

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burcu SAYGIDEĞER DEMİR**

**BORUN İNSAN VE BİTKİ İÇİN ÖNEMİ VE BAZI ÜZÜM  
ÇEŞİTLERİNDE BOR TAYİNİ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2005**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BORUN İNSAN VE BİTKİ İÇİN ÖNEMİ VE BAZI ÜZÜM ÇEŞİTLERİNDE  
BOR TAYİNİ**

**Burcu SAYGIDEĞER DEMİR**

**YÜKSEK LİSANS**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**Bu tez ....../...../2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği  
/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza.....

İmza.....

İmza.....

Prof.Dr.Osman SERİNDAĞ  
DANIŞMAN

Doç.Dr.Bilgehan GÜZEL  
ÜYE

Prof.Dr.Zülküf KAYA  
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Kimya Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No :**

**Prof. Dr.Aziz ERTUNÇ**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi Tarafından  
Desteklenmiştir.**

**Proje No: FEF2004YL45**

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

**ÖZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BORUN İNSAN VE BİTKİ İÇİN ÖNEMİ VE BAZI ÜZÜM  
ÇEŞİTLERİNDE BOR TAYİNİ**

**Burcu SAYGIDEĞER DEMİR**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**Danışman:** Prof. Dr. Osman SERİNDAĞ

**Yıl:** 2005 , **Sayfa:** 57

**Jüri:** Prof. Dr. Osman SERİNDAĞ

Doç. Dr. Bilgehan GÜZEL

Prof. Dr. Zülküf KAYA

Bor, birçok bitkide bulunan ve insan beslenmesinde önemli bir eser element olarak düşünülmektedir ayrıca metabolizma için oldukça gereklidir. Niğde (Kemerhisar) ve Adana (Pozantı) yörelerinden temin edilen 10 çeşit üzüm (*Vitis vinifera*) örneğinde eser miktarlardaki bor H-asidi ile salisilaldehitin bor katalizli kondensasyon reaksiyonuna dayanan azometin-H spektrofotometrik yöntemi ile tayin edilmiştir. Optimum şartlar altında oluşan sarı renkli kompleksin 412 nm' deki absorbansı, bor (III) konsantrasyonu ile lineer artış göstermektedir. Sonuç olarak 10 üzüm örneğinin bor içeriklerinde farklılıklar bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Azometin-H., *Vitis vinifera*, bor tayini, üzümde bor.

## ABSTRACT

### MSc THESIS

# IMPORTANCE OF BORON FOR HUMAN AND PLANT AND DETERMINATION OF BORON IN SOME GRAPE VARIETES

**Burcu SAYGIDEĞER DEMİR**

**DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

**Supervisor :** Prof. Dr. Osman SERİNDAG

**Year :** 2005 **Page :** 57

**Jury :** Prof. Dr. Osman SERİNDAG

Assoc.Prof. Bilgehan GÜZEL

Prof. Dr. Zülküf KAYA

Boron is a trace mineral that is found in many plants and considered an essential ultratrace element in the diet of humans. Boron supplement is necessary for human metabolism.

Boron content of 10 grape (*Vitis vinifera*) varieties was determined by using Azometin H. Spectrophotometric method. The grape samples have been taken from Adana (Pozantı) and Niğde (Kemerhisar) regions.

The method for the spectrophotometric determination of micro amounts of boron in grapes based on the boron-catalyzed condensation of salicylaldehyde with H-acid. Under the optimum conditions, the absorbency of the yellow complex at 412 nm increases linearly with concentration of boron (III).

Consequently, the differences have been found in boron content of 10 grape samples.

**Key Wors:** Azomethin H., *Vitis vinifera*, determination of boron, boron in grapes.

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Osman SERİNDAG' a sonsuz teőekkürlerimi bir borç bilirim. Deneysel çalıőmalarım boyunca desteğini gördüğüm Kimya Bölümü Arő. Gör. Mustafa KELEŐ' e, Biyolog Dr. Muhittin DOĐAN'a ve Uzman Serkan KARACA' ya, örneklerin temin edilmesinde emeiği geçen Yard. Doç. Dr. Ali GÜRTEEN'e teşekkür ederim. Ayrıca Kimya Bölümü öğretim üyeleri ve çalıőanlarına maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan tüm aileme, tez yazımlarımda emeiği geçen ve her türlü manevi desteklerini benden esirgemeyen sevgili annem Doç. Dr. Saadet SAYGIDEĞER' e ve değerli eőim Fatih DEMİR' e sonsuz őükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları.....	1
1.1.1. Borun Tarihçesi.....	1
1.1.2. Borun doğada bulunuş şekli ve kimyasal özellikleri.....	1
1.1.3. Bor Mineralleri.....	2
1.1.3.1. Boraks(tinkal) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .....	2
1.1.3.2. Kernit (Razorit) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).....	3
1.1.3.3. Üleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ).....	3
1.1.3.4. Probertit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).....	3
1.1.3.5. Kolemanit ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).....	3
1.1.3.6. Hidroborasit ( $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).....	4
1.1.3.7. Pandemit (Priseit) ( $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).....	4
1.1.4. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları.....	5
1.2. Canlılar ve Bor.....	5
1.2.1. Bitkilerde Bor.....	6
1.2.1.1. Bitkilerin Bor Alımı.....	7
1.2.1.2 Bitkilerde Borun Metabolik İşlevleri.....	8
1.2.1.3. Bitkilerde bor alımına etki eden faktörler.....	9
1.2.1.3.(1) Ana Materyal.....	9
1.2.1.3.(2) pH.....	10
1.2.1.3.(3) Toprak Nemi.....	11

1.2.1.3.(4) Sıcaklık.....	11
1.2.1.3.(5) Organik madde.....	11
1.2.1.3.(6) Element etkileşimleri.....	11
1.2.1.3.(7) Bitkisel Faktörler.....	12
1.2.1.4. Bitkilerde Bor Eksikliği.....	12
1.2.1.5. Borun bitkilerdeki zararlı etkileri.....	15
1.2.2. Bor ve Sağlık.....	15
1.2.2.1. Borun Yararları.....	16
1.2.2.1.(1) Besin Etkileşimleri.....	17
1.2.2.1.(2) Hormon Metabolizması.....	18
1.2.2.1.(3) Ömür Uzunluğu (İmmün Sistem).....	19
1.2.2.1.(4) Osteoporoz.....	19
1.2.2.1.(5) Osteoartirit.....	20
1.2.2.1.(6) Beyin Performansı.....	21
1.2.2.1.(7) Kanser Tedavis.....	21
1.2.2.2. Bor Eksikliği.....	22
1.2.2.3. Borun Vücuda Girişi ve Ayrılması.....	23
1.2.2.4. Toksikoloji.....	24
1.2.2.5. Uygun Doz.....	25
1.2.2.6. Borun Biyokimyasal Mekanizması.....	26
1.3. Bor Analiz Yöntemleri.....	27
1.3.1. Kolorimetrik Yöntemler.....	28
1.3.2. Fluorimetrik Yöntemler.....	28
1.3.3. Potansiyometrik Yöntemler.....	29
1.3.4. Atomik Spektroskopik Yöntemler.....	29
1.3.4.1. Alev atomik spektroskopi.....	29
1.3.4.1.(1) AES(Alev emisyon spektroskopi).....	29
1.3.4.1.(2) AAS(Alev absorpsiyon spektroskopi)...	29
1.3.4.2. Plazma Kaynaklı Metotlar.....	30
1.3.4.2.(1) Plazma Kaynaklı OES.....	30
1.3.4.2.(2) Plazma Kaynaklı MS.....	31

1.3.5. İyon Kromatografi.....	31
1.3.6. Nötron Aktivasyon Analizleri (NAA).....	31
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>33</b>
<b>3. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>41</b>
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Kullanılan Araştırma Materyalleri.....	41
3.1.2. Kullanılan Kimyasal Malzemeler.....	41
3.1.3. Kullanılan Araç ve Gereçler.....	42
3.2. Metod.....	43
3.2.1. Çözeltilerin hazırlanması.....	43
3.2.1.1. Sodyumhidroksit Çözeltisi.....	43
3.2.1.2. Nitrikasit Çözeltisi.....	43
3.2.1.3. Tampon Çözelti.....	43
3.2.1.4. H-Asit Çözeltisi.....	43
3.2.1.5. Sodyum karbonat Çözeltisi.....	43
3.2.1.6. Salisilaldehit Çözeltisi.....	44
3.2.1.7. Hidroklorikasit Çözeltisi.....	44
3.2.1.8. Standart Borik asit Çözeltisi .....	44
3.2.2. Deneyin Yapılışı.....	44
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>46</b>
4.1. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	46
4.1.1. Mümkün Reaksiyon Mekanizması.....	46
4.1.2. Spektrofotometre sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	46
4.1.2.1. Dalgaboyu Taraması.....	46
4.1.2.2. Standart çalışma grafiği.....	48
4.1.3. Üzümlerin bor içeriklerinin değerlendirilmesi.....	48
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>53</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>54</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>57</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

mL	: mililitre
g	: gram
mg	: miligram
ppm	: Milyonda bir birim.
UV	: Ultraviyole (mor ötesi) spektroskopisi
BNCT	: Bor nötron yakalama terapisi
nm	: nanometre
M	: Molarite
°C	: Santigrat derece
cm <sup>3</sup>	: Santimetre küp
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
L	: Litre
PMS	: Mentrüasyon öncesi sendromu
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
Kcal	: Kilo kalori
MR	: Magnetik rezonans
ICP-OES	: İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektroskopisi
ICP-AES	: İndüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi
AAS	: Atomik absorpsiyon spektroskopisi
MS	: Kütle spektroskopisi
µg	: Mikrogram
Abs	: Absorbans
ET-AAS	: Elektrotermal buharlaştırmalı atomik absorpsiyon spektroskopisi
ng	: Nanogram
eV	:elektron volt
MeV	: Megaelektron volt
keV	: Kiloelektron volt
NAA	: Nötron aktivasyon analizi

- r : Korelasyon katsayısı  
P : İstatistiksel olarak önem  
EDTA : Etilendiamin tetra asetikasit  
NTA : Nitrilo tri asetikasit  
THBA : 1-(2,3,4-trihidroksibenzilidenamino)-8-hidroksinaftalen-3,6-disülfonikasit  
 $\mu$ l : Mikrolitre

<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
<b>Şekil 1.1.</b> Fruitex-B' nin yapısı.....	20
<b>Şekil 1.2.</b> Piyasada bulunan bazı bor tabletleri.....	25
<b>Şekil 2.1.</b> Otomatik azometin-H yönteminin akım diyagramı.....	36
<b>Şekil 2.2.</b> 1-(2,3,4-trihidroksibenzilidenamino)-8-hidroksinaftalen-3,6- disülfonikasinin ve bor ile yaptığı kompleksin yapısı.....	37
<b>Şekil 3.1.</b> H-asit ile salisilaldehitin borik asit varlığındaki reaksiyonu.....	45
<b>Şekil 4.1.</b> Azometin-H' in dalgaboyu taraması.....	47
<b>Şekil 4.2.</b> (a) Bor yokluğunda salisilaldehit iyonu absorbanansı.....	47
(b) pH 2-2.4' te salisilaldehit iyonu absorbanansı.....	47
<b>Şekil 4.3.</b> Standart çalışma grafiği.....	48
<b>Şekil 4.4.</b> Kamışlı yöresine (Adana) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	50
<b>Şekil 4.5.</b> Bozyer yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	51
<b>Şekil 4.6.</b> Armutlubag yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	51
<b>Şekil 4.7.</b> Bağaltı yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	51
<b>Şekil 4.8.</b> Çatılıyer yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	52
<b>Şekil 4.9.</b> Farklı bölgelerdeki siyah üzümlerin bor içeriklerinin karşılaştırılması.....	52
<b>Şekil 4.10.</b> Farklı bölgelerdeki beyaz üzümlerin bor içeriklerinin karşılaştırılması.....	52

<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
<b>Çizelge 1.1.</b> Ticari önemi olan bor mineralleri.....	2
<b>Çizelge 1.2.</b> Dünya Bor Rezervleri.....	4
<b>Çizelge 1.3.</b> Avusturalyadaki bazı bitkilerin bor konsantrasyonları.....	6
<b>Çizelge 1.4.</b> Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması.....	7
<b>Çizelge 1.5.</b> Bazı temel kayalardaki bor içerikleri.....	9
<b>Çizelge 1.6.</b> Bor içeren kimyasal gübreler, kimyasal formülleri ve bor içerikleri.....	14
<b>Çizelge 3.1.</b> Kullanılan araştırma materyallerinin temin edildiği bölgeler.....	41
<b>Çizelge 4.1.</b> Adana ve Niğde illerinden toplanan siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri.....	49
<b>Çizelge 4.2.</b> Yörelere göre siyah üzümlerdeki bor içerikleri arasındaki ilişki..	50
<b>Çizelge 4.3.</b> Yörelere göre beyaz üzümlerdeki bor içerikleri arasındaki ilişki..	50

**1.GİRİŞ****1.1. Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları****1.1.1. Borun Tarihçesi**

Bor içeren tuzlar, yani boratlar, Orta Asya'daki göllerden Orta Çağın başlarında Araplar tarafından elde edilerek, Avrupa'ya getirilmiştir. Bunların ilaç ve lehim yapımında kullanıldığı, Marco-Polo tarafından getirildiği bilinmektedir.

