma

Yapılan bağımsız örnekler t-testi sonucuna göre il değişkenine göre yaş olarak alınan numunelerdeki bor miktarında anlamlı farklılık bulunamamıştır [$t(19)=.899$, $p>0.05$]. Bunun yanında kurutularak alınan numunelerdeki bor miktarının il değişkenine göre anlamlı farklılık tespit edilememiştir [$t(32)=.776$, $p>0.05$]

3.1.5 Alınan numunelerin kuru ve yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımları

Alınan numunelerin kuru yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımına Grafik 3.5’te yer verilmiştir.



Grafik 3.5. Kuru yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımı.

Grafik 3.5’de kuru yakma yöntemi ile bor tayini yapılan numunelerin alındığı ilçe/köy değişkenine göre dağılımına bakıldığında, kuru yakma yöntemi ile alınan numunelerde tespit edilen bor miktarları görülmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda bor miktarlarına bakıldığında en fazla tespit edilen bor miktarının 46,01 mg/kg ile Kırac köyünde tespit edildiği ardından sırasıyla 41,53 mg/kg ile Pertek ilçesinde, 39,72 mg/kg ile Kürk köyünde, 39,20 mg/kg ile Kırac köyünde; en az tespit edilen bor miktarının ise 1,60 mg/kg ile ardından sırasıyla 4,35 mg/kg, 7,28 mg/kg ile Pertek ilçesinde olduğu tespit edilmiştir.

Kurutulan numunelerde tespit edilen bor miktarının numunelerin alındığı ilçe ve köylere göre anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere tek yönlü ANOVA yapılmıştır. Analiz sonuçlarına Tablo 3.7’de yer verilmiştir.

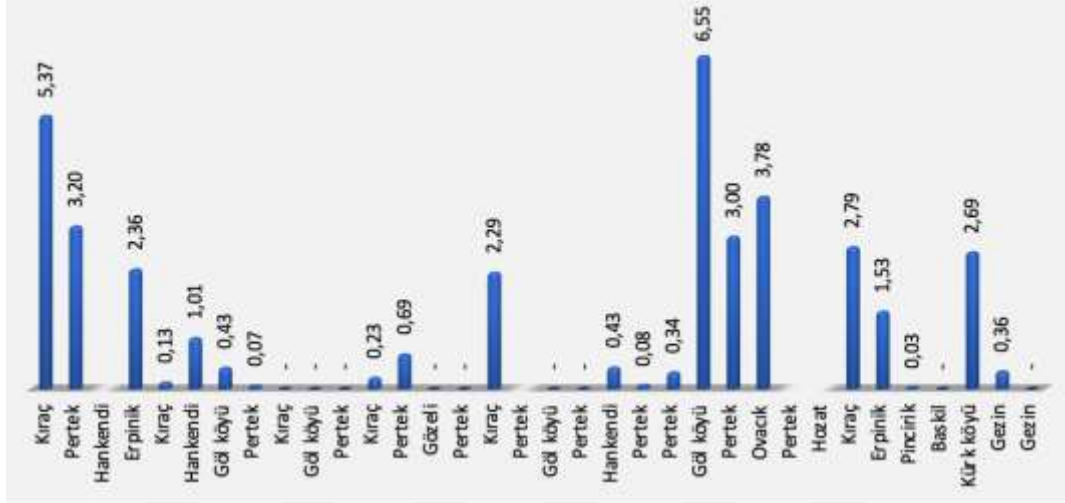
Tablo 3.7. Kuru yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin alındığı ilçe ve köy değişkenine göre tek yönlü ANOVA sonuçları.

Gruplar (İlçe/Köy)	N ^a	X ^b	ss ^c	Tek Yönlü Anova	
				f	P
Kırac	6	27.415233	12.3503022	1.635 .157	
Pertek	11	17.865700	10.7056594		
Hankendi	3	27.339700	12.3201798		
Erpinik	2	26.408250	10.8844240		
Göl Köyü	4	28.237750	10.6862666		
Gözeli	1	1.595800	.		
Ovacık	1	15.820400	.		
Hozat	1	35.768200	.		
Sakabaşı	1	7.549200	.		
Baskil	1	10.494500	.		
Kürk Köyü	1	39.722400	.		
Gezin	2	10.954650	1.1782520		
Toplam	34	21.813544	12.1368135		

$p < 0.05$, a: Frekans, b: Ortalama, c: Standart Sapma

Tablo 3.7’ye bakıldığında bor miktarlarının kurutulan numunelerin alındığı bölgeye göre istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($F=1.635$; $p>0.05$).

Alınan numunelerin yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımına Grafik 3.6'da yer verilmiştir.



Grafik 3.6. Yaş yakma yöntemi ile numunelerde tespit edilen bor miktarının ilçe/köy değişkenine göre dağılımı

Grafik 3.6'ya göre yaş yakma yöntemi ile tespit edilen bor miktarlarına bakıldığında en fazla bor miktarının 6,55 mg/kg ile Göl köyünde tespit edildiği ardından sırasıyla 5,37 mg/kg ile Kıraç köyünde, 3,78 mg/kg ile Ovacık ilçesinde; en az borun 0,03 mg/kg ile Sakabaşı köyünde, 0,07 mg/kg ile ve 0,08 mg/kg Pertek ilçesinde olduğu tespit edilmiştir. Kıraç, Göl köyü, Pertek, Gözeli, Göl köyü, Baskil ve Gezin' den alınan numunelerde bor tespit edilmemiştir.

Yaş numunelerde tespit edilen bor miktarının numunelerin alındığı ilçe ve köylere göre anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek üzere tek yönlü ANOVA yapılmıştır. Analiz sonuçlarına Tablo 3.8'de yer verilmiştir.

Tablo 3.8. Yaş yakma yöntemi ile bor miktarı tespit edilen sebze ve meyvelerin alındığı ilçe ve köy değişkenine göre tek yönlü ANOVA sonuçları.

Gruplar (İlçe/Köy)	N ^a	X ^b	ss ^c	Tek Yönlü Anova	
				f	p
Kıraç	4	3.159375	1.9608088	.746	.653
Pertek	6	2.274150	2.3972230		
Hankendi	3	1.286333	1.6596066		
Erpinik	1	2.289200	.		
Göl Köyü	3	.500867	.4752058		
Gözü	1	.336600	.		
Ovacık	0	.	.		
Hozat	0	.	.		
Sakabaşı	1	.026500	.		
Baskil	0	.	.		
Kürk Köyü	1	2.692700	.		
Gezin	1	.356200	.		
Toplam	21	1.778343	1.8603901		

p<0.05, a: Frekans, b: Ortalama, c: Standart Sapma

Tablo 3.8 incelendiğinde bor miktarlarının yaş olarak numunelerin alındığı bölgeye göre istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ($F=746$; $p>0.05$)

3.2. Tartışma

Bu çalışmamızda Tunceli ve Elazığ ilinin ilçe ve köylerinden toplanan sebze ve meyveler içerisinde bulunan bor miktarına bakıldı. Bor analizi en hassas şekilde ölçüm yapan ICP-MS cihazı kullanılarak yapıldı. Analiz edilmeden önce sebze ve meyveler ikiye ayrılarak ön hazırlık aşaması, yaş yakma ve kuru yakma yöntemi olacak şekilde iki farklı yöntemle hazırlandı. Analiz sonuçlarına bakıldığında yaş yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarı, kuru yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarından daha az olduğu görüldü.

Bu çalışmada kuru yakma yöntemiyle numunelerde ICP-MS tekniği ile bor içeriğine bakıldığında, sebze ve meyvelerde daha fazla bor içeriği tespit edilmiştir. Buna göre Kuru yakma yöntemiyle bor miktarına bakılan sebze ve meyvelerin besin değeri daha fazla olduğundan bu yöntemle tespit edilen bor miktarının daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Örneklere ilişkin betimleyici istatistik tablo 3.2 de görüldüğü gibi 34 tane numune kullanıldı. En az 1 adet en çok 23 adet örnek çeşidi incelendi. Bu örneklerde bor miktarı ortalama 11.47 mg/kg hesaplanırken standart sapması 6.354 mg/kg hesaplandı.

Elazığ ve Tunceli illeri olmak üzere iki ilde numuneler toplandığı için en az 1, en çok 2 olarak yorumlandı. Bu iki il arasında bor miktarı ortalaması 1,3824 mg/kg, standart sapması 0,49327 mg/kg olarak hesaplandı. İlçe köy bazında değerlendirilen bor miktarı 12

ayrı bölgeden (ilçe/ köy) alınan numuneler en az bir bölge, en çok 12 bölge olarak değerlendirildi ve ortalama 4.0294 mg/kg ve standart sapma 3.15734 mg/kg olarak hesaplandı. Yaş yakma yöntemi ile 30 numune analiz edildiğinde 21 numunede bor tespit edilirken 9 numunede bor içeriğine rastlanmadı. Bor tespit edilen 21 numunede bor oranı, en az oran 0.0265 mg/kg en çok 6.5454 mg/kg olarak görüldü. Bor değer ortalaması 1.778343 mg/kg ve standart sapma 1,8603901 mg/kg olarak hesaplandı. Kuru yakma yöntemiyle 34 numuneye bakıldı ve en az oran 1.5958 mg/kg en çok oran 46.0120 mg/kg olarak tespit edildi. Kuru yakma yöntemde ortalama bor miktarı 21.813544 mg/kg ve standart sapması 12.1368135 mg/kg olarak hesaplandı.

Dünyada yapılan sebze ve meyvelerdeki bor miktarı tespitine yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında, domates de ki bor miktarı Amerika’da 0.63 mg/kg bulunurken, Kore’de 0,62 mg/kg olarak ölçülmüştür (Kuru ve ark., 2019). Türkiye’de Dereköy de toplanan domates de 0.99 mg/kg, Hamam köy de 0.99 mg/kg, Antalya’da toplanan domates 0.77 mg/kg’dır (Velioğlu ve ark.,1999).

Çalışmamızda ise Elazığ ve Tunceli illerinden toplanan domates örneklerinde ise bor minerali tespit edilemedi. Bu verilerin ışığı altında; bu bölgelerde bor miktarının fazla çıkması, bor madenlerine yakın, toprağın bor madeni yönünden zengin olmasına bağlı olarak bor miktarı oranını arttırdığını ortaya koymaktadır. Fakat literatürde yaş yakma yöntemiyle domatesdeki bor miktarı 0.75 mg/kg (Anderson ve ark., 1994), 0.3-2.1 mg/kg arasındadır (Souci ve ark, 1989). Çalışmamızda ise domatesde bor tespit edilememesi literatür verilerine uyumsuz olduğunu ortaya koymamaktadır, çünkü diğer çalışmalardan elde edilen verilere bakıldığında bor miktarını düşük olduğu rapor edildiği görülmektedir (Kuru ve ark., 2019). Bu veriler ışığında gerek dünyada gerekse ülkemizde domates bünyesinde fazla bor bulundurmadığını ortaya koymaktadır. Topraktaki bor ile sebzedeki Ca arasında negatif bir etkileşim olduğu, aynı zamanda sebzedeki bor içeriği ile toprağın pH’sı ile negatif bir etkileşim olduğu görülmüştür (Taban ve ark, 1995; Gupta ve Macleod, 1981). Domatesin bünyesinde fazla bor bulundurmamasının sebebi, kendi bünyesindeki Ca ya da toprağın pH’sı olduğu ya da başka bir açıdan bakarsak aynı bölgedeki alanların değişik sularla sulanması, borun bulunmaması veya az miktarda bulunması sulama suyu kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Uysal ve ark., 2017). Bor, bitkilerin doğal büyümesi için mutlaka olması şart olan mikro besin elementlerindendir. Tarımla uğraşılan bölgelerde bor eksikliği ya da bor zehirliliği, bitki üreticiliğinde sınır bırakmak için bir etkidir. Bor eksikliğinin bertarafı için toprağın bor içeren gübrelerle beslenmesi önemlidir. Fakat

toprak için uygulanan boru, bitki hemen kendi bünyesine aldığı için olması gerekenden çok bor takviyelerinde bor zehirliliği meydana gelebilir. (Mengel, 1984). Bu bakımdan bor eksikliği ve zehirliliği başka besin elementlerine göre daha fazla bulunmaktadır. Tarım topraklarındaki bor miktarı bitkiye zararlı olmayacak miktarda bitkinin cins, tür ve varyetelerine göre de farklılık görülmektedir. Domatesindeki bor eksikliği domatesin hangi ihtiyaca göre derecelendirmesini kolaylaştırmış olup, orta derecede duyarlı bitkiler grubuna dahil olduğu görülmüştür (Uysal ve ark., 2017). Dünyada ve ülkemiz ölçekli bakıldığında domates içeriğinde borun az miktarda bulunması toprak pH kaynaklı olduğu düşünülebilir. Tarım uygulanan topraklarda bor eksikliği veya bor zehirliliği, bitki üreticiliğinde belirleyici ciddi bir faktördür. Bor eksikliğini bertaraf etmek için toprakların bor içerikli gübrelerle beslenmesi şarttır. Fakat toprağa uygulanan bor bitkinin kökleri tarafından bünyesine hemen aktardığı için gereğinden çok bor takviyelerinde bor toksisitesi meydana gelebilir. Bu bakımdan bor eksikliği ve toksisitesi doğada bulunan diğer besin elementlerine göre daha sık görülmektedir. Tarım bölgelerinde olması şart olan bitki için yararlı bor miktarı bitkinin türüne, cinsine ve varyetelerine göre de çeşitlilik bulunmaktadır.

Literatür taramasında bor analizine bakılmış fakat numune hazırlama yöntemi belirtilmemiştir. Bu nedenle çalışmamız da yaş yakma yöntemiyle domates bünyesindeki bor miktarına baktığımızda literatür verileriyle değerler aşağı yukarı benzerlik gösterdiğinden dolayı kıyaslar bu yöntemle bulunan bor miktarı değerleri üzerinden yapıldı. Kuru yakma yöntemiyle yapılan bor analizi sonucunda domatesdeki bor oranı 11.2223 mg/kg olarak bulundu.

Dünyada yapılan sebze ve meyve içerisinde bor miktarı tespitine yönelik yapılan çalışmalarda Amerika'da fasulye içerisinde bor miktarı 0.47-1.09 mg/kg (Hunt ve ark., 1991; Hunt ve Meacham, 2001) olarak ölçülmüşken, Dereköy de 3.51 mg/kg, Hamamköy de 2.6 mg/kg, Antalya'dan toplanan taze fasulye içerisindeki bor miktarı ise 2,62 mg/kg olarak rapor edilmiştir (Velioğlu ve ark.,1999). Literatür verilerine göre taze fasulye bünyesinde bulunan bor miktarı 0.46 mg/kg (Anonymous, 1996), 1.56 mg/kg (Anderson ve ark., 1994), 0.6-2.5mg/kg (Souci ve ark., 1989) arasındadır.

Çalışmamızda Elazığ'da temin edilen taze fasulyenin bünyesinde bulunan bor miktarına yaş yakma yöntemiyle bakıldı ve 2.3602 mg/kg olarak ölçüldü. Bu değerler gösteriyor ki Elazığ'ın Erpinik köyünden toplanan taze fasulye, bünyesindeki bor mineralini, yetiştiği topraktan ve sulama suyundan temin ettiği yorumu yapılabilir.