Altın, gümüş gibi borun en çok kullanılan türü olan boraks da binlerce yıldan beri bilinmektedir. 4000 yıl kadar önce Babilliler ziynetlerini boraks kullanarak kaynak yapmışlardır. Eski Mısırlıların ölülerini mumyalamakta boraks kullandıkları iddia edilmektedir. Çin'de milattan 300 yıl kadar önce glazürlerin yapımında boraks kullanılmıştır. Persler ve Araplar da boraksı 2000 yıl önce kullanmışlardır. "Boraks"ın esaslı Arapça'da beyaz anlamına gelen kelimeye dayanmaktadır.

**1.1.2. Borun doğada bulunuş şekli ve kimyasal özellikleri**

Bor, yerkabuğunun bileşiminde bulunan ve diğerleri kadar yaygın olmayan periyodik cetvelin 3A grubunda bulunan bir elementtir. Atom numarası 5, atom ağırlığı 10.82, erime noktası  $2190 \pm 20$  °C'dir. İzotopları B<sub>10</sub> %19.57, B<sub>11</sub> %80.43, kristal yapısı tetragonal-hegzagonaldir.

Yoğunluğu kristal ise 2.33 g/cm<sup>3</sup>, amorf ise 2.34 g/cm<sup>3</sup>, sertliği 9.3 Mohs.'tur. Yerkabuğunun %0.001 ile %0.0003' ünü oluşturmakla beraber, doğada pek çok kayacın yapısında bulunur. Bu oran karalarda 1ppm yakınlarında ise de denizlerde biraz daha fazladır. Az tuzlu kuzey denizlerinde bu oran 3ppm iken, güney denizlerinden Akdeniz'de, okyanus sahillerinde 5-6 ppm' e dek çıkabilmektedir. Doğada serbest olarak bulunmayıp genellikle alkali ve toprak alkali boratlar veya borik asit olarak bulunmaktadır.( DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 1995)

Elementel bor ilk olarak 1808 de izole edilmiştir. Bor da karbon gibi çift bağlara ve makromolekül formlarına meyillidir. Borik asit; bir Lewis asididir. Hidroksil iyonunu tutar, protonları bırakır. Borun organik bileşiklerle yaptığı

kompleksler, hidroksil grup ihtiva eder. Böylece; şekerler, polisakkaritler, adenozin-5-fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ve piridin nükleotidler ile etkileşime girebilir. Bor-karbohidrat komplekslerinde karbohidrat olarak genelde fruktoz tercih edilir. Örneğin; beta-Frukto-Furanosid-Borat, Alfa-Frukto-furanosid-Borat ve Alfa-Frukto-Piranosid-Borat kompleksleri çok kararlıdır. Tam aksine bor, aminoasit ve hidroksi asitlerle kompleks oluşturmaz. Borik asit ve boraks içermeyen kararsız bor kompleksleri, güçlü elektrofilik, seçici olmayan ve ciddi boyutlarda toksik etkileri olan komplekslerdir (Gregory ve Kelly, 1997).

### 1.1.3. Bor Mineralleri

Bor doğada serbest olarak bulunmaz, oksijenle birleşerek bor tuzları şeklinde veya silikatlar halinde bulunur. Amorf bor siyah, yeşilimtrak-sarı kristalli ve parlak renktedir. Doğada 200'e yakın bor bileşikleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları ve ticari önemi olanlar aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1.1.** Ticari önemi olan bor mineralleri (DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 1995)

<b>Mineral</b>	<b>Kimyasal Formülü</b>	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(%)</b>	<b>Türkiye'de bulunduğu yer</b>
Boraks	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	36.5	Kırka
Kernit	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .4H <sub>2</sub> O	51.0	Kırka
Üleksit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .8H <sub>2</sub> O	43.0	Kırka, Emet, Bigadiç
Probertit	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> .5H <sub>2</sub> O	49.6	Emet, Kestelek
Kolemanit	Ca <sub>2</sub> B <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .H <sub>2</sub> O	50.8	Bigadiç, Emet, Kestelek
Hidroborsit	CaMgB <sub>6</sub> O <sub>11</sub> .6H <sub>2</sub> O	50.5	Emet
Pandermit	CaB <sub>10</sub> O <sub>19</sub> .7H <sub>2</sub> O	49.8	Sultançayırı, Bigadiç

#### 1.1.3.1. Boraks(Tinkal): Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.10H<sub>2</sub>O

Renksiz ve saydam olarak bulunur. İçindeki çeşitli materyal karışımı ile pembe, sarımsı gri renklerde bulunabilir. Sertliği 2-2.5, özgül ağırlığı 1.7'dir. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

içeriği % 36.5'dir. Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Kille arakatkılı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir.

#### **1.1.3.2. Kernit (Razorit) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )**

Tabiatta renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı  $1.95 \text{ gr/cm}^3$  ve  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 51'dir. Soğuk suda az çözünür. Kırka'da Na-borat kütesinin alt kısımlarındadır. Dünya'da ise Arjantin ve A.B.D.'de bulunur.

#### **1.1.3.3. Üleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )**

Tabiatta masif, karnabahar şeklinde, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz rengin tonlarındadır. İpek parlaklığında olanları da vardır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte teşekkül etmiştir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır.

#### **1.1.3.4. Probertit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )**

Kirli beyaz, açık sarımsı renklere olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %49.6'dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur.

#### **1.1.3.5. Kolemanit ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )**

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşiklerinde en

yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur.

#### **1.1.3.6. Hidroborasit ( $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )**

Bir merkezden ışınsal ve iğne şeklindeki kristallerin rasgele yönlenmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.5' tir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki impüritelere bağlı olarak sarı ve kırmızımsı renklere (arsenik içeriğine göre) kolemanit, üleksit, probertit, tunalit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'te oluşmuştur.

#### **1.1.3.7. Pandermit (Priseit) ( $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )**

Beyaz renkte ve yekpare olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Ülkemizde Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 49.8'dir. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki bor rezervleri ve % oranları aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.2).

**Çizelge 1.2.** Dünya Bor Rezervleri (DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 1995)

Ülke	Rezerv(1000 ton)	% Oranı
Türkiye	803.000	63.0
A.B.D	209.000	16.4
B.D.T	136.000	10.7
Çin Halk Cumhuriyeti	36.000	2.8
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Şili	41.000	3.2
Peru	22.000	1.7
Toplam	1.275.000	100.0

**1.1.4. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları**

Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır.

Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanıldığı sanayi dallarını aşağıdaki gruplarda toplamak mümkündür:

- 1) Cam sanayii
- 2) Seramik sanayii
- 3) Temizleme ve beyazlatma sanayii
- 4) Yanmayı önleyici maddeler
- 5) Tarım
- 6) Metalurji sanayii
- 7) Nükleer sanayii
- 8) Tıp

Borun endüstrideki yararları yıllardır bilinmekle beraber, insan sağlığı için önemi son birkaç yıldır araştırmalara konu olmuştur ( DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 1995).

**1.2. Canlılar ve Bor**

Borun doğrudan proton verici rol oynayarak ve hücre zarı yapısı ve fonksiyonlarına etki ederek canlı sistemlere katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli olan bir elementtir. Hayvanlarda ve insan dokularında ise küçük konsantrasyonlarda bulunur (Gregory ve Kelly, 1997). Siyanobakterilerin azot döngüsünde bor da kullandıkları bilinmektedir (Ho., 2000).

**1.2.1. Bitkilerde Bor**

Borun bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli bir element olduğu ilk olarak 1923'te Warington tarafından kanıtlanmıştır (Ho., 2000). Bitkilerdeki bor içeriği topraktan alabildiği kadardır. Aynı bitkinin büyüme değişimi bulunduğu topraktaki bor miktarına göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin Avustralya bölgesindeki çeşitli bitkilerin bor konsantrasyonları farklıdır (Çizelge 1.3).

**Çizelge 1.3.** Avusturalyadaki bazı bitki ve gıdaların bor konsantrasyonları (Gregory ve Kelly, 1997)

Ürün	Bor (mg/100g)	Ürün	Bor (mg/100g)
Badem	2.82	Fındık	2.77
Elma (kırmızı)	0.32	Ceviz	1.63
Portakal	0.25	Zeytin	0.35
Avokado	2.06	Soğan	0.20
Muz	0.16	Patates	0.18
Fasulye	1.40	Şeftali	0.52
Kepek (buğday)	0.32	Yerfıstığı 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	Kayısı (kuru)	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		

En iyi bilinen bor kaynağı bitkiler; yapraklı sebzeler, turunçgil dışındaki meyveler, kuruyemişler, baklagiller, tahıllar ve su bitkileridir. Avusturalya topraklarının kumlu olmasından kaynaklanan bor eksikliği nedeniyle burada yetişen

bitkilerdeki ve birtakım gıdalardaki bor içeriği diğer bölgelere göre oldukça düşüktür. Örneğin Fındık bitkisinin bor içeriği Türkiye’de (Karadeniz Bölgesinde) ortalama 15 ppm iken (Şimşek ve Ark., 2003) Avusturalya’da 0.277 ppm , üzümdeki bor içeriği Türkiye’de (İçanadolu Bölgesinde) 5-6 ppm iken Avusturalya’da 0.451 ppm’ dir (Gregory ve Kelly, 1997).

### 1.2.1.1. Bitkilerin Bor Alımı

Bitkilerin boru pasif absorpsiyon yolu ile  $B(OH)_3$  şeklinde aldıkları bilinmesine rağmen, biraz da olsa aktif absorpsiyon yolu ile  $B(OH)_4$  şeklinde de alınır. Bor bitkilerde tepe noktalarına kadar ksilem iletim boruları içerisinde taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bu yüzden bitkilerin bor alımlarında önemli farklılıklar vardır (Çizelge 1.4).

**Çizelge 1.4.** Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması (Kacar ve Katkat, 1998)

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

**1.2.1.2 Bitkilerde Borun Metabolik İşlevleri**

Bitki gelişmesi için mutlak gerekli element olduğunun belirlendiği 1923 yılından günümüze değin borun bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır. Ancak açıklığa kavuşturulamamış pek çok nokta bulunması nedeniyle konu üzerindeki çalışmalar günümüzde de yoğun şekilde sürmektedir. Bitkilerdeki metabolik ve fizyolojik işlevlerine ilişkin bilgiler bor noksanlığında ve uygulaması durumunda bitkilerdeki değişimlere bakılarak belirlenmeye çalışılmaktadır. Bor bitkilerde:

Şekerlerin taşınmasında,

Hücre duvarı sentezinde,

Lignifikasyon olgusunda,

Hücre duvarı yapısının oluşumunda,

Karbonhidrat metabolizmasında,

RNA metabolizmasında,

Solunumda,

İAA (indolasetik asit) metabolizmasında,

Fenol metabolizmasında,

Biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahiptir ( Kacar ve Katkat, 1998).

Bor, hücre duvarı komponentleri ile tepkimeye girerek polihidroksil bileşikleri oluşturmak suretiyle hücre zarının ince yapıda olmasında ve güçlü bir şekilde sentezlenmesinde rol oynar. Yeterli düzeyde bor içermeyen bitkilerin hücre duvarlarında belirgin şekil bozuklukları ortaya çıkar.

Meristematik dokuların gelişmesinde, polen tüplerinin büyümesinde, polenlerin gelişme ve çimlenmelerinde bor önemli etkinliğe sahiptir. Bor bu nedenle vejetatif gelişmeye göre generatif gelişmede daha büyük önem taşımaktadır. Bor eksikliğinde bitkilerin kök uzamalarında gerileme ya da durma ve köklerin çalılışmış bir görünüm alma durumu gözlenmektedir. Çünkü kök uzaması hücre duvarı sentezi ve hücre bölünmesi ile doğrudan ilişkilidir.

**1.2.1.3. Bitkilerde bor alımına etki eden faktörler****1.2.1.3.(1) Ana Materyal**

Topraklarda ana materyal ve ana materyalin dağılıp parçalanma derecelerine bağlı olarak toplam bor içeriği 20 mg/kg ile 200 mg/kg arasında değişir. (Kacar ve Katkat, 1998) Ilıman kuşakların topraklarının ortalama bor içeriği 5-80 mg/kg arasında bulunmaktadır. Bunun yanında kumlu toprakların bor içeriği 5-20 mg/kg, Killi ve humuslu toprakların bor içeriği ise 30-80 mg/kg dır. Toprakların bor içeriği ile kil ve organik karbon içeriği arasında bir korelasyon vardır. (Schobel, 1993)

Toprakta bor,

- 1) Killerin ve demir ile alüminyumun sulu oksitlerinin yüzeylerine adsorbe edilmiş şekilde,
- 2) Organik maddelere ester biçiminde bağlanmış olarak,
- 3) Kayalar ve mineraller şeklinde,
- 4) Toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit( $H_3BO_3$ ) ve  $B(OH)_4^-$  iyonları şeklinde bulunur (Kacar ve Katkat, 1998).

Borun az bir kısmı da suda çözünür durumda bulunur(Schobel, 1993).

Temel bazı kayalardaki bor seviyeleri aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.5).

**Çizelge 1.5.** Bazı temel kayalardaki bor miktarları (Schobel, 1993)

<b>Kaya sınıfı</b>	<b>Kaya türü</b>	<b>Bor konsantrasyonu(mg/kg)</b>
Lav	Granit	15
	Bazalt	5
Metamorfik	Kireç taşı (mermer)	20
Sediment	Kumtaşı	35
	Tortullu şist	100

Lav kayalarından çıkarılan topraklar genelde dünyanın tropikal bölgelerinde bulunur. Bu topraklar sediment kayalarından oluşan topraklara göre daha az bor içeriğine sahiptirler. Sediment kayaları kurak ya da yarı kurak bölgelerde bulunur.

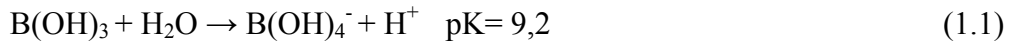
Bunlar sıcaklığın etkisi ile çatlayan kayalardır. Deniz kumu tortulları çok yüksek miktarlarda bor içermektedir. Asit granit ve diğer lav kayalarından oluşan topraklar ile düşük organik madde içeren toprakların bor içerikleri oldukça düşüktür.

Bor eksikliğine yol açan temel toprak koşulları:

- 1) Borca fakir olan, asit granit kayaları ve diğer lav kayalarından oluşan topraklar tatlı su sediment topraklar,
- 2) Doğal asidik toprakları,
- 3) Hafif yapılı killi topraklar ve çakıllı topraklar,
- 4) Alkalin topraklar, özellikle de kalkerler,
- 5) Bor içeriği düşük olan sulama suyu ile sulanmış topraklar ile tuz ve karbonat depolanmış sulama suyu ile sulanmış topraklar,
- 6) Organik madde içeriği az olan topraklar,
- 7) Yağmur sezonu bitmiş, kuraklık geçiren topraklardır.

### 1.2.1.3.(2) pH

Toprağın pH'sı bitkilerin topraktan boru alımlarına etki eden faktörler arasında en önemlilerinden biridir. Topraktaki çözünmüş bor içeriği pH ile sıkı bir korelasyon verir. Eğer toprak çözeltisinin pH'sı yüksekse bor bitkiler tarafından alınamaz hale gelir. Bu nedenle kireç uygulaması bazen bitkilerde bor eksikliğine yol açar (HO., 2000). PH değeri 7'nin altına düşerse borun tamamı disosiyasyon olmadan  $B(OH)_3^0$  şeklinde bulunmaktadır. Yüksek pH değerinde ise aşağıdaki eşitliğe göre  $B(OH)_4^-$  iyonları oluşmaktadır:



PH değeri 7 olduğunda ise toprak çözeltisindeki çözünmüş borun % 99'u  $B(OH)_3^0$  ve % 0,9'u  $B(OH)_4^-$  şeklindedir.

Bitkiler topraktan boru  $B(OH)_3^0$  şeklinde almaktadırlar. Toprak çözeltisindeki ya da doygunluk ekstrasındaki B içeriği ve sıcak su ile ekstrakte edilebilen B,

bitkilerin yararlanabileceği bor içeriğinin ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Schobel, 1993).

#### **1.2.1.3.(3) Toprak Nemi**

Bitkilerin topraktan bor alımı kuru topraklarda daha azdır. Bu nedenle kurak bölgelerde bor eksikliği daha sık görülmektedir. Sulama ve kuruma döngüsü bor fiksasyonunu artırmaktadır (HO., 2000). Nemin bitkilerin topraktan bor alımına etkisi, sera ve tarlalarda yapılan pek çok çalışma ile de doğrulanmıştır( Kacar ve Katkat, 1998).

#### **1.2.1.3.(4) Sıcaklık**

Yüksek sıcaklıklarda toprağın bor adsorpsiyonu yüksektir. Bu durum toprağın nemi ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi de yansıtır. Bu nedenle kuru yaz sıcaklarında bitkilerde bor eksikliği oldukça sık rastlanan sorunlardan biridir.

#### **1.2.1.3.(5) Organik madde**

Sıcak su ile ekstrakte edilebilen bor ile toprağın organik madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır.

#### **1.2.1.3.(6) Element etkileşimleri**

Bor ve kalsiyum ilişkisi bitkilerin topraktan boru alımındaki çok önemli bir husustur. Diğer elementlerin topraktaki konsantrasyonu bor alımını kalsiyum kadar etkilemezler. Bor uygulaması bitkilere azot uygulamasını kolaylaştırır. Bor bitkilerin verimini artırmak için uygulanan azot bileşiklerinin bitkiye geçişini sağlar.

Bor ile potasyum arasında da önemli bir ilişki bulunmaktadır. Eğer ürüne aşırı potasyum uygulaması yapılmışsa ürünün verim düşüşünü önlemek için bor uygulaması yapılması gerekmektedir (HO., 2000).

Kalsiyum, magnezyum ve bor arasında önemli bir korelasyon bulunmaktadır. Topraktaki kalsiyum ve magnezyumun düşük yüzdeleri bitki tarafından barındırılırken, bor bitkilerde akümüle edilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda çinkonun ve yüksek konsantrasyonlarda fosforun bitkilerde bor birikmesini artırıcı etkide buldukları tespit edilmiştir. Bundan dolayı çinko bitkilerde borun aşırı birikerek toksik etki oluşturmasını da önlemektedir (HO., 2000).

### **1.2.1.3.(7) Bitkisel Faktörler**

Bitkiler topraktan bor alımlarına göre farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılığın sebebi büyümeleri için farklı miktarlarda bora ihtiyaç duymalarıdır. Bor eksikliği kuru ağırlığının kilogramı başına mg B olarak belirtilir. Buğdaygiller (gramineler) için kritik değer 5-10 mg B'dur. Çift çenekli bitkiler (dikotiller) için 20-70 mg B'dur. Özsuyu süt benzeri olan bitkiler için ise 80-100 mg B'dur. Bitki türlerindeki bu farklılık, hücre duvarı yapılarının farklılığından kaynaklanır. Buğdaygillerde hücre duvarları çok az pektik materyal içerir ve ayrıca daha az kalsiyuma gereksinim duyarlar. İlginç olarak bu iki bitki türünün silisyum alım kapasiteleri de farklılık göstermektedir. Silisyum alımının bor ve kalsiyum gereksinimi ile ters ilişkisi vardır. Bu üç element de hücre duvarının yapısında temeldirler. Bor ve kalsiyumun ilişkisi fizyolojik temellidir. Bu iki element hücre duvarında benzer yapısal fonksiyonlar gösterirler. Bu benzerlik, bor ve kalsiyum eksikliği belirtilerinin de benzer olacağı anlamına gelmektedir (HO., 2000).

### **1.2.1.4. Bitkilerde Bor Eksikliği**

Bor eksikliği, bütün dünyada ılıman bölgelerin alkali topraklarında ve aynı zamanda kurak bölgelerin alkali topraklarında yaygındır. Bunun nedenleri; asit topraklarda  $B(OH)_3^0$ 'ın adsorpsiyonunun düşük olması nedeniyle kuvvetli bor yıkanmasının olması ve alkali topraklarda ise  $B(OH)_4^-$ 'in adsorpsiyon sonucunda kuvvetli bor fiksasyonunun gerçekleşmesidir. İliman bölgelerde bor eksikliği

özellikle kurak ve sıcak geçen yıllarda kumlu topraklarda, aynı şekilde kurak yerlerdeki kilce zengin topraklarda ortaya çıkmaktadır ( Schobel, 1993).

Bor eksikliği öncelikle büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyümenin yavaşlamasına neden olur. Genç yapraklar büzülüp kıvrılır, çoğu zaman kalınlaşır ve koyu mavi, yeşil bir renk alır. Boğum araları kısalır, büyüme bodurlaşır, bitki çalılışmış bir görünüm kazanır. Transpirasyondaki düzensizliğin bir yansıması olarak yapraklar ve dallar kolay kırılabilen gevrek bir yapı alır. Bor eksikliğinin ileri aşamalarında büyüme noktaları ölür, genelde büyüme olumsuz şekilde etkilenir. Tomurcuk, çiçek ve meyve gelişimi azalır ya da tamamen durur. Olgun yapraklarda damarlar arası kloroz oluşur ve yaprak ayasında şekil bozukluğu görülür. Yaprak sapları ve gövde kalınlaşır. Yumru köklü bitkilerde yumruların depolanmaları sırasında öz çürüklüğü meydana gelir ve Pazar özelliklerini yitirmiş olurlar ( Kacar ve Katkat, 1998).

Yüksek miktarda bor gereksinmesi bulunan bitkilere bor gübresi ya bor içeren kompoze bitki besin maddeleri ile veya boraksla (toprak içinde borik aside hidrolize olur) verilmektedir (Schobel, 1993).



Organik ve kimyasal gübreler bor kaynağı olarak başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ahır gübresi 17.4 mg B/kg içerir. Bor içeren kimyasal gübreler toprağa uygulandığı gibi yapraklara püskürtülerek de uygulanabilir. Boraks ve sodyum tetraborat en çok tanınan ve uygulanan borlu gübrelerdir. Kullanılma yönünden bunları sodyum pentaborat ile solubor izler. Solubor dışında diğer sodyum boratlar toprağa doğrudan uygulandığı gibi yüksek çözünme özellikleri nedeniyle püskürtülerek de başarılı bir şekilde kullanılabilirler. Borik asidin uygulanması sınırlıdır. Doğal olarak oluşan ve bir kalsiyum bor bileşiği olan kolemanit az çözünme özelliği nedeniyle özellikle kumlu topraklarda uygulanmakta ve sodyum boratlara göre daha az yıkanarak yitilmektedir. Suda çözünmesi çok az olan bor frits'den özellikle ince öğütülerek uygulanması durumunda yarar sağlanabilmektedir. Kimyasal gübreler değişik miktarlarda bor içermektedirler (Çizelge 1.6).

**Çizelge 1.6.** Bor içeren kimyasal gübreler, kimyasal formülleri ve bor içerikleri  
( Kacar ve Katkat, 1998)

Gübre	Kimyasal formülü	B içeriği (g/kg)
Bor frits	-	20-60
Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	110
Borik asit	$\text{H}_3\text{BO}_3$	170
Kolemanit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$	100
Sodyum pentaborat	$\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	180
Sodyum tetraborat:		
Borat-45	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	140
Borat-65	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$	200
Solubor	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	200

Toprağa uygulanacak bor miktarı bitkinin türüne ve çeşidine, gübrenin uygulanma şekline, yağış miktarına, kireç durumu ile toprağın organik madde içeriği vb etmenlere bağlı olarak değişir.

Borlu gübrelerin sonraki etkileri kumlu topraklara göre siltli ve killi topraklarda daha uzun süreli olmaktadır. Çözünürlüğü az olan materyaller daha uzun süreli sonraki etkiye sahiptir ( Kacar ve Katkat, 1998).