Elazığ'da toplanan taze fasulyenin bor miktarı 2.3602 mg/kg olduğundan dolayı fasulyedeki bor miktarı literatürle verileriyle ve Antalya ve Hamam köyde toplanan fasulyede bulunan bor miktarıyla hemen hemen aynı orandadır. Oranlarda çok az farklılık olması, numune hazırlama yöntem farklılığından kaynaklı olabilir. Literatür verilerinde bor miktarı analizi ölçüm metodları hakkında veri olmakla beraber numune hazırlama yöntemi ile ilgili olarak bilgiye ulaşamadığından dolayı çalışmamızdaki yaş yakma yöntemi verileri, literatür verileri ile uyumluluk gösterdiğinden, numulerdeki bor içeriğine bakılırken karşılaştırma yaş yakma yöntemi verileriyle yapıldı. Kuru yakma yöntemiyle bor miktarına baktığımız çalışmamızda fasulye bünyesindeki bor miktarı 19.8133 mg/kg olarak tespit edildi.

Dünyada yapılan çalışmalarda, bor miktarına baktığımız sebze ve meyvelerin hepsi ile kıyaslanacak yeterince veriye ulaşılmamıştır. Bundan dolayı var olan verileri de kıyaslamak yanıltıcı olabilir. Çünkü her ülkenin kendine özgü hava koşulları, toprak yapısı genel olarak düşünülürse jeomorfolojik yapısı farklıdır. Bu çalışmamız da belirtilen olumsuzluklara rağmen kıyas yapmaya çalışıldı ve Türkiye'de bamyada bor miktarı Dereköy de 3.45 mg/kg, hamam köyde 3.08 mg/kg bulunmuştur (Velioğlu ve ark., 1999). Elazığ'da toplanan Bamyada yaş yakma yöntemiyle bakıldığında bor oranı 1.0091 mg/kg tespit edildi. Bu sonuçlar da gösteriyor ki bor madenine yakın topraklarda yetişen bamyada bor içeriği daha fazladır. Elazığ'da yetişen bamyada da tespit edilen bor miktarı 1.0091 mg/kg iken, günlük alınması gereken bor miktarı 1-7 mg/kg'dır. Günlük bor alımı 1-7 mg/kg'ı geçmemelidir. Çalışmamız gösteriyorki Elazığ'da toplanan bamyanın bünyesindeki bor miktarı günlük bor alım sınır değerleri aralığındadır. Literatür taramasında çeşitli numunelerde bor analizine bakılmış fakat numune hazırlama yöntemi belirtilmemiştir. Bu nedenle çalışmamızda yaş yakma yöntemiyle baktığımız bor miktarları literatür verileriyle uyumluluk gösterdiğinden dolayı kıyaslamayı bu yöntemle bulunan bor miktarı değerleri üzerinden yapıldı. Kuru yakma yöntemiyle yapılan bor analizi sonucunda bamyadaki bor oranı 21.6112mg/kg olarak bulundu.

Kore de yapılan bir çalışmada biber bünyesinde bor miktarı 2.34 mg/kg'dır (Hund ve ark., 1991; Choi ve Jun, 2008). Antalya'da yetişen biberin bünyesinde bulunan bor miktarı 0.22 mg/kg, Dereköy de 0.93 mg/kg, Hamamköy de 0.68 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Velioğlu ve ark.,1999). Biberin bünyesinde bulunan bor miktarı, literatür verisine göre 0.66 mg/kg'dır (Anderson ve ark., 1994). Elazığ ve Tunceli'den toplanan biberdeki bor oranı bu veriye göre düşük görünse de çok az miktarda farklılık

göstermektedir. Buda biber bünyesinde çok az miktarda bor bulundurduğunu ortaya koymaktadır. Biberin bünyesindeki borun tespit edilememesi, yetiştiği toprağın bor içeriği bakımından eksik olması ya da sulama suyundaki bor oranının düşük olması kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kuru yakma yönteminde bor analiz yapıldığında biber sebzesindeki bor içeriğinin kurutulduğunda besin değeri arttıkça bünyesindeki bor miktarının arttığı şeklinde yorumlanabilir. Sebzelerin ve meyvelerin farklılık gösterdiğinden farklı miktarda bor bulunmasına açıklık getirecek yorumlar yapılabilir.

Çalışmamızda yaş yakma yönteminin yanı sıra kuru yakma yöntemi de kullanılarak biberdeki bor miktarına bakıldı ve 15.8204 mg/kg olarak bulundu. Literatür verileriyle çalışmamızda yaş yakma yöntemiyle bakılan bor değeri karşılaştırıldı.

Literatür verilerinde bor miktarı analizi ölçüm metodları hakkında veri olmakla beraber numune hazırlama yöntemi hakkında bilgi olmadığından dolayı çalışmamızdaki yaş yakma yöntemi verileri, literatür verileri ile uyumluluk gösterdiğinden karşılaştırma yaş yakma yöntemi verileriyle yapıldı. Kuru yakma yöntemiyle bor miktarına baktığımız çalışmamızda biber bünyesindeki bor miktarı 15.8204 mg/kg olarak tespit edildi

Dünyada sebze ve meyvelerde ICP-MS ile bor analizi sınırlı sayıda olmakla beraber var olan çalışmalarda salatalığın bünyesinde bulunan bor miktarı Fillandiya’ da 1.3 mg/kg (Koivistoinen, 1980), bor miktarına bakılacak numunenin hazırlama yöntemi bilinmediğinden Almanya’da toplanan salatalığın bünyesindeki bor 50.63 mg/kg (Souci, 1994) bulunmuştur. Avusturya’da 1.25 mg/kg (Naghii ve ark., 1996), Amerika’da 0.65 mg/kg (Hunt ve Meacham. 2001), Kore’de 0.56 mg/kg (Choi ve Jun, 2008) olarak ölçülmüş ve Türkiye’de Velioğlu ve arkadaşlarının hazırladığı çalışmada salatalıkta Dereköy de 0.22 mg/kg, Hamamköy de 0.89 mg/kg, Antalya’da 0.94 mg/kg bor bulunduğu olarak rapor edilmiştir (Velioğlu ve ark.,1999). Elazığ ve Tunceli ilinden toplanan çalışmamızdaki salatalıkta bor tespit edilmemesi yetiştiği topraktan bor mineralini almadığını göstermektedir. Literatürde salatalıktaki bor oranı 0.94 mg/kg (Anderson ve ark.,1994), 1.25 mg/kg (Souci ve ark., 1989), 1.30 mg/kg (Koivistoinen, 1980) olduğu bilindiğine göre bor içeriğinin analize baktığımız salatalıkta bulunan bor değerleri literatürle uyum göstermemektedir. Çalışmamız numune hazırlama yöntemi olarak iki şekilde incelendi. Yaş yakma yöntemiyle salatalık içerisinde bor tespit edilemezken kuru yakma yöntemi ile salatalıkta 35.7682 mg/kg bor tespit edildi.