Toprakta alınabilir bor içeriğini saptamak için en yaygın metot (Berger-Truog metodu) kaynayan su ile toprağı ekstrakte etmektir.(5 dakika, toprak:su=1:2). Ilıman bölge topraklarında su ile ekstrakte edilebilen bor içeriği genelde 1 mg/kg' dan daha az olmaktadır. Bu değer kurak bölge topraklarında birkaç yüz mg/kg' a ulaşabilmektedir. Aynı şekilde toprağın doygunluk ekstrasındaki bor içeriği bitkilerin bor gereksinimi için bir ölçü olarak kullanılabilir. Optimum değer olarak birçok bitkiler için 0,1 mg B/L konsantrasyonu yeterli görülmektedir. Bor noksanlığında ortaya çıkan belirtinin ölçüsü borla yetersiz beslenmenin derecesini doğru olarak göstermektedir.

**1.2.1.5. Borun bitkilerdeki zararlı etkileri**

Ilıman iklim kuşaklarındaki bitkilerde bor toksisitesi ender görülmektedir ve bu genelde yüksek miktarda bor gübresi kullanımından ileri gelmektedir. Bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölgelerde büyük öneme sahiptir. Buralarda doğal olarak tuz akümülyasyonu veya yüksek miktarda sulama sularının kullanılması ile toprağın bor bakımından zenginleşmesine yol açılmaktadır.

Bunların dışında topraklarda bor birikmesi atık suların ve arıtma çamurlarının kullanılmasından ileri gelmektedir. Atık sularda ve arıtma çamurlarındaki borun temel kaynağı evlerde kullanılan deterjanların içerdikleri beyazlatıcı madde olan %10-25 perborattır. Atık sular içinde bulunan bor bileşikleri yüksek çözünürlükleri nedeniyle atık suların arıtılması sırasında tutulamazlar ve büyük kısmı sulara karışırlar. Borla kirlenmemiş yüzey suları 0,05-0,1 mgB/L içermeleri yanında borla zenginleşmiş sulama sularında 0,6 mgB/L'ye kadar ölçüm yapılmıştır. Bu konsantrasyonda suda yetişen duyarlı bitkilerde bor toksisitesi beklenebilir ( Schobel, 1993).

Bor toksisitesine en duyarlı bitkilerin başında asma, incir ve fasulye gelir. Orta derecede duyarlı bitkiler arpa, bezelye, mısır, patates, yonca ve domates bitkileridir. Şalgam, şeker pancarı ve pamuk bor toksisitesine en dayanıklı bitkiler arasındadır.

Bor fazlalığında yaşlı yapraklarda yaprak uçları sararır ve nekrozlar oluşur. Daha sonra belirtiler yaprak kenarlarına ve orta damara doğru yayılır. Yapraklar yanık bir görünüm alır ve erken dökülür (Kacar ve Katkat, 1998).

**1.2.2. Bor ve Sağlık**

Borun son yıllara kadar bitkiler için gerekli temel element olduğu bilinmekteydi. Son yıllarda insanlar için de gerekli olduğu yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Bor, daha çok bitkisel yiyeceklerden eser olarak sağlanan bir

elementtir. Özellikle kemikler ve dişlerin yapısında bulunmaktadır (McCoy ve ark., 1994).

### **1.2.2.1. Borun Yararları**

1899'da Merc Manual'ın yayınladığı bir yayında adet yokluğu, adet düzensizliği, epilepsi, ürik asit yüksekliği ve vücuttaki tüm düzensizliklerin tedavisinde bor'un en yaygın formunun borik asit olduğu vurgulanmıştır. Son yıllarda daha çok Bor'un eklem ve kemik sağlığı açısından önemi üzerinde durulmaktadır. Ayrıca beyin fonksiyonları ile ilgili çalışmalar da yapılmaktadır (MURRAY, 1998). Bor vücuttaki kalsiyum, magnezyum ve fosfor absorpsiyonunu dengeleyici rolü ile kemik sağlığı açısından önemli bir elementtir. 1994 de kadın atletlerle yapılan bir çalışmada, bor'un kandaki fosfor seviyesini azalttığını ve magnezyum konsantrasyonunu artırdığını göstermiştir. Bu iki değişken kemik yapımında çok önemlidir.

En yaygın olarak osteoartrit, osteoporoz ve romatoid artirit'in tedavilerinde kullanılmaktadır. Bor, bu hastalıkları önlediği gibi tedavilerinde de önemli yer teşkil etmektedir. Günlük 3 mg bor alımı menopozlu kadınlardaki östrojen etkisini artırmaktadır. Bu etki osteoporoz tedavisi için borun önemini vurgulamaktadır (Nielsen F.H., 1987).

Yapılan bir çalışmada kronik kalp hastalıklarına iyi geldiği ve HDL kolesterolde azalma sağladığı rapor edilmiştir (Samman ve ark., 1998).

Borun başlıca etkileri;

- Bağımsızlık sistemini güçlendirir,
- Optimal dozda ömür uzunluğunu artırır,
- Beyinde atikliği ve bilmeye ait performansın güçlenmesini sağlar,
- Hormon seviyesinin ayarlanmasında,
- Osteoporozun önlenmesinde,
- Osteoartritin önlenmesinde,
- Cilt ile ilgili müzmin hastalıklar,
- Romatizma,

- Vajinal enfeksiyonlar ve
- Kanser tedavisinde (BNCT yöntemi) rol oynar (Gregory ve Kelly, 1997).

### **1.2.2.1. (1) Besin Etkileşimleri**

Bakır (Cu): Yapılan çalışmalarda borun serumdaki bakırı ve bakırlı enzimleri artırıcı etki gösterdiği ortaya konulmuştur. Deneylerde 45 yaş üstü 5 erkeğe, günde 0.23 mg B/2000kcal, 4 menopozlu bayan ve 5 menopoz tedavisi gören bayana 63 gün süre ile günde 3mg bor takviyesi yapılmış, sonucunda kanda daha yüksek eritrosit superoksit dismütaza, serum enzimatik seruloplazmine ve plazma bakırına rastlanmıştır (Gregory ve Kelly, 1997).

Magnezyum (Mg): Magnezyum migren, depresyon, PMS semptomları ve kronik yorgunluğu azaltmaktadır (Graff D., 1995). Bor ve magnezyum arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Bor ve magnezyumun kombine eksikliği hayvanların kemiklerinde yapısal bozukluklara neden olmaktadır. Bor takviyesi yapıldığında ise serum magnezyum konsantrasyonu da artmakta ve kemiklerde normal derecede büyüme gözlenmektedir. Sporcu bayanlarla spor yapmayan bayanlarda yapılan bir çalışmada spor yapmayanların serum Mg konsantrasyonunun diğerlerinden daha fazla olduğu bulunmuş ve egzersiz esnasında kemiklerden idrara doğru olan bir kemik kaybı artmasından şüphelenilmiştir. Sonuç olarak sporcu bayanların bor takviyesi almaları gerektiği öne sürülmüştür.

Fosfor (P): Bor ile fosfor arasında dolaylı bir etkileşim bulunmaktadır. 20-27 yaşlarındaki bayanlarda yapılan bir çalışmada, bor takviyesinin serumdaki fosfor konsantrasyonunu düşürücü etki gösterdiği ortaya konmuştur. Egzersiz yapmanın ise bu değişikliği azalttığı ileri sürülmüştür. Egzersiz sonucu kemik kaybındaki artmadan dolayı bor takviyesine ihtiyaç duyulacak ve bor takviyesi sırasında magnezyum konsantrasyonu düşük olur ise, bu düşük magnezyum idrardan fosforun ekstraksiyonunu baskılayacaktır. Ancak dışarıdan Mg takviyesi alanlarda bu durum gözlenmez.

Metionin ve Arginin: Yapılan bir çalışmada sınır düzeyde metionin ve fazla miktarda arginin içerikli beslenen hayvanlara bor takviyesi yapılmış ve yararlı

birtakım etkileri görülmüştür. Sıçanlarda metionin ve Mg eksikliğinde büyüme baskılanır, dalağın ve böbreğin vücut ağırlığına oranları artar. Bulgular, bu semptomların bor takviyesi ile azaltılabileceğini işaret etmektedir (Gregory ve Kelly, 1997).

### **1.2.2.1. (2) Hormon Metabolizması**

Bor, steroid hormonlarının metabolizmasına etki eder ve D vitaminini aktif forma dönüştürür. Böylece kemiklerde kalsiyum depolanmasını artırır.

Nielsen'in hipotezine göre bor, steroid hormonlarının sentezi için gerek duyulan bir elementtir. Örneğin steroid hormonlarından D vitamini, testosteron ve 17-beta-estradiol'ün biyosentezi bir veya daha fazla hidroksilasyon basamağı içermektedir. Bor burada lewis asidi rolü oynayarak steroid yapılarına hidroksil grubunun eklenmesini kolaylaştırıcı etki yapar. Ayrıca hormonların hızlı bir şekilde inaktive olmasını önleyici bir etki gösterir.

Bor takviyesi plazma aspartat transaminaz aktivitesini azaltır, D vitamini eksikliğinden kaynaklanan plazma alkalen fosfataz enziminin yükselmesini durdurur. Sıçan deneylerinde de bor takviyesi ile plazma insülin, plazma pirüvat konsantrasyonunda azalma, kreatin kinaz aktivitesinde baskılanma ve plazma tiroksin (T4) konsantrasyonunda artma görülmüştür.

Serumda 17-beta estradiol, östrojen ve testosteron konsantrasyonlarını artırır. Borun seks hormonlarını artırıcı etkisinden dolayı da kalp krizi riskini önlemede de yardımcı olabileceği tahmin edilmektedir (Gregory ve Kelly, 1997).

Farelerde yapılan bir çalışmada borik asit varlığında lipid peroksidaz seviyesi non-protein tiol grupları ve süperoksit dismutaz, glutation peroksidaz, glukoz-6-fosfat dehidrojenaz aktiviteleri incelenmiştir. Bir grup fareye (A, D, E) vitamin karışımları ve 40 ppm borik asit, diğer bir gruba ise aynı vitamin karışımları ve 80 ppm borik asit uygulanmıştır. Metabolizmadaki oksidatif etki ikinci grupta daha belirgindir. Birinci grupta lipid peroksidaz enziminde artma olurken, ikinci grupta belirgin bir azalma gözlenmiştir. Süperoksit dismutaz enziminin aktivitesinde önemli

bir artış gözlenmemiştir. Her iki grupta da glukoz-6-fosfat dehidrojenaz aktivitesi, glutation peroksidaz aktivitesi kadar iyi artış göstermiştir.

Borun hormonlar ile ilişkisinde tam mekanizma bilinmemekle birlikte iki hipotez öne sürülmektedir:

Birinci hipotez; borun hücre zarı foksiyonlarında kararlılıkta ya da hücre zarı yapısında rol aldığıdır. Bunu hormonlara etki ederek zar geçiş sinyallerinin ya da zar taşımacılığında katyon ve anyonların geçişinin düzenlenmesi ile gerçekleştirir (Nielsen, 1992).

İkinci hipotez ise; borun bazı anahtar enzim reaksiyonlarını inhibe ederek birçok metabolik etkide bulunduğu (Samman, 1998).

### **1.2.2.1. (3) Ömür Uzunluğu (İmmün Sistem)**

Ekstrem miktarlarda bor (eksik veya fazla seviyelerde) Drosophila'da (meyve sineği) ortalama ömür uzunluğunu % 69 oranında azaltmaktadır. Düşük seviyelerde bor ise ömür uzunluğunu % 9.5 oranında artırmaktadır. Bağışıklık sisteminde önemli gelişmeler gözlenmiştir (Gregory ve Kelly, 1997).

Bakteri ve mantar enfeksiyonlarının tedavisinde de borik asit yardımcı olmaktadır. Bazı ağız gargaralarının içeriğinde borik asit mevcuttur. Yine ağız ülserinin tedavisinde boraks çözeltisi kullanılmaktadır. Bazı göz damlalarında ve burun damlalarında da borik asit bulunmaktadır (Newnham, 1994).

### **1.2.2.1. (4) Osteoporoz**

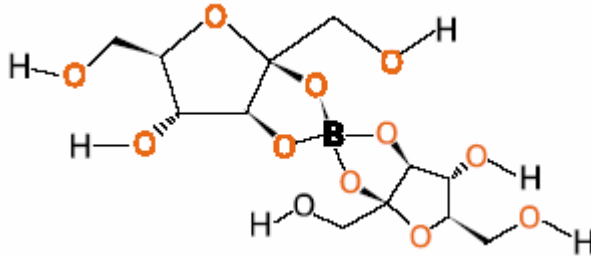
Osteoporoz için yapılan bir çalışmada 12 menopozlu kadın denek olarak kullanılmış, her birine 119 gün boyunca günde 0,25 mg bor verilmiş, daha sonra 48 saatlik periyotlarla 3 mg bor verilmiştir.

Bordan yoksun diyetteki kadınlarda kalsiyum ve magnezyum kaybı gerçekleşmiştir. Borca zengin diyetli kadınlarda ise idrarda kalsiyum ve magnezyum oranı artmış, serumda ise 17-beta esradiol, 25-hidroksikolekalsiferol ve testesteron

miktarı artmıştır. 17-beta estrodiol ve 25-hidroksikolekalsiferol, steroid ve seks hormonları yapılırken oluşan ( böbrek üstü bezde) ara ürünlerdir.

Bazı araştırmacılar, testosteron miktarının artışından dolayı, borun erkeklerde kas ağırlığını ve gücünü artırabileceği görüşündedirler ancak bu hipotez henüz deneylerle kanıtlanmamıştır (Murray, 1998).

D<sub>3</sub> vitamini yetersizliği osteoporoz ve prostat hastalıkları riskini artırmaktadır. Fareler üzerinde yapılan 9 haftalık deneylerde D<sub>3</sub> vitamini eksikliği olan farelere Fruitex-B adında kemik sağlığı için yeni geliştirilen ve bor ihtiva eden bir tablet verildiğinde kemik kütlelerinde % 5,8' e yakın bir artış gözlenmiştir. Fruitex-B, birçok meyve ve sebze doğal olarak bulunan bor-fruktoz kompleksi bir karbonhidrattır. Yapılan klinik çalışmalarda ise osteoartirit hastalarına günde 6mg. Fruitex-B verildiğinde % 0 yarar sağladığı görülmüştür (US Patent #5,962,049, Future Ceuticals 1999).



Şekil 1.1. Fruitex-B' nin yapısı ( US Patent #5,962,049, Future Ceuticals 1999).

#### 1.2.2.1. (5) Osteoartirit

Günlük bor alımının 1 mg veya daha az olduğu bölgelerde osteoartirit görülme oranı % 20-70 iken, günlük bor alımının 3-10 mg olduğu bölgelerde % 0-10 oranındadır. Bor'un osteoartiriti önlemde ve tedavi etmedeki rolü klinik deneylerle kanıtlanmıştır. İncelemelerde klinik deneyler ve hayvan deneyleri yapılmıştır.

Klinik deneylerde 20 hasta üzerinde yapılan çalışmalarda ilk olarak osteoartiritli bölgeler radyografi ile tespit edilmiştir. Daha sonra deneklerin yarısına 6 mg bor yarısına plasebo uygulaması yapılmıştır. Sonuçlar üç aşamada incelenmiştir.

(Bor uygulamasından önce, üç hafta sonra ve sekiz hafta sonra.) Bor uygulananlarda sekiz hafta sonra % 50 oranında gelişme gözlenmiş plasebo uygulananlarda ise % 10 gelişme gözlenmiştir. Böylece bor tabletlerinin plasebo etkisi incelenmiştir.

### **1.2.2.1. (6) Beyin Performansı**

Sağlıklı yaşlı erkek ve kadınlarda yapılan çalışmalarda Borun diyetle konulması beyin elektro fizyolojisi ve performansında cevap vermiş. ( $\approx 0.25$ 'e karşı  $\approx 3.25$ mg.B/2000K cal./gün) Düşük bor girişi sonucu ( $\alpha$ ) bandında güç oranı azalır ve ( $\Delta$ ) bandında güç oranında artış olur. Diğer değişimler sağ-sol simetri ve beyin dalgalarında uygunluk olarak not edilmiş ve beyin fonksiyonları üzerine etkisini göstermiştir.

Başka bir insan deneyi ise tek bir insanda borun zihin performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Öncelikle deneğe bordan yoksun bir diyet uygulanmış, daha sonra bunu takiben diyetine günlük 3 mg bor takviyesi yapılmıştır.

Bor içerikli diyet periyodu esnasında elektroenseflogram sonuçları; mental aktivitede artma ve daha az uyuşukluk, dalgınlık olarak kaydedilmiştir. Ayrıca psikomotor faaliyetlerin geliştiği (dikkat ve hafıza gelişimi) not edilmiş (Gregory ve Kelly, 1997), el maharetleri, göz-kafa koordinasyonu, dikkat, algı, kısa süreli hafıza, uzun süreli hafızada artışlar gözlenmiştir (Penland, 1994).

### **1.2.2.1.(7) Kanser Tedavisi**

BNCT yöntemi: Bu tip kanser tedavisinde tümörlü dokuya, borun dokuya uygun ilaç formu olan p-boronofenilalanin verilerek nötron bombardımanı yapılmaktadır.



Li ve He vücutta çok kısa bir süre kalmakta ve bu sırada geniş bir alana enerji yaymaktadırlar. Bu partiküller kanser hücrelerini yok ederken sağlıklı dokuya zarar vermemektedirler.

Tıp ve eczacılık alanlarında da birçok bor bileşiğinden yararlanılmaktadır. Borik asit, bor oksit, sodyum perborat ve bileşimine bor elementi giren çok sayıda bileşik sayesinde tıpta osteoporoz tedavilerinde, alerjik hastalıklarda, psikiyatride, kemik gelişiminde ve artiritte, diş hekimliğinde dişlerin beyazlatılmasında, menapoz tedavisinde, BNCT ile beyin kanserlerinin iyileştirilmesinde, MR cihazlarında, yanık tedavilerinde, prostat kanserlerinde, cilt kanserlerinde, anti-HIV çalışmalarında etkili olduğu ve daha denenmemiş birçok kanser türünde de etkili olabileceği rapor edilmiştir (Strum, 2003).

Diyet olarak bor alımı ile prostat kanseri riski arasındaki ilişki incelenmiştir. Prostat kanserinde genetik faktörlerin etkili olmasından çok çevresel faktörlerin etkili olduğu görülmüştür. Beslenme en önemli çevresel faktörlerden biridir. Diyet ile düşük dozda bor alımı prostat kanser riskini azaltır. Yüksek dozda bor alımı ise tam tersi etki yaratmaktadır (Cui ve ark., 2003).

### **1.2.2.2. Bor Eksikliği**

Bor, kalsiyum ve magnezyum metabolizmasında yer aldığından dolayı, eksikliği dolayısıyla magnezyum eksikliğine yol açar. Böylece osteoporoz ve osteoartirit riski artar. Ayrıca böbrek taşlarının oluşumu da artar.

Bor'un zihinsel fonksiyonlara da yararlı etkisinden dolayı eksikliğinde zihin atikliğinde azalma da söz konusu olabilir.

Yapılan bölgesel bir çalışmada diyetlerinde düşük miktarda bor olan Mauritius ve Jamaica'da osteoartirit görülme oranı % 50-70 iken, diyetleri borca zengin olan USA, UK ve Avustralya'da osteoartirit görülme oranı % 20' leredir (Nielsen F.H., 1994).

Yapılan çalışmalarda osteoartiritli eklemler etrafındaki kemiklerdeki bor konsantrasyonunun osteoartiritsiz eklemlere bağlı kemiklerdekine göre çok daha az olduğu görülmüştür.

Ayrıca bor eksikliğinde insan ve hayvanlardaki bazı elementlerin fonksiyonlarında azalma görülür. Örneğin; Ca, Mg, VitaminD, methionin, arginin (Nielsen F.H., 1994).

### **1.2.2.3. Borun Vücuda Girişi ve Ayrılması**

Yiyeceklerle, içme sularında da çok küçük miktarda bulunduğundan sularla, havadaki borat ise deri ile temas sonucu veya açık yaralardan vücuda girebilir. Borun büyük bir kısmı, özellikle de yiyeceklerle alınan, idrar yolu ile vücudu terk eder. Yapılan deneylerde ağız yolu ile alınan borun yarısı 24 saat sonra, diğer yarısı 4 gün içinde idrarda meydana çıkmıştır. Hatta 23 gün sonra dahi idrarda fazla miktarda bor bileşiklerine rastlanmıştır. Kan ya da idrar testi yapılarak vücuttaki bor seviyesine bakılabilir. Bu analizler için özel aletler kullanılmaktadır (ör: ICP-OES, ICP-AES) (ATSDR., 1992).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda; (yaşları 20-53 arasında değişen 32 denek üzerinde yapılan 7 gün periyotlu çalışma) borun uygun günlük alımı ölçülmüş; ortalama bor girişi erkeklerde;  $2,28 \pm 1,3$  ve kadınlarda;  $2,16 \pm 1,1$  mg/gün olarak bulunmuştur (Naghii ve ark, 1996).

Günde yaklaşık 1-10 mg bor alımı uygun ve güvenli olacaktır. Bazı literatürlerde günlük 3 mg bor alımının yeterli olacağı vurgulanmaktadır. Ve piyasadaki bor tabletleri 3 ya da 6 mg'lık dozlarda hazırlanmıştır. Borun metabolizmaya alımındaki en yaygın formları,

sodyum borat,

bor sitrat,

bor aspartat ve

bor glisinattır.

Tüm bu bor bileşikleri vücuda girişinden sonra borik asite dönüşür. Borik asit vücut sıvılarından pasif difüzyon ile absorbe edilir ve absorpsiyondan sonra yumuşak doku ve kan bor konsantrasyon oranı yaklaşık "1.0" dir. Borun gıdalardaki temel formu (örneğin, bor karbohidrat esterleri) borik asite metabolize edilir. Borik asit kendi kendine metabolizmaya geçemez. İdrardan değişime uğramadan elimine edilir.

Borik asit eliminasyonunun yarı ömrü 21 saattir (Murray, 1998). Borun eliminasyonuna ter, safra ve solunum da katkıda bulunmaktadır. İlave olarak alınan borun fazlasının kemiklerde depolandığı kanıtlanmıştır ( Gregory ve Kelly, 1997).

#### **1.2.2.4. Toksikoloji**

Bor; bütün organizmalar için toksik olduğu halde ve borik asit ve boraks olarak pestisit ve yiyecek koruyucu olarak kullanılır. Borik asit, yiyecek koruyucu olarak kullanıldığı için dünya sağlık örgütü buna bir sınırlama getirmiştir. Bazı yörelerde içme suyunda ve bu sudan yapılan meşrubatlarda toplam alınması gereken bordan daha fazla miktarda bor bulunabiliyor (Gregory ve Kelly, 1997).

100 mg üzeri alımların toksik etkiye yol açtığı bilinmektedir. Öldürücü doz ise yetişkinlerde; 15-20 g çocuklarda 3-6 g olarak belirtilmiştir (Nielsen F.H., 1994).

Kaza eseri yiyeceklerle büyük miktarlarda bor bileşikleri vücuda girdiğinde zehirlenmelere sebep olur. Borik asit hasarlı dokulardan doğrudan absorbe edilir. Borik asitin antiseptik maddeler içerisinde bir miktar bulunması bebek ve yeni doğanlarda toksik kazaların yaygın nedenlerinden biri olarak bilinmektedir.

Hayvanlarda kronik düşük seviyeli bor muamelesi sonucu büyüme azlığı ve ve deriye ait düzensizlikler ile erkek üreme sistemi fonksiyonunda baskılanma gözlenmiştir. Diyetle 4500 ppm üzerinde borik asit alan erkeklerde testislerde körelme, 1000 ppm borik asit alındığında ise sperm hareketlerinde azalma görülmüştür (Gregory ve Kelly, 1997). Ancak Balıkesir/Bandırma'da yapılan bir çalışmada bor ile kısırlığın hiç bir ilişkisi olmadığı ortaya konmuştur (Şaylı, 2003). Keçilere ağız yoluyla toksik fakat subletal miktarda bor verildiğinde; hücre volumunda artma, hemoglobin, inorganik fosfat, kreatin fosfokinaz, konjuge bilirubin, sodyum, glukoz, kolesterol ve aspartat transaminaz' da önemli artışlar görülmüştür.

İnsanlara damar yoluyla 100 mg bor veya oral yolla 270 mg borik asit verildiğinde herhangi bir toksik zehirlenme gözlenmemiş fakat bunun yanında havadan gelen toza maruz kalındığında; bor oksit veya bunun yükseltgenme ürünlerinden olan borik asit solunum yolu ve gözde tahrişe neden olduğu

saptanmıştır. Hayvanlarda yapılan bir çalışmada erkek üreme sistemi fonksiyonlarında baskılanma görülmüştür.