Dünyada ve Türkiye’de yapılan literatür taraması sonucunda ICP-MS cihazıyla kullanılarak bor analizi tespitine yönelik yapılan çalışmalarda kabağa bakıldığında;

Türkiye’de Dereköy de toplanan kabak bünyesindeki bor miktarı 0.72 mg/kg olarak tespit edilmiş (Velioğlu ve ark., 1999) ve literatürde veriler incelendiğinde ise kabak bünyesindeki bor miktarı 2.14 mg/kg olarak rapor edilmiştir (Anderson ve ark., 1994). Elazığ’da toplanan kabak bünyesinde bulunan bor miktarı yaş yakma yöntemiyle incelendiğinde 0.4259 mg/kg olarak tespit edildi. Tunceli’den toplanan kabak bünyesinde bulunan bor miktarı yaş yakma yöntemiyle numune hazırlanıp ICP-MS cihazıyla incelendiğinde 0.0676 mg/kg tespit edildi. Çalışmamızdaki kabaktaki bor oranına bakıldığında Elazığ’dan alınan kabak örneğinde 0.4259 mg/kg olarak tespit edilirken, Tunceli’den alınan kabak örneğinde ise tespit edilen 0.0676 mg/kg değerlerinin, literatür verilerinde rapor edilen kabaktaki bor içeriği 2.14 mg/kg değerinin çok altında kaldığı tespit edildi. Bu verilerin literatür verileri ile uyumlu olmadığı görülmektedir. Çalışmamızdaki verilerin literatür verilerinde rapor edilen değerlerin altında kalmasının sebebi yetiştiği toprak yapısında bor mineralinin olmaması, sulama suyunda bulunan bor oranının yeterli bulunmaması kabağın bünyesindeki bor miktarını etkilediğini düşündürmektedir. Çalışmamızda yaş yakma yöntemi ile kabaktaki bor miktarı yukarıda belirtildi. Çalışmamızda kuru yakma yöntemiyle kabaktaki bor incelendi ve bor miktarı 36.6579 mg/kg olarak tespit edildi. Aynı zamanda kuru yakma yöntemiyle kabakta bor içeriğine dair literatür verisi elimizde olmadığından dolayı karşılaştırma yapılamadı.

Eskişehir ilinin Seyitgazi ilçesinin Kırka bölgesinde taze soğanın içerisinde bulunan bor miktarı 6.24 mg/kg olarak belirtilmiştir (Velioğlu ve ark., 1999). Literatür verileri incelendiğinde ise taze soğanın barındırdığı bor miktarı 1.39 mg/kg (Anderson ve ark., 1994), 1.3-2.7 mg/kg (Souci ve ark., 1989) arasındadır. Elazığ’da toplanan taze soğanın bünyesinde bulundurduğu bor miktarı 0.4299 mg/kg olarak tespit edildi. Bu durum da gösteriyorki çalışmamızdaki taze soğanın bor oranı oldukça düşüktür. Yetiştirme koşullarının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda yaş yakma yöntemi ile taze soğan bünyesindeki bor miktarı yukarıda belirtildi. Aynı zamanda kuru yakma yöntemiyle literatür verisi elimizde olmadığından dolayı karşılaştırma yapılamadı. Fakat çalışmamızda kuru yakma yöntemiyle taze soğandaki bor içeriği incelendi ve bor miktarı 19.3396 mg/kg olarak tespit edildi.

Velioğlu ve arkadaşlarının Eskişehir’in Seyitgazi ilçesine bağlı Kırka beldesinden toplanan kuru soğanın bor oranını 1.07 mg/kg olarak bulmuştur (Velioğlu ve ark., 1999). Çalışmamız da Tunceli ili Pertek ilçesinden toplanan kuru soğanın bor oranı 0.0782 mg/kg ölçüldü ve bor yataklarına yakın olan Kırka beldesinden toplanan kuru soğanın

bünyesindeki bor miktarından çok düşük olduğu görüldü. Bu demek oluyor ki sebze ve meyvelerin yetiştiği toprak, bor mineralinin varlığı için önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Kuru yakma yöntemiyle bor tayini için hazırlanan kuru soğanın bünyesindeki bor 7.2750 mg/kg olarak ölçüldü.

Dünyadaki literatür çalışmaları incelendiğinde Elma bünyesinde bulunan bor miktarına Atomik absorpsiyon spektroskopi (AAS) ile bakıldığında; Fillandiya' da 2.1 mg/kg (Koivistoinen,1980), Almanya'da 2.4 mg/kg (Scherz ve Senser,1994), kürkümün metoduyla elma bünyesindeki bor miktarı Avusturya'da 2.6 mg/kg (Naghii ve ark., 1996), ICP-MS cihazıyla elma içerisindeki bor miktarı Amerika'da 1.87 mg/kg (Hung ve Meacham, 2001) olarak rapor edilmiştir (Kuru ve ark., 2019). Velioğlu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Dereköy beldesinden alınan Elma içerisindeki bor miktarı 2.72 mg/kg bulunmuşken Hamam köyden alınan elmada bor 4.28 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Velioğlu ve ark.,1999). Literatürde elmanın bünyesindeki bor miktarına yönelik yapılan çalışmalarda 2.73mg/kg, (Anderson ve ark.,1994), 1.2-4.93 mg/kg (Souci ve ark., 1989), 1.88 mg/kg (Hunt ve ark., 1991), 3.18 mg/kg (Naghii ve ark., 1996), 2.10 mg/kg (Koivistoinen, 1980) olarak rapor edilmiştir. Çalışmamızda analizi yapılan elma bünyesindeki bor oranı 1.5284 mg/kg olarak tespit edildi. Bu veriler gösteriyorki Elazığ'da toplanan elmanın içerisindeki bor miktarı literatür verilerinde rapor edilen 1.2-4.98 mg/kg değer aralığında sınırladığımızda, çalışmamızdaki elma içerisinde bulunan bor miktarı değeri literatürde bildirilen çalışmalardaki değerler aralığında olduğu görülmektedir. Bir insanın günlük bor alım miktarı 1-7 mg/kg aralında olduğuna göre Elazığ'da toplanan elmanın içindeki bor miktarı bu doz aralığında olduğu için uygundur. Çalışmamızda yaş yakma yöntemi ile elma bünyesindeki bor miktarı yukarıda belirtildi. Aynı zamanda kuru yakma yöntemiyle literatür verisi elimizde olmadığından dolayı karşılaştırma yapılamadı. Fakat çalışmamızda kuru yakma yöntemiyle elmadaki bor incelendi ve bor miktarı 11.7010 mg/kg olarak tespit edildi.

Dünyada yapılan çalışmalar incelendiğinde can eriğın bünyesindeki bor miktarı Fillandiya' da 4.5 mg/kg, Almanya' da 3.4 mg/kg, Avusturya' da 4.5 mg/kg, Amerika'da 2.18 mg/kg, Kore'de ise 1.8 mg/kg olduğu görülmektedir (Kuru ve ark., 2019). Mersinden toplanan erik bünyesindeki bor miktarı 5.87 mg/kg olarak tespit edilmiş olup (Kuru ve ark., 2019), Kırka beldesinde toplanan erik içerisindeki bor miktarı 14.8 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Velioğlu ve ark., 1999). Literatürde ise bu değer 1.3-6.4 mg/kg (Souci ve ark., 1989), 4.22 mg/kg (Anderson ve ark., 1994) olarak ölçülmüş olduğundan Elazığ'dan

toplanan erik meyvesinin bor miktarına bakıldı ve bor oranı 2.6927 mg/kg olarak bulundu. Çalışmamızdaki eriğin içindeki bor miktarı literatür de ölçülen bor miktarı veri aralığında olduğu görülmektedir. Kuru yakma yöntemiyle erik bünyesindeki bor miktarı 39.7224 mg/kg olarak tespit edildi.

Fillandiya' da 5.4 mg/kg, Almanya'da 5.4 mg/kg, Avusturya'da 5.9 mg/kg, Kore'de 3.23 mg/kg olarak bulunurken, İstanbul'da toplanan maydanoz içerisindeki bor miktarına ICP-MS cihazıyla bakılmış ve 7.23 mg/kg tespit edilmiştir (Kuru ve ark., 2019).

Çalışmamızda ise Elazığ'da toplanan maydanozun bünyesinde bulunan bor miktarı yaş yakma yöntemiyle analiz edildi ve maydanozdaki bor oranı 2.2892 mg/kg olarak bulundu. Yaptığımız çalışmada maydanoz miktarının diğer ülkelere göre ve İstanbul'daki verilere göre düşük olduğu görüldü. Bor miktarının literatür verilerinden düşük çıkmasının sebebi yetiştiği toprağın bor yönünden fakir olduğunu, sulama suyunda maydanoza bor takviyesi yapacak kadar bor olmadığını göstermektedir. Kuru yakma yöntemiyle maydanoz içerisinde bor miktarı 32.2184 mg/kg olarak ölçüldü.