Akut bor zehirlenmelerinin en yaygın belirtileri; mide bulantısı, kusma ve ishal (mavi-yeşil renkte) , karın ağrısı, deri ve mukoz membranında kızarıklık, böbrek kanallarında hasar, ciğer fonksiyonlarında bozukluk, sarılık, idrarda riboflavin salgısı azalmasıdır.

Kronik zehirlenme semptomları ise; anoreksia, sindirim sistemi bozuklukları ve zayıflık, deri iltihabı, adet düzensizlikleri, anemi, konvüzyon (havale) ve saç dökülmesidir.

Toksisiteyi azaltmak için tercih edilen müdahale, bor ekstraksiyonunu artırması nedeniyle N-asetil sistein uygulamasıdır (Gregory ve Kelly, 1997).

#### 1.2.2.5. Uygun Doz

Bor optimal dozu uygun fizyolojik fonksiyonlar için 3-6 mg./gün' dür. Bu doz, bol sebze, meyve, baklagil ve kuruyemişlerden sağlanabilir. Diyetlerinde yeterli ölçüde bu maddeleri tüketmeyenlerin günde 3 mg elementel bor almaları gerekir. Artırtılı kemikler normalden daha az bor bulundurduğundan dolayı günlük 6-9 mg bor alımı gerekmektedir ( Gregory ve Kelly, 1997).



Şekil 1.2. Bazı ticari bor tabletleri\*

Borun Piyasada bulunan bazı ürünleri;

Boron Extra Strength (Vitaline)

Tri-Boron (Twinlab)

Tetra Boron (Sdaray)

Boron 3 (GNC)

Ticari bor tabletleri, kombine şekildedir. Örneğin;

Vitamin D

Kalsiyum

Magnezyum

Chondroitin sülfat

Glukozamin

Curcumin

Boswellia

Gelatin

İpriflavone

Soy isoflavones İle kombine bor tabletleri mevcuttur (Murray, 1998).

\*(<http://www.vitaminproshop.com>,<http://www.goldenglow.com.au/ggecomm/productview.jsp?ProductId=5601>) (Şekil 1.2).

#### **1.2.2.6. Borun Biyokimyasal Mekanizması**

Borun biyokimyasal mekanizması henüz bilinmemekle birlikte, iki hipotez öne sürülmektedir. Birincisi, Borun hücre zarı geçiş sinyallerini ve zar geçiş hareketlerini redoks tepkimelerine etki ederek düzenleyici iyon görevi gördüğüdür.

Hayvan deneylerinde, Borun hücre dışı kalsiyum taşınmasına etki ettiği ve hücre içi kalsiyumun trombinler tarafından aktive edilerek serbest kalmasını sağladığı görülmüştür.

İkinci hipotezde ise bor, beyaz kürelerin (lökosit) mikroorganizmaları öldürmesinde kullanılan reaktif oksijen parçacıklarının kullanıldığı oksidatif patlama olayını düzenlemede rol alır. Bu düzenlemeyle reaktif oksijen parçalarının etrafındaki dokuyla reaksiyonu sonucu bazı kollaterallerin hasara uğramasını önlediği ileri sürülmektedir.

Borun biyokimyası borik asite dayalıdır. Borik asit kompleksleri vücuttaki birçok yapıda bulunmaktadır. Örneğin;

Karbohidratlar (şeker ve polisakkaritler)

Nükleotidler (adenozin monofosfat ve niasinamid adenindinükleotid)

Vitaminler (Askorbik asit, piridoksin, riboflavin)

Bu birçok bileşikte borik asit formundaki esterler bulunur. Bu esterler tercihen aynı taraftaki hidroksil gruplarının yan yana olanları ile oluşur. En kararlı esterler borik asitin iki karbohidrat arası köprü yaptığı moleküllerdir. Örneğin; fruktoz-bor-fruktoz. Bu gibi çözünebilen bor kompleksleri bitkilerin floem ve nektar (bal özü) kısımlarında bulunur. Bor içeren polisakkaritler benzer şekilde bitki hücre duvarlarında pektin formunda bulunur (Murray, 1998).

### **1.3. Bor Analiz Yöntemleri**

Borun çeşitli materyallerde kalitatif veya kantitatif analizlerini mümkün kılan birçok analitik tayin yöntemi mevcuttur. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 1) Kolorimetrik metodlar
- 2) Florimetrik metodlar
- 3) Potansiyometrik metodlar
- 4) Atomik spektrometrik metodlar
  - a)Alev atomik spektroskopi  
AES, AAS
  - b)Plazma kaynaklı metodlar  
Plazma kaynaklı OES  
Plazma kaynaklı MS
- 5) İyon Kromatografi
- 6) Nötron aktivasyon analizleri (Sah ve Brown, 1997)

**1.3.1. Kolorimetrik Yöntemler**

Bu yöntemde, bor ile spesifik reaksiyon veren ve renkli bor kompleksleri oluşturan reaktifler kullanılır. Bu reaktifler; Azometin-H, curcumin, carmine, quanilizarine, arsenazo, kristal violet ve metilen mavisi gibi bileşiklerdir.

En yaygın kullanılan reaktif azometin-H reaktifidir. Borik asit ile pH 5.1 de 420 nm'de absorpsiyon veren renkli bir kompleks oluşturur (0.5 ve 10 mg B/L lineer konsantrasyon aralığında). İlk olarak azometin-H yöntemi ile bor tayini 1947'de yapılmıştır (Harp, 1997). Azomethin-H yöntemi daha az girişim veren bir yöntemdir ve daha güvenilir, hızlı, kolay, hassas ve diğer kolorimetrik metodlardan daha elverişlidir (Sah ve Brown, 1997). Modifiye azometin-HR kullanılması yöntemin hassasiyetini artırmasına rağmen Al, Cu, Fe, Ti ve Zr' un girişim yapması durumundan dolayı sakıncalıdır.

Bor analizleri için iki tane B-curcumine kompleksi mevcuttur. Bunlar; rubocurcumine ve rososiyanın'dir. Yaygın olarak kullanılan rososiyanın 545 nm' de pH 1.0 dolaylarında maksimum absorpsiyon vermektedir.

Carmine metodu carmine ile borik asitin oluşturduğu reaksiyona dayanır. Oluşan ürün ananthraquinone boyasıdır. 0.5-10 mg B/L dedeksiyon aralığında 585 nm'de maksimum absorpsiyon verir. 0.5' den daha düşük konsantrasyonların ölçümü bu metod ile mümkün değildir. Limitler açısından curcumine ve carmine metodları uygun değildir (Sah ve Brown, 1997).

**1.3.2. Fluorimetrik Yöntemler**

Bu yöntem, borun floresans yayabilen komplekslerinin spesifik dalga boylarında yaydıkları ışınların frekans ölçümlerine dayalı bir yöntemdir. Floresans yapan maddenin çeşidine göre florimetrik yöntemler farklılıklar gösterir. Bunlardan bazıları; alizarin kırmızısı (1,2 dihidroksiantraquinon-3-sülfonik asit'in sodyum tuzu), kromotropik asit ve dibenzoilmetan-izobütil metil keton'dur. Kaydedilen tespit sınırları sırası ile; 0.34 µg B/mL, 0.3-0.7 µg B/mL , 7.2 ngB/mL'dir.

Kolorimetrik metotlardan daha hassas olmasına rağmen, birçok kimyasal türün girişim yapma olasılığından dolayı, ayrıca pH ve sıcaklığa karşı hassas bir yöntem olmasından dolayı florimetrik metotlar, kolorimetrik metotlar kadar yaygın kullanılmazlar (Sah ve Brown, 1997).

### **1.3.3. Potansiyometrik Yöntemler**

Potansiyometrik metotlarda borun örnek matriksinden ayrılması gerekmektedir. Borun potansiyometrik tayini  $\text{BF}_4^-$  (tetrafloroborat iyonu) seçici elektrot ile yapılmaktadır. Potansiyometrik metotlar sıklıkla örnek matriksinden etkilendiği için yaygın olarak kullanılmazlar. Özellikle bitki ve toprak örnekleri çok kompleks matrikse sahip olduğundan bu yöntemle bor tayini uygun değildir.

### **1.3.4. Atomik Spektroskopik Yöntemler**

#### **1.3.4.1. Alev atomik spektroskopi**

##### **1.3.4.1.(1) AES(Alev emisyon spektroskopi)**

Metot, atom çevresindeki türlerin emisyonunu inceler. Örnekler genellikle içerisinde örnek elementlerinin atomlaştırıldığı bir aleve püskürtülür. Atomlaştırmada kullanılan yakıcı gaz olarak genellikle; asetilen-hava veya asetilen- $\text{N}_2\text{O}$ -hava karışımları kullanılmaktadır.

##### **1.3.4.1.(2) AAS(Alev absorpsiyon spektroskopi)**

Metot, tek bir serbest atomun tayinini mümkün kılar. Atomun çevresindeki yapılar, düşük enerji seviyesindeki fotonları absorplar. Her element için spesifik oyuk katot lambaları mevcuttur.

AAS ve AES bor tayinleri için hassasiyeti düşük yöntemlerdir ve borun örnek matriksinden ayrılmasını gerektirmektedirler.

Elektrotermal buharlaştırmalı AAS [(ET)-AAS ] metodu, borun katı ve sıvı örneklerde parçalanma ve atomizasyon gerektirmeden tayinini sağlayabilir. Ancak bu yöntemde ise kimyasal değişiklikler yapılmazsa zayıf tespit sınırı alınır ve hassasiyet düşer. Çünkü bor içeren türlerin termal parçalanması yeterince gerçekleşmez. Kimyasal modifikasyonlar pirolitik grafit tüp ile çeşitli kimyasal ajanlar kullanılarak ve piroliz sıcaklığı yükseltilerek yapılır. ET-AAS için kullanılan kimyasal ajanlardan ikisi; diamonyum hidrojen fosfat ve NaOH bor sinyalinin kayıplarını önler, matriks girişimlerini düşürür ve tespit sınırını artırır. Ancak bu metotların hassasiyeti ve kesinliğinin başarılı olmayacağından ve birçok kimyasal eklemeli prosesler gerektirdiğinden birçok bilim adamı tarafından bor tayinleri için uygun görülmemektedir.

#### **1.3.4.2. Plazma Kaynaklı Metotlar**

Plazma, içerisinde elektronlar, pozitif iyonlar ve nötral iyonlar iyonlar bulunduran bir gaz karışımıdır. Argon gazı en yaygın kullanılan plazma gazıdır. Fakat diğer birçok gaz ya da gaz karışımları da kullanılmaktadır.

##### **1.3.4.2.(1) Plazma Kaynaklı OES**

B, S, N gibi zor ölçülebilen, geniş bir lineer aralıkta düşük tespit sınırları olan elementlerin ölçümleri ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi) ile mümkündür. Bor tayinleri için bilinen diğer yöntemlere göre daha iyidir. Yöntem, katı, sıvı ya da gaz örneğin plazma içine verilmesi ve atomik emisyonun ölçülmesine dayanır. Eğer örnek katıysa plazmanın yüksek enerjili atmosferi örneği ezip toz haline getirir, kimyasal bağları kırılır ve örnek iyonize olur. Sinyaller genellikle geniş bir lineer aralıkta olmaktadır. Küçük miktarlardaki elementler ya da zor matriksler için ICP-OES yöntemi uygundur.

**1.3.4.2.(2) Plazma Kaynaklı MS**

ICP-MS ile periyodik cetveldeki bütün elementlerin 2-3 dakika kadar hızlı bir sürede tayin edilmesi mümkündür. Diğer metotlara göre avantajları; yüksek hassasiyete sahip olması ve bor konsantrasyonu ile birlikte, izotop oranlarını da vermesidir. Borun izotop oranlarının ölçülmesi daha çok biyolojik çalışmalarda önem taşımaktadır. Tespit sınırları biyolojik materyallerde 1 µg B/L -3 µg B/L, Tuzlu sularda 0.15 µg B/L, insan serumunda 0.5 µg B/L'dir.

ICP-OES ve ICP-MS yöntemlerinde çalışmanın etkinliği ve kolaylığı için iç standart kullanılması gerekmektedir. ICP-MS yöntemi ile bor tayini için en uygun iç standart molekül kütlesi bora yakın olan (9.01218) berilyumdur (Sah ve Brown, 1997).