Amerika da ICP-AES ile çilek içerisindeki bor miktarına bakılmış 0.81 mg/kg (Hunt ve Meacham, 2001) bulunmuş, Kore de yapılan çalışmada ICP-AES ile çilekdeki bor miktarı incelenmiş olup 0.76 mg/kg (Choi ve Jun, 2008) olarak tespit edilmiştir. Türkiye'de ise ICP-MS cihazı ile çilek bünyesindeki bor miktarı incelenmiş olup bu oran 1.67 mg/kg (Kuru ve ark., 2019) bulunmuştur. Azomethin-H yöntemi ölçüm yapılarak Türkiye' de çilek içerisindeki bor miktarı 4.7 mg/kg (Şimşek ve ark., 2003) ve 2.89 mg/kg (Sungur ve Okur, 2009) olarak tespit edilmiş. Çalışmamızda ise çilek içerisindeki bor miktarına Yaş yakma yöntemiyle ICP-MS cihazıyla bakıldı. Bor analizi yapılacak çilek yapraklı ve yapraksız olarak iki şekilde analize hazırlandı. Yapraklı şekilde bor miktarı incelenen çilek de bor 0.3562 mg/kg olarak ölçülürken, yapraksız çilekde bor bulunamamıştır. Bu sonuç çilek bünyesinde değil yaprağında bor bulundurduğunu göstermektedir. Kuru yakma yöntemi ile bor miktarına bakıldı ve yapraklı olarak hazırlanan çilek de bor 11.7878 mg/kg, yapraksız olarak hazırlanan çilek de bor oranı 10.1215 mg/kg olarak bulundu.

Tunceli ili Pertek ilçesinden Ovacık'dan ve Hozat'dan toplanan ışkın meyvesindeki bor miktarı kuru yakma yöntemiyle analize hazırlandı ve ICP-MS ile ölçüldü. Pertek ilçesinden toplanan ışkın da 21.1665 mg/kg, Ovacık ilçesinden toplanan ışkında bor miktarı 18.3218 mg/kg ve Hozat ilçesinden toplanan ışkında 18.7130 mg/kg olarak bulundu. Literatür taraması yapılırken Işkın içerisinde bor elementi araştırması yapıldığına

dair bir çalışmaya rastlanılamadı. Pertek, Ovacık ve Hozat ilçelerinde toplanan ışkın içerisinde bulunan bor miktarının hemen hemen aynı seviyede olduğu görüldü.

Bu alışmamızda patlıcanın bünyesindeki bor miktarına bakıldı. Yaş yakma ve kuru yakma yöntemiyle numune hazırlandı. Yaş yakma yöntemiyle bor tayinine bakıldığında patlıcanın bünyesindeki bor oranı 0.2299 mg/kg ölçülürken kuru yakma yönteminde 24.5347 mg/kg olarak tespit edildi. Literatür taramasında patlıcanda bor oranını belirten herhangi bir veriye ulaşılamadığı için genel olarak sebzelerdeki bor oranına göre karşılaştırma yapılırsa yaş yakma yöntemiyle patlıcanda ölçülen bor oranının düşük miktarda olduğu görülmektedir.

İki bölgeden (İl/ilçe) toplanan kiraz meyvesinin bor oranı yaş yakma yöntemiyle ölçüldü ve Elazığ'ın Baskil ilçesinden alınan kirazda bor tespit edilmezken Elazığ'ın Sakabaşı köyünden alınan kirazda 0.0265 mg/kg olarak bulundu. Literatürde kirazda bulunan bor miktarı 1.47 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Hunt ve ark., 1991). Kuru yakma yöntemiyle kiraz bünyesindeki bor miktarına bakıldığında Baskil ilçesinden alınan numunede 10.4945 mg/kg olarak, Sakabaşı köyünden alınan numunede ise 7.5492 mg/kg olarak tespit edildi. Yaş yakma yöntemiyle de, kuru yakma yakma yöntemiyle de bulunan bor değerleri düşük olarak yorumlanabilir.

Bu çalışmada yaş ve kuru yakma yöntemiyle sebze ve meyvelerden ICP-MS cihazı kullanılarak bor miktarlarına bakılmıştır. Yaş ve kuru yakma yöntemiyle numune hazırlama yöntemlerini karşılaştıracak olursak, kuru yakma yöntemi kullanılarak bor analizi yapılan sebze ve meyvede bor miktarı fazla iken yaş yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarının daha az olduğu tespit edildi. Ancak yaş yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarının kuru yakma yöntemiyle tespit edilen bor miktarına göre daha az olduğu tespit edilmesine rağmen istatikselsel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı.

Kuru yakma yöntemiyle, bor miktarına bakılan sebze ve meyvelerde borun fazla çıkması kuru yakma yönteminde buharlaşmanın çok daha az olmasından dolayı element kaybı olmamasıdır. Bu nedenle meyvelerin besin değerinin daha fazla olduğu ve element oranının dolayısıyla bor miktarının azalmadığı gözlemlendi.

Bor analizi yapılan sebze ve meyveler de yaş ve kuru olacak şekilde analize hazırlandığında her iki şekilde de analiz edilecek sebze ve meyveden aynı oranda alınıp çözelti hazırlandığından dolayı aynı sebze ve meyvedeki bor oranı yaş ve kuru yöntemde farklı çıkmıştır.

Türkiye’de sıklıkla tüketilen besinlerin bor alımının dağılımı hakkında yeterli veri bulunmamaktadır ve bu gıdalardaki bor içeriği veri tabanının eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada Türkiye’ de Elazığ ve Tunceli illerinde yaşayan insanların sıklıkla tükettiği yaş ve kuru yakma yöntemiyle 32 farklı ölçülen gıda maddesinin içerik analizi değerleri elde edilmiştir. Gıdalardaki minerallerin içeriği toprak türlerine göre farklılık gösterir ve Marr ve diğerleri, aynı tür kahverengi pirincin bitkilerde toprağa bağlı olarak farklı mineral içerikleri kaydettiğini bildirmiştir (Mary ve ark., 1995, Mi-Kyeong ve ark., 2008). Aynı zamanda, gıda bileşimini içeren bor içeriği veri tabanını ile ilgili tablo tam olarak oluşturulmamıştır ve analiz edilmemiş sonuçlar kaynakları doğru bir şekilde göstermemiştir ve araştırmacılar, bor içeriği analizi sırasında gıdaların satın alınması, ön arıtma ve analizler açısından farklı yöntemler uygulamıştır (Mi-Kyeong ve ark., 2008). Buna göre bor ile ilgili bir veri tabanı oluşturmak için, verilerin güvenilirliğini artırmak amacıyla önceki çalışma materyalleri ile karşılaştırma ve tekrar analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, sınırlı bir bölgede, sınırlı çeşitte besinler üzerinde ve sınırlı analiz yöntemleri ile bor içeriğinin değerlerini ortaya koyulmuştur; bu nedenle, günlük bor alımını tahmin etmek için bir veri tabanı olarak kullanmanın sınırlamaları vardır.