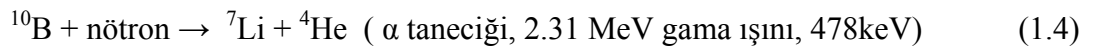
**1.3.5. İyon Kromatografi**

İyon kromatografisi, iyon değiştirici kolonda ilgili iyonların ayırımına dayalı bir yöntemdir. Analiz, iyonların kolondan geçişinden sonra yapılır. Bor analizlerinde, yöntemin başarılı olabilmesi için çözeltinin sülfür ve katyonlardan arındırılması gerekir. Toprak, sediment ve su örneklerinde bor tayini iyon değiştirici kromatografi ile mobil faz olarak D-sorbitol kullanılarak yapılmaktadır. Ayrıca bitki ve toprak ekstartlarında bor tayininin başarılı olabilmesi için borun iyonik formda bulunması gereklidir (Sah ve Brown, 1997).

**1.3.6. Nötron Aktivasyon Analizleri (NAA)**

NAA, örneğin 0.025 eV enerjili termal nötronlarla bombardıman edilerek açığa çıkan enerjinin ölçümüne dayalı bir yöntemdir.

Bor içeren bir örnekte reaksiyon şu şekildedir:



Bütün NAA temelli bor ölçüm metotları bu reaksiyona dayanır. Eğer  $\alpha$  taneciği ölçülüyorsa yöntem, nötron yakalama radyografi, eğer gama ( $\gamma$ ) ışınına dayalı bir ölçümse yöntem, prompt- $\gamma$  aktivasyon analizi olarak adlandırılır.

Bu yöntemlerle bor tayinleri için termal nötronlar üreten nükleer reaktörler gerekeceğinden, çevre açısından sakıncalı bulunmaktadır (Sah ve Brown, 1997).

Bu çalışmada azometin-H spektrofotometri yönteminin üzümde bor tayinine uygulanabilirliğinin incelenmesi amaçlanmıştır, bu amaca yönelik olarak bitkiler ve insanlar için yararlı işlevleri olan bor elementinin spektrofotometrik yöntemle tayin edilip, örneklerin toplandığı beş farklı yörenin üzümlerinin bor içeriklerinin kıyaslanması amaçlanmıştır.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

**S.B. Ho, 2000.** Bu çalışmada bitkilerin topraktan boru alabilirliğine etki eden faktörler incelenmiştir. Bunlar; ana materyal, pH, toprak yapısı ve mineralleri, toprağın nemi, sıcaklığı, organik madde içeriği, besin ilişkileri ve bitki türleridir. Ayrıca, borca yetersiz olan Tayvan topraklarında yetişen bazı bitkilerdeki, bor miktarları, eksikliğin nedenleri ve eksikliğin giderilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ölçülecek olan bor, çok düşük konsantrasyonlarda olduğundan, azometin-H spektrofotometrik yöntem ile tayin yapılmıştır. Bulunan sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

**Şeker Pancarı:** Eksiklik, kireçsiz, asitli ve kuru topraklarda, daha çok etkin büyüme döneminde gözlenmiştir. Belirti olarak yaprak üst yüzeylerinde beyaz noktalar ve solma gözlenmiştir. Ayrıca yaprak sapı kararıp yarılarak çürümeye sebep olmaktadır. Normal bir pancarda bulunması gereken bor miktarı 40-65 ppm iken eksiklik belirtileri görülenlerde 20 ppm olarak bulunmuştur. Eksiklik, 40 kg toprak başına 0.06 g boraks uygulanarak giderilmiştir.

**Papaya:** Papaya ağacındaki bor eksikliği kuru ve killi topraklardan kaynaklanmaktadır. Belirti olarak yapraklarda kıvrılma, kırılmaya meyillilik ve pigment azalması, gövde ve yaprak saplarında yarıklar, yeni gelişen yapraklarda ölümler gözlenmiştir. Meyve döneminde ise çiçek dökülmesi, meyve ve tohumlarda gelişim yetersizliği, meyvelerde deformasyonlar bor eksikliğinin tipik belirtileridir. Normal ağaç yapraklarındaki bor miktarı 25-155 ppm iken bor eksikliğinde 20 ppm bulunmuştur. Eksiklik, ağaç başına 2.5-5 g boraks veya hektar başına 5-10 kg boraks ilave edilerek giderilmiştir.

**Limon:** Eksiklik, kuraklık, asitli topraklar ve yanlış gübreleme sonucu oluşan nitrojen fazlalığından kaynaklanmaktadır. Belirti olarak meyveler küçük boyutlu, kalın kabuklu, az sulu ve sert olmaktadır. Yapraklarında ise şeffaflaşma, kalın damarlarda yarıma ve mantarlaşma, genç yapraklarda kuruma, kıvrılma ve soluk kahverengi-yeşil bir renk gözlenmiştir. Eksiklik, ağaç başına 40-120 g borik asit olarak topraktan uygulama, 150 ppm ise yapraktan uygulama yapılarak giderilmiştir.

Ananas: Bor eksikliği, kireçli, kuru ve düşük organik madde içeren topraklarda gözlenmiştir. Belirti olarak meyvelerdeki çatlamalardan dolayı mantar üremesi ve büyüme durması, yapraklarda kalınlaşma ve sertlik, köklerde gelişim yetersizliği gözlenmiştir. Toprak bor konsantrasyonu 1-1.5 ppm civarında ise eksiklik gözlenmiştir. Eksiklik, toprağa 12-14 kg/saat boraks uygulanarak giderilmiştir.

**L. Jakšić, (2005).** Turmalin, çoğu topraklarda bulunan ve yüksek miktarda bor içeren bir borosilikat kompleksidir. Genel formülü  $X_1Y_3Al_6[B_3Si_4O_{27}(OH)_4]$  olarak gösterilir. Burada  $X=Na, K, Ca$  ve  $Y=Li, Fe, Mg, Mn, Al, Cr, Ti$  olabilmektedir.

Turmalindeki bor tayini azometin-H spektrofotometrik yöntem ile yapılmıştır. Öncelikle turmalin, manyetik ayırma ve ağır-sıvı saflaştırma yöntemi ile elde edilmiştir. Anhidrosodyum karbonat fizyonu ile düzeni bozulan turmalin örnekleri seyreltik hidroklorik asit ile muamele edilir. pH ayarlanmasından sonra bor, azometin-H ile tepkimeye girmiş ve oluşan renkli kompleksin absorpsiyonu 415 nm'de ölçülmüştür. Bulunan sonuçlar, diğer prosedür sonuçlarından elde edilen değerlerle kıyaslanmıştır.

Azometin-H-bor kompleksinin absorpsiyonuna pH'ın etkisi incelenmiş ve en uygun aralığın 4.5-5.2 olduğu bulunmuştur.

Ayrıca azometin-H-bor kompleksinin absorbans yoğunluğunu çözültideki azometin-H konsantrasyonunun belirlediği görülmüştür. Böylece, reaksiyonun azometin-H ve borik asit arasında geri dönüşümlü olduğu saptanmıştır.

Çalışmada, zamanın renk değişimine etkisi test edilmiştir. Bor-azometin-H kompleksinin absorbansı ilk bir saatte hızla artmıştır. Kompleksin rengi 2 saat sonra gelişmiş ve kararlı hale gelmiştir.

Fe ve Al'nin girişimleri EDTA-NTA çözültisiyle maskelenerek ya da hidroksitleri halinde çöktürerek elimine edilmiştir. Sonuç olarak Fe ve Al'nin EDTA-NTA ile maskelenme durumundaki  $B_2O_3$  miktarı, Fe ve Al'nin çöktürülmesi durumundaki  $B_2O_3$  miktarından daha fazla olarak bulunmuştur.

**D.L.Harp, (1997).** Bu çalışmada suda azometin-H spektrofotometrik yöntem ile bor tayini yapılmıştır. Geleneksel azometin-H metodunda azometin-H sulu çözeltilerde nötrale yakın pH larda salisil aldehit ve H-asidine (aminonaftol) hidroliz olur. Bor, hidrolizi şif bazına geri kondanse eder. Schiff bazı reaksiyonu, bor ve salisil aldehit arasındaki şelat ara ürünü üzerinden yürümektedir. İncelemelerde, şif bazı reaksiyonunun bor varlığında 15 dakikada gerçekleştiği görülmüştür. Uygun pH değeri 7.5-7.8' dir ve ortam sıcaklığı 20-25 °C' dir. Kör'ün pH değeri 2.2 ±0.2' ye ayarlanmış, optimum renk ölçümü 413 nm'de yapılmıştır. Lineer çalışma aralığı 1.000 mg/L B, tespit sınırı yaklaşık 0.015 mg/L B, kesinlik 0.50 mg/L B, yöntemin standart sapması %5'dir. Suda çözünmüş bor tayini için kullanılan bu metot, iyi bir hassasiyet göstermiştir ve seçiciliği yüksektir.

Çalışmada doğal ve işlenmiş sularda yaygın olarak bulunan bazı iyonların girişim etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak; Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca(II), Mg(II), Al(III), Br<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, SiO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Askorbat, SO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn(II), NH<sub>4</sub><sup>+</sup>'nın girişimlerinin önemsiz olduğu, Cu(II), Zn(II), Fe(II,III) iyonlarının girişim etkilerinin ise EDTA ile tolere edilebilir olduğu görülmüştür.

**J. F. van Staden, T. A. van der Merwe, (2000).** Nehir sularında borun gübre prosesine etkisini yerinde incelemek amacıyla otomatik azometin-H yöntemi ile tayini yapılmıştır. Azometin-H salisil aldehit ile H-asidinin bor varlığında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Azometin-H 420 nm'de ölçülmüş, bu sistem bilgisayar ortamında çalışılmıştır ve saatte 30 örnek hazırlanmış, 2 örnek analiz edilmiştir. Göreceli standart sapma %1.4' den küçüktür. Kalibrasyon grafiği 100 mg/L'de lineerdir. Sistemin tespit sınırı 0.61 mg/L'dir. Metot basit ve ucuzdur, çok düşük konsantrasyonlarda dahi analiz etmek mümkündür. Metot hızlı olduğundan, endüstrideki rutin analizler için idealdir. Girişim yapan iyonlar EDTA ile maskelenmiştir. Çok uzun periyotlarda bozulan azometin-H'nin oda sıcaklığında dahi çabuk analiz olduğundan böyle bir sorunla karşılaşılmamıştır.

Uygulanan otomatik sistemin akım diyagramı aşağıdaki gibidir (Şekil 2.1).



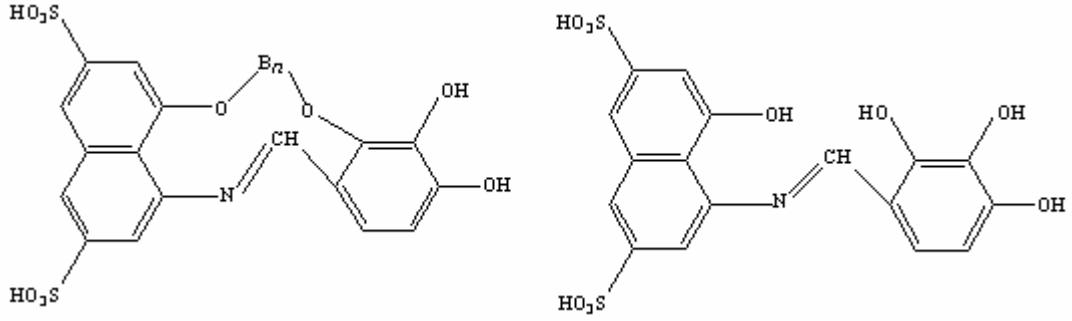
Şekil 2.1. Otomatik azometin-H yönteminin akım diyagramı

L. Zaijun, S. Qijun, C. Zihengwei, W. Qin, Z. Juan, (2005). 1-(2,3,4-trihidroksibenzilidenamino)-8-hidroksinaftalen-3,6-disülfonik asit (THBA) yöntemi ile Çin'deki Paddy, kırmızı biber, soya, patates, çin kestanesi, şeker pancarı bitkilerinde spektrofotometrik bor tayini yapılmış, sonuçlar ICP-AES yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Spektrofotometrik yöntem sonuçları ICP-AES sonuçlarından hemen hemen daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Ayrıca THBA reaktifi ile diğer azometin-H türevi reaktiflerle yapılan spektrofotometrik yöntem kıyaslaması yapılmıştır. THBA yönteminin diğerlerine göre birtakım avantajları olduğu görülmüştür.