3.2.1. Çalışmanın önemi

Bor (B) minerali bitkiler tarafından eser miktarda ihtiyaç duyulan ve noksanlığı ile zehirlilik en son kabul edilebilir değeri arasında çok az fark olan bir mikro elementtir. En yüksek düzeyde büyüme ve verimlilik sağlanması için bitkilerde B’un miktarı yeter derecede olması gerekir. Var olan verilere göre B, bitki metabolizmasında, karbonhidrat ve protein yapısında, doku değişimlerinde, oksin ve fenol yapısında, membran geçirgenliğinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü gelişmesinde ciddi rol oynamaktadır. Bor denizlerden, yanar dağlardan, kaplıcalardan, toprak dan ve yer altı sularından çevreye yayılır. İnsanlar hava ve sudaki bor minerallerini ile dokunarak, bor maden ocakları ve yataklarında fazlaca bor bulunan yer altı ve yerüstü sularını tüketerek, bor oranları fazla yiyecekleri ve içecekleri tüketerek borun etkisine maruz kalırlar (Demirtaş A, 2010). Bor insan vücuduna yiyecek içeceklerle ağız, tozların burundan dolmasıyla solunum ve deri yoluyla ciltten girer (Demirtaş A, 2010). Borun sindirim yolu ile alınması bor bulunan topraklarda üretilen bitkilerin tüketilmesi, bor bulunduran zirai ilaçlarla veya bor gübresi

verilen bitkilerin tüketilmesi veya bor kaynaklarına yakın yerlerde temin edilen içme sularının içilmesi ile olmaktadır (Doğan ve ark., 2005).

WHO'nun gelişmiş sağlıklı bir bireyin gıdalarla günde 1-13 mg bor bünyesine alabileceğini belirtmiştir (Cantürk ve ark., 2002). Canlıların hayatlarında bor, olmazsa olmaz besin elementidir. Fazlalığında da eksikliğinde de canlılar ciddi zararlara maruz kalacakları için önerilen kriterler bor elementinin fayda mı veya zarar mı vereceğini belirleyecektir. Bor vücuda hangi yolla alınırsa alınsın, %90-95'i vücutta birikmeden hemen idrar yolu ile atılmaktadır. Sadece kemik, tırnak ve kıllarla, karaciğer ve dalak gibi organlarda birikir. Ciddi hastalıklara kanser gibi sebebiyet vermemesinin nedeni de budur. Yapılan araştırmalarda borun zehir tesirinin çok az olduğu görülmüştür. Bor mineralinin akut etkisi 15-30 gr boraks ya da 2-5 g borik asit direk alınmasıyla ortaya çıkmaktadır. Borun toksik etkisi büyüklerde ishal, baş ağrısı, kusma, heyecan çocuklara bakıldığında ise havale, beyin zarı tahribi şeklinde kendini gösterir (Demirtaş, 2010).

Bor elementi kültür bitkilerinin yetişmesi ve verimli olma kapasitesi üzerinde belirleyici etkileri olan bir elementtir. Çok fazla oranlarda bitki hücre duvarlarında bulunan bor, ve bu duvarda morfolojik ve fizyolojik işlevleriyle bitki büyümesine etken aynı zamanda patojen penetrasyonuna karşı bitki direncinde ciddi rol oynamaktadır. Kesin olarak eksikliğinin olduğu bir ortamda kök gelişiminin kısa bir süre içinde durma göstermesi, borun gelişmeyi hangi ölçüde tesir ettiğini belirtmektedir. Bu veriler ışığında, bitkilerin kök büyüme ortamının da sürekli yeterli düzeyde borun varlığının önemine işaret etmektedir. Bitkinin metabolizmasında B'un yayılma ve hareketi her zaman olmamaktadır. Bor bitkide bitkinin tepe noktasına doğru yayılabilir. Transpirasyonun önemli olduğu gözlenmiştir. B'un bitkiler tarafından bünyesine alması ve farklı organlara yayılmasının bitkinin su alımı ve ksilemdeki hareketi ile çok ilişkili olduğu ve aynı zamanda bu yayılmanın bitki türleri arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmüştür. Bor noksanlığı bitkilerin gelişme bölgelerine hasar oluşturduğundan bitkilerde gelişme çok yavaş olur. Noksanlığın olması durumunda büyüme noktaları ölür ve büyüme tamamen durur. Bu nedenle bitkisel üretimde B olmazsa olmaz bir mikro elementtir. Dünya B rezervlerinin %72'sine sahip olan Türkiye'nin toplam B üretimindeki payı %33'tür. Ancak B'lu ürünlerin tarım topraklarında uygulaması sınırlıdır. Bunun sebebi ise bu konuda çalışmalar yeterli değildir. Bu çalışmada B'un tarımsal açıdan önemine dikkat çekilmiş ve farklı bitkilerde yapılan araştırmalar değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada Tunceli ve Elazığ yöresinde yetiştirilen, sıkça tüketilen tarımsal ürünlerin ve bitkilerin bünyelerinde bulunan bor mineralinin analizi ICP-MS yöntemi ile yapıldı. Böylelikle bu yörede yaşayan ve bu yörede yetişen ürünleri tüketen insan ve hayvanların ne oranda bor mineralini bünyelerine aldıkları hakkında istatistiki veri elde ederek insan sağlığı ve hayvan sağlığı üzerine yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Ayrıca yapılan bu çalışmada Tunceli ve Elazığ yöresinde yetişen tarımsal ürünlerin bünyesinde bulunan bor mineralinin kaynağı olan toprağın yapısı hakkında yapılacak çalışmalara da fikir vermektir.

Tunceli ve Elazığ yöresinde yetişen ürünlerin bünyesinde bulunan bor miktarının belirlenmesinin, bu konunun aydınlatılmasının bilimsel düzeyde anlamlı katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Projenin gerçekleştirilmesi sırasında oluşturulacak makaleler ve bunların SCI indeksli dergilerde yayınlanması, bilimsel olarak projenin uluslararası düzeydeki önemli yararlarından olacaktır. Tunceli iline ait endemik bir bitki olan sarımsak içerisinde bor miktarına ve ıskın bünyesinde bulunan bor miktarına ilk defa çalışıldı. Bu nedenle bu çalışma sarımsak ve ıskın bünyesindeki bor miktarını tespit etmek açısından dünyada bir ilk olma özelliğini taşımaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; ICP-MS bor tayini için en yaygın, güvenilir ve güçlü yöntemlerden biridir. Spektrofotometreler laboratuvarlarda kolaylıkla temin edilebilir ve hassas bir şekilde analiz edilir. Çalışmamızda bor içeren besin grubunun en çok sebze ve meyvelerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Türkiye'deki diğer tüm gıdaların bor içeriği hakkında daha detaylı çalışmaların yapılması ve bir bor veri tabanı oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışma, bor ile ilgili daha ileri çalışmaların teşvik edilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Borun besinsel özelliği ile ilgili gelecekteki veri tabanını eksiksiz bir şekilde uygulamak için, tekrarlayan analizler yoluyla sonuçları biriktirmek ve güvenilirliğini belirlemek için birikmiş verileri karşılaştırmalı olarak incelemek ve ardından temsili değerleri seçmek için çalışmalar yapılmalıdır.

5. KAYNAKLAR

- Acarkan, N.**, 2002. Bor ürün çeşitleri ve kullanım alanları, I. *Uluslar arası bor sempozyumu*, 3-4.
- Albert, L.S., Wilson, C.M.**, 1961. Effect of boron on elongation of tomato root tips. *Plant Physiology*, 36(2), 244.
- Anderson, D.L., Cunningham, W.C., Lindstrom, T.R.**, 1994. Concentrations and intakes of H, B, S, K, Na, Cl, and NaCl in foods. *Journal of food composition and analysis*, 7(1-2):59-82.
- Anonymous**, 1996., *Trace elements in human nutrition and health*. World Health Organization. Geneva.
- Armstrong, T.A., Spears, J.W., Crenshaw, T.D., Nielsen, F.H.**, 2000. Boron supplementation of a semipurified diet for weanling pigs improves feed efficiency and bone strength characteristics and alters plasma lipid metabolites. *The Journal of nutrition*, 130(10):2575-2581.
- Aydın, T., Gönen, B., Eseceli, H.**, 2018. Bor'un insan sağlığı ve beslenme üzerine etkisi. *SDU Journal of Health Science Institute/SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Bartlett, R J., Picarelli, C.J.**, 1973. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. *Soil science*, 116(2): 77-83.
- Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S.**, 1987. *Çevre sorunları ve Korunma*. İstanbul Üniversitesi yayınları 3449,156-160.
- Bennett, O.L., Mathias, E.L.**, 1973. Growth and Chemical Composition of Crownvetch as Affected by Lime, Boron, Soil Source, and Temperature Regime 1. *Agronomy Journal*, 65(4): 587-591.
- Boncukçuoğlu, R., Kocakerim, M.M., Yılmaz, E.A., Yılmaz, T.M.**, (2003). Bor elementinin çevresel açıdan değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü*, 25240, Erzurum.
- BOREN.**, 2018. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN). Web Site <http://www.boren.gov.tr/tr> Erişim Tarihi: 15.06.2018.
- Cantürk, M., Onar, R., Gündüz, M.**, 2002. Bor, çevre ve toprak. *Kırsal Çevre Yıllığı*. Sayfa, 88-96.
- Choi, M.K., Jun, Y.S.**, 2008. Analysis of boron content in frequently consumed foods in Korea. *Biological trace element research*, 126(1):13-26.
- Cui, Y., Winton, M.I., Zhang, Z.F., Rainey, C., Marshall, J., De Kernion, J.B., Eckhert, C.D.**, 2004. Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncology reports*, 11(4):887-892.

- Demir Saygıdeğer, B.,** Bor'un İnsan ve Bitki için Önemi ve Bazı Üzüm Çeşitlerinde Bor Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Kimya Bölümü, 2005.
- Demirtaş, A.,** 2005. Bitkide bor ve etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 217-225.
- Demirtaş, A.,** 2010. Bor'un insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1):75-80.
- Devlet Su İşleri.,** 1983. Kırka yöresi Bor kirliliği araştırma raporu, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, İçme Suyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı.
- Doğan, G., Sabah, E., Erkal, T.,** 2005. Borun çevresel etkileri üzerine Türkiye'de yapılan bilimsel araştırmalar. *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve sergisi, IMCET2005*. İzmir. 09-12 Haziran.
- Dünya Sağlık Örgütü (WHO),** 1998. Boron, environmental health criteria. No:204 A WHO Monograph., World Health Organization., Geneva-Switzerland, 201p.
- Eren, M.,** 2004. Bor'un biyolojik önemi ve metabolizma üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1):55-59.
- Ecotec.,** 1995. Reproductive and General toxicology of some Inorganic Borates and risk assesment for human beings. 4 Avenue. Van Nieuwvenhuyse (Bte 6), 1160, Brussels-Belgium, Editor D.A, 3001-120.
- Evcin, A.,** 2007. Bor Teknolojisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Gıda ve Tarım Örgütü (FAO),** 1976. ' Water Quality for agriculture', irrigation and drainage paper 29, Rome, 81.
- Gezmen-Karadağ, M., Türközü, D.,** 2014. Diyetle bor alımının sağlık ile etkileşimi: güncel bakış. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(2):770-785.
- Goldberg, S.,** 1997. Reactions of boron with soils. *Plant and soil*, 193(1):35-48.
- Gregory, S., Kelly, N.D.,** 1997. Boron: Areview of its nutritional interactions and therapeutic uses. *Alternative ve Medicine Review*, 2(1):48-56.
- Gupta, U.C., Macleod, J.A.,** 1981. Plant and soil boron as influenced by soil pH and calcium sources on podzol soils. *Soil Science*, 131(1): 20.
- Harmankaya, M., Gezgın, S.,** 2005. Konya Ovası Topraklarında Bor Fraksiyonlarını Belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(36):93-105.
- HERA.,** 2005. Human and environmental risk assessment (HERA). <https://www.ru.nl/environmental-science/research/themes/human-environmental-risk-assessment-hera/>, 15.10.2019.

- Hunt, C.D., Meacham, S.L.,** 2001. Aluminum, boron, calcium, copper, iron, magnesium, manganese, molybdenum, phosphorus, potassium, sodium, and zinc: concentrations in common western foods and estimated daily intakes by infants; toddlers; and male and female adolescents, adults, and seniors in United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 101(9):1058-1060.
- Hunt, C.D., Shuler, T.R., Mullen, L.M.,** 1991. Concentration of boron and other elements in human foods and personal-care products. *J Am Diet Assoc*, 91(5):558-68.
- Hunt, C.D.,** 2012. Dietary boron: progress in establishing essential roles in human physiology. *Journal of trace elements in medicine and biology*, 26(2-3):157-160.
- Ho, S.B.,** 2000. *Boron deficiency of crops in Taiwan* (No. Folleto 16296). Food and Fertilizer Technology Center.
- Kacar, B., Katkat, V.,** 1998. Bitki Besleme (Ders Kitabı), Uludağ Üniv. *Güçlendirme Vakfı Yayın*, (127), 1-595.
- Kahraman, G.,** 2004. Bor Nötron Yakalama Tedavisinde Kullanılan Hızlandırıcıya Dayalı Nötron Kaynakları. Ankara, Turkey: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Teknoloji Dairesi (in Turkish).
- Kalafatoglu, E., Örs, N., Sahin, S., Yüzer, H., Erbil, A.Ç.,** 1997. Bor bileşikleri içeren atık suların arıtılması. *TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi. Gebze-Kocaeli*.
- Karadağ, M., Türközü, D.,** 2014. Diyetle bor alımının sağlık ile etkileşimi: güncel bakış. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(2):770-785.
- Katar, D., Arslan, Y., Kodaş, R., Subaşı, İ., Mutlu, H.,** 2014. Bor uygulamalarının aspir (Carthamus tinctorius L.) Bitkisinde verim ve kalite unsurları üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2):71-79.
- Kelly, G.S.,** 1997. Boron: A review of its nutritional interactions and therapeutic uses. *Alternative Medicine Review*, 2(1):48-56.
- Kenney, MA., McCoy, J.H.,** 2000. Magnesium deficiency in the rat: effects of fructose, boron and copper. *Magnesium research*, 13(1):19-27.
- Keren, R., Bingham, F. T., Rhoades, J. D.,** 1985. Plant uptake of boron as affected by boron distribution between liquid and solid phases in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 49(2): 297-302.
- Koivistoinen, P.,** 1980. Mineral element composition of Finnish foods. *Acta Agric*, 22:165-171.
- Kuru, R., Yilmaz, S., Tasli, P.N., Yarat, A., Sahin, F.,** 2019. Boron content of some foods consumed in İstanbul, Turkey. *Biological trace element research*, 187(1): 1-8.

- Kuyumcu, E.**, 2009. Soğuk algınlığında kullanılan halk ilaçlarında uçucu yağ, mineral ve eser elementlerin tayini (Master's thesis, İnönü Üniversitesi).
- Manuel, E.**, 1899. *Poésies complètes et pièces inédites* (Vol. 2). Calmann-Lévy.
- Marry K.M, Batten G.D, Blakeney A.B.**, 1995. Relationships between minerals in Australian brown rice. *J Science of Food and Agriculture*, 68:285-291.
- McKee, J.E., Wolf, H.W.**, 1963. Water quality criteria: State Water Quality Control Board, pub. 3A. Sacramento, Calif, 548.
- Mengel, K.**, 1984. Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması, (Çeviri: H. Özbek, Z. Kaya, M. Tamçı), 5. Baskı, Çukurova Üniv. Zir. Fak. Yay.: 162, Adana, 590s., 1984.
- Mi-Kyeong Choi ., Ye-Sook Jun.**, 2008. Analysis of Boron Content in Frequently Consumed Foods in Korea. *Biol Trace Elem Res*, 126:13-26.
- Mogoşanu, G.D., Biţă, A., Bejenaru, L.E., Bejenaru, C., Croitoru, O., Rău, G., Scorei, R.I.**, 2016. Calcium fructoborate for bone and cardiovascular health. *Biological trace element research*, 172(2): 277-281.
- Montaser, A., Goolightly, D.W.**, 1992. Assessment of the potentials and limitations of plasma sources compared to ICP discharges for analytical spectrometry. *Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry*, 1-52.
- Moseman, R.F.**, 1994. Chemical disposition of boron in animals and humans. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 7): 113-117.
- Murray, F.J.**, 1998. A comparative review of the pharmacokinetics of boric acid in rodents and humans. *Biological trace element research*, 66 (1):331-341.
- Müezzinoğlu, T.**, 2008. Bor madeni prostat kanserini önlüyormu?. www.frm.tr.com/1442-159.
- Naghii, M.R., Wall, P.M., Samman, S.**, 1996. The boron content of selected foods and the estimation of its daily intake among free-living subjects. *Journal of the American College of Nutrition*, 15(6): 614-619.
- Newnham, R.E.**, 1994. Essentiality of boron for healthy bones and joints. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 7):83-85.
- Nielsen FH, Hunt CD, Mullen LM, Hunt JR.**, 1987. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women. *FASEB J*, 1987; 1: 394-7.
- Nielsen, F.H.** 2008. Is boron nutritionally relevant?. *Nutrition reviews*, 66 (4):183-191.
- Nielsen, F.H., Mullen, L.M., Gallagher, S.K.**, 1990. Effect of boron depletion and repletion on blood indicators of calcium status in humans fed a magnesium-low diet. *Journal of trace elements in experimental medicine*, 3:45-54.

- Nielsen, F.H., Stoecker, B.J.,** 2009. Boron and fish oil have different beneficial effects on strength and trabecular microarchitecture of bone. *Journal of trace elements in medicine and biology*, 23(3):195-203.
- Nielsen, F.H.,** 1994. Biochemical and physiologic consequences of boron deprivation in humans. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 7):59-63.
- Nielsen, F.H.,** 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant and Soil*, 193(1):199-208.
- Özgül, Ş.,** 1974. Tuzluluk ve sodyumluluk. *Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Turk Milli Komitesi, Teknik Rehber*, 04-02.
- Özbayoğlu, G., Poslu, K.** 1992. Mining and processing of borates in Turkey. *Mineral Procesing and Extractive Metallurgy Review*, 9 (1-4):245-254.
- Özpeker. Ö.,** 2001. Bor Yataklarının Değerlendirilmesi Türkiye Borat Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, 16 3 2001, Edt Kmkoglu, S , Budakoglu, M, Çelenli, A, s 57-68.
- Öztürk, N.,** 1994. Kırka Tıncal cevherlerinin değerlendirilmesinde yeni yöntemlerin araştırılması. *Doktora tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Padbhushan, R., Kumar, D.** 2017. Fractions of soil boron: A review. *The Journal of Agricultural Science*, 15 (7):1023-1032.
- Patra, B.C., Das, S.K., Ghosh, A., Moitra, P., Addicoat, M., Mitra, S., Pradhan, A.,** 2018. Covalent organic framework based microspheres as an anode material for rechargeable sodium batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(34):16655-16663.
- Penland, J.G.,** 1998. The importance of boron nutrition for brain and psychological function. *Biological trace element research*, 66(1-3):299-317.
- Sağlam, M., Köseoğlu, S., Enhoş, Ş.,** 2013. Periodontolojide bor. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22 (1):70-75.
- Sah, R.N., Brown, P.H.,** 1997. Boron determination a review of analytical methods. *Microchemical journal*, 56(3):285-304.
- Samuk, T.B.,** 2015. Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılan Bor Türevlerine Yönelik Çalışmaların Analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Sezen, Y.,** 1988. *Suların genel özellikleri ve kalitesi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Schobell, S.S.,** 1993. Toprak bilimi. Ç.Ü. ziraat fakültesi. 12. Baskı, 73.
- Scherz, H., Senser, F.,** 1994. Food composition and nutrition tables. Medpharm GmbH Scientific Publishers.

- Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H.,** 1989. Food composition and nutrition tables 1989/90. In Food composition and nutrition tables 1989/90. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1989. Preis: 248.
- Souci, S.W.,** 1994. Garching Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie. (1994). *Food composition and nutrition tables*. 5., rev. and completed ed. Medpharm Scientific Publ.
- Sungur, Ş., Okur, R.,** (2009). Using azomethine-H method determination of boron contents of various foods consumed in Hatay Region in Turkey. *Food chemistry*, 115(2), 711-714.
- Strum, S. B.,** 2003. Boron the fifth element. *MD, FACP Medical Oncologist Specializing in Prostate Cancer*, 1-17.
- Şahin, İ.,** 2007. Voltammetrik yöntemlerle bor tayini ve uygulamaları. Şahin, İbrahim. Voltammetrik yöntemlerle bor tayini ve uygulamaları. Yayınlanmamış doktora tezi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- Şaylı, B.S.,** 2000. İnsan sağlığı ve bor mineralleri. AÜ Tıp Fakültesi-Eti Holding Araştırma Projeleri. Ankara, Mayıs.
- Şimsek, A., Velioglu, Y.S., Coskun, A.L., Sayli, B.S.,** 2003. Boron concentrations in selected foods from borate-producing regions in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6):586-592.
- Taban, S., Alpaslan, M., Kutuk, C., Inal, A., Erdal, I.** 1995. Relationship between boron and calcium on wheat (*Triticum aestivum* L.). In *9th International Symposium of CIEC, "Soil fertility and fertilization management-bridge between science, industry and practice"*, September (pp. 25-30).
- Toker, H., Ozdemir, H., Yuce, H.B., Goze, F.,** 2016. The effect of boron on alveolar bone loss in osteoporotic rats. *Journal of dental sciences*, 11(3):331-337.
- Uygan, D., Çetin, Ö.,** 2004. Borun tarımsal ve çevresel etkileri. *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir, 23-25 Eylül.
- Uysal, E., Şen, O.F., Kılıç Daş, Ö.B., Candan, N., Uzun, N., Üner, K., Rahmanoğlu, N.,** 2017. Türkiye'nin önemli sanayi domatesi üretim alanları topraklarının bitkiye elverişli bor ve domatesin bor beslenme durumunun belirlenmesi. *Bor Dergisi*, 2 (3):161-167.
- Vanderpool, R.A., Hoff, D., Johnson, P.E.,** 1994. Use of inductively coupled plasma-mass spectrometry in boron-10 stable isotope experiments with plants, rats, and humans. *Environmental health perspectives*, 102 (suppl 7), 13-20.
- Velioglu, S., Sayli, B.S., Altunsoy, S.,** 1999. Bor madeni havzalarında üretilen bazı gıdalarda bor miktarlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 24 (1):13-19.
- Velioglu, S., Şimşek, A.,** 2003. İnsan sağlığı ve beslenme açısından bor. *Anadolu University journal of Science and Technology*, 4 (2), 123-130.

- Xiao, J., Vogl, J., Rosner, M., Deng, L., Jin, Z.,** 2019. A validated analytical procedure for boron isotope analysis in plants by MC-ICP-MS. *Talanta*, 196:389-394.
- Wolf, B.,** 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5):363-374.
- Yakıncı, Z.D., Kök, M.,** 2016. Borun sağlık alanında kullanımı. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 4(1):36-44.
- Yenialaca, Ç.,** 2009. Bor ve kullanım alanları. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Fizik Eğitim Bilim Dalı, Ankara, 35s.
- Yenmez, N.,** 2009. Stratejik bir maden olarak bor minerallerin Türkiye için önemi. *Coğrafya Dergisi*, (19):59-94.
- Yünlü, K.,** 2016 . Bor. 1st ed. Ankara: Değişim Yayınları.
- Zurnacı, M.,** 2015. Vitamin komplekslerindeki Metallerin ICP-OES cihazı kullanılarak tayini. *Yüksek lisans tezi*, Sakarya Üniversitesi. 54s.