Molar absorpsiyon katsayısı,  $2,95 \times 10^4$  L/mol.cm'dir ve azometin-H'nin 4.2 katıdır. Bunun sebebinin benzen halkasına 2, 3, 4 pozisyonlarında bağlı 3 hidroksil grubunun bulunması ve molekülün fonksiyonel gruplarının elektron bulutu yoğunluğunun artması olduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak bu yöntemle ppb seviyesindeki bor tayinleri bile mümkün olmaktadır.

Diğer azometin-H türevlerinin reaksiyonları sıcaklığa ve reaktif konsantrasyonuna bağlıdır. Bu durum seri kontrolleri gerekli kılmaktadır. Buna rağmen, THBA ile B(III)'ün reaksiyonunun çok kararlı olduğu, oluşan kompleksin absorpsiyonunun 24 saat boyunca 0-35 °C' de maksimum olduğu görülmüştür. Bu da rutin analizler için çok önemlidir. Ayrıca amaçlanan metodun oldukça seçici ve bitkilerde bor analizi için uygun olduğu ortaya konmuştur.



**Şekil 2.2.** 1-(2,3,4-trihidroksibenzilidenamino)-8-hidroksinaftalen-3,6-disülfonikasitin ve bor ile yaptığı kompleksin yapısı

**A. Krejcova, T. Cernohorsky, (2003).** Bu çalışmada ICP-AES yöntemi ile çay ve kahvede bor analizi yapılmıştır. Araştırma materyalleri olarak; Çinlilerin, GBN 07605 Çayı, Siyah çay, Yeşil çay, Meyveli çay, Kahve çekirdekleri, işlenmiş kahve kullanılmıştır. Sıcak su ekstraksiyonu ile suya alınan örnekler Bor'un yanı sıra Na, K, Mg, Ca, HCl, HNO<sub>3</sub> de içereceğinden iç standardizasyon düzeltme teknikleri de kullanılmıştır. Ayrıca bu element ve bileşiklerin varlığında bor sinyalinin ne kadar etkilendiği üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Çeşitli çay ve kahve örneklerinde ekstraksiyon işlemi 6 kez tekrarlanmış ve her ekstarat ayrı ayrı 5 kez ölçülmüştür.

Örnek hazırlamada mikrodalga parçalama tekniği de kullanılmış ve çıkan bor miktarlarına göre sıcak su ekstraksiyonu yöntemi ile karşılaştırma yapılmıştır.

Tüm ölçümlerde ICP-AES metodu kullanılmıştır.

Analiz sonucunda bor içeriği en fazla olanlar; çay örnekleri arasından, yeşil çay ve kahve örnekleri arasından kahve çekirdekleri olarak bulunmuştur. Ve mikrodalga parçalama tekniği sonuçlarının sıcak su ekstraksiyonu sonuçlarına göre daha yüksek bor miktarlarına sahip olduğu görülmüştür.

**A.Şimşek, D. Korkmaz, Y.S. Veliöğlu, O.Y. Ataman, (2003).** Bu çalışmada ICP-OES ve spektrofotometri yöntemleri ile bazı fındık türlerinde bor miktarı tayin edilmiştir. Bu amaçla Türkiye'de fındığı ile meşhur olan illerimizden Ordu, Giresun ve Trabzon'daki 16 çeşit fındık incelenmiştir.

Bunun için iki yöntem kullanılmıştır:

1) ICP-OES

2) Azomethin-H Spektrofotometrik yöntem. (Başka bilinen yüksek duyarlıklı reaktifler de vardır. Örneğin; karminik asit, curcumine. Fakat bu reaktifler konsantre sülfürik asit gerektirdiğinden kullanımları pratik değildir.)

Fındık türleri olarak; Cavcava, Foşa, İncekara, Kalinkara, Çakıldak, Kan, Kara, Kargalak, Kuş, Mincane, Palaz, Sivri, Tombul, Uzunmusa, Yassıbadem, Yuvarlakbadem türleri kullanılmıştır.

Fındıklar kabuklarından ayrılıp, öğütülüp kül edilerek asit çözeltisi ile muamele edilip en son süzölmüş süzöntü ise analizde kullanılmıştır.

Sonuç olarak, iki ayrı analiz yöntemi karşılaştırmalı olarak incelenmiş, spektrofotometrik metotta bor içeriğinin ICP-OES metoduna göre genellikle daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca fındık türlerindeki bor içerikleri belirlenmiş ve Mincane, Yuvarlakbadem, Foşa ve Uzunmusa türlerinde bor içeriğinin en yüksek, Kalinkara, Kan, Kargalak, Kuş ve Yassıbadem türlerinde bor içeriğinin en düşük olduğu görölmüştür.

**L. Zaijun , (1999).** Bu çalışmada borun bitkilerde ve topraktaki spektrofotometrik tayini için 4-metoksi-azometin-H reaktifi kullanılmıştır. Bor tayinleri için kullanılan 4-metoksi-azomethin-H reaktifi bor ile pH 5.7 dolaylarında 1:2 oranında reaksiyona girerek sarı renkte bir kompleks oluşturur. Maksimum absorbansı 420 nm dir. Bu araştırmanın amacı Azomethin-H spektrofotometri yönteminin yerine hassaslığını etkinliğini, seçiciliğini, kararlılığını önemli ölçüde artıracığı düşünölen 4-metoksi-azomethin-H yönteminin de bitkilere ve toprağa uygulanabilirliğini ölçmektir.

Araştırma materyali olarak, pirinç, kahve ağacı yaprakları, yeşil yapraklı sebzeler ve toprak kullanılmıştır. Ölçümler ICP-AES cihazı ile yapılmıştır.

Sonuç olarak 4-metoksi-azomethin-H reaktifi ile yapılan bor tayininin başarılı olduğu görölmüştür. Başarı kıyaslaması yapılırken daha önce denenmiş “Curcumin” metodu sonuçları ve ICP-AES sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

**A. Hokura, H. Matsuura, F. Katsuki, H. Haraguchi, (2000).** Bu çalışmada çoklu element analizlerinden, çok bulunandan ultra eser miktarlara kadar bor dahil

birçok elementin referans materyal olarak seçilen, Domates yaprakları, çam iğneleri ve çay yapraklarında ICP-AES ve ICP-MS metotları ile tayini yapılmıştır.

Bitki örnekleri ısıtılmış teflon kaplarda nitrik asit ve hidroflorik asit ile muamele edilmiştir.

40 çeşit element ile çalışılmış ve bu elementlerin analitik verileri geniş bir konsantrasyon aralığında çıkmıştır. Örneğin, domates yapraklarında, 49600 µg/L Ca 6,2 ng/g Lu konsantrasyonları bulunmuştur.

Elementlerin her biri bitki örneklerinde ve bitkinin yetiştiği toprakta ayrı ayrı analiz edilmiş ve aralarındaki göreceli bolluk tartışılmıştır.

Sonuçta, domates yapraklarında ve çam iğnelerinde birçok elementin önemli ölçüde depolandığı ortaya çıkmış, K, Mg, Ca, Mn, Cu, Zn, B ve P'nin bitki büyümelerinde geniş zenginleştirme sağladıkları bulunmuştur.

**M.A. Wimmer, H.E. Goldbach, (2000).** Bor analizlerinde sıklıkla kullanılan ICP-OES ve ICP-MS yöntemlerinin pahalı olması ve bor analizleri için daha duyarlı yöntemlerin de mevcut olması, bu tür çalışmaların yapılmasını sağlamıştır.

Curcumin metodu 50-150 µl miktarlarındaki bor tayinleri için oldukça hassas bir metottur.

Araştırma materyali olarak musluk suyu, mineral suları ve besin çözeltileri kullanılmış. Ayrıca biyolojik materyal olarak, *Vicia faba* (bakla) bitkisinin yaprak ve kökü, *Cucurbita* (kabak) bitkisinin yaprakları kullanılmıştır.

Bu yöntemde boru geri kazanma yüzdesi % 98-99 olarak ve göreceli standart sapma %1-5 olarak bulunmuştur. Analiz edilen materyallerdeki bor konsantrasyonları ise, 0,05 ile 0,40 mg B/L arasında değişen miktarlarda bulunmuştur.

**K. Szentmihalyi, G.A. Csiktusnadi-Kiss, A. Keszler, L. Kotai, M. Candaias, M.R. Bronze, L.V. Boas, I. Spauger, E. Forgacs, (2000).** Bu çalışmada kırmızı şarapta 16 çeşit elementin (Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Sr ve Zn ) ICP-OES yöntemi ile tayini yapılmıştır. Potasyum için göreceli standart sapma % 0,41' den % 2' ye kadar çeşitlilik göstermiştir. Geri kazanma

yüzdeleri bulunurken standart ekleme yöntemi kullanılmıştır. Geri kazanma yüzdeleri % 90,6 (P) ile % 116 (B) arasında değişmektedir.

15 kırmızı şarap örneği kullanılmış ve B, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Sr ve Zn her şarap örneğindeki konsantrasyonları arasında önemli farklar bulunmuştur. Ancak Zn, Na, B ve Cu konsantrasyonları yaklaşık aynı bulunmuştur.

**3. MATERYAL VE METOD****3.1. Materyal****3.1.1. Kullanılan Araştırma Materyalleri**

**Vitis Vinifera (Üzüm)** : Niğde (Kemerhisar), Adana (Pozantı) yörelerinden temin edilen beş adet siyah ve beş adet beyaz olmak üzere 10 üzüm örneği, materyal olarak kullanılmıştır. Kullanılan üzüm örneklerinin bölgelere göre dağılımı aşağıdaki çizelgede gösterildiği gibidir (Çizelge 3.1).

**Çizelge 3.1.** Kullanılan araştırma materyallerinin temin edildiği bölgeler

<b>Niğde (Kemerhisar)</b>	<b>Adana (Pozantı)</b>
Bozyer	Kamışlı
Armutlu Bağ	
Bağaltı	
Çatılıyer	

**3.1.2. Kullanılan Kimyasal Malzemeler**

- **Sodyumhidroksit (NaOH)** : Üzüm pH' sını nötrleştirmek ve üzümdeki borik asidi sodyum borat tuzuna dönüştürmek için kullanıldı. Analitik saflıkta, Sigma firmasından temin edildi.
- **Nitrik asit (HNO<sub>3</sub>)** : Sodyum borat'ı tekrar borik aside dönüştürmek için kullanıldı. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **Potasyum hidrojenfosfat (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>)** : Tampon çözelti hazırlarken kullanıldı. Analitik saflıkta, Sigma firmasından temin edildi.
- **Potasyum dihidrojenfosfat (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)** : Tampon çözelti hazırlarken kullanıldı. Analitik saflıkta, Sigma firmasından temin edildi.

- **Etilendiamintetraasetikasit, tetrasodyum, dihidrat (EDTA)** : Tampon çözeltiye, örnek matriksinde bulunan metal iyonları ile kompleks oluşturup onların girişimini engellemesi için eklendi. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **H-asit (8-amino-1-noftol-3,6-disülfonikasit, monosodyum, monohidrat)** : Şif bazı reaksiyonunda kullanıldı. Teknik olarak hazırlanmış H-asit kullanıldı.
- **Sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)** : H-asidi saflaştırmada kullanıldı. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **Aktif karbon** : H-asidi saflaştırmada kullanıldı. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)** : Salisilaldehit çözeltisi hazırlamada kullanıldı. Analitik saflıkta, Riedel-de Haën firmasından temin edildi.
- **Salisilaldehit** : Şif bazı reaksiyonunda kullanıldı. Analitik saflıkta, Fluka firmasından temin edildi.
- **Hidroklorikasit (HCl)** : Körü asitlendirmek için kullanıldı. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **Borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)** : Standart çözelti hazırlamada kullanıldı. Analitik saflıkta, Merck firmasından temin edildi.
- **Distile su** : Seyreltme ve çözelti hazırlamalarda kullanıldı.

### 3.1.3. Kullanılan Araç ve Gereçler

- I. **Etüv** : Elektromag M 420 P
- II. **Kül Fırını** : Nüve MF 120
- III. **pH Metre** : InoLab
- IV. **Hassas Terazi** : AND GR-200
- V. **Mikro pipet** : Biohit
- VI. **Elektrikli Isıtıcı** : Ika Werke
- VII. **UV Spektrofotometre** : UV-2101PC (Shimadzu)

**3.2. Metod****3.2.1. Çözeltilerin hazırlanması****3.2.1.1. Sodyumhidroksit (NaOH) (0.1 M)**

2 g katı NaOH 500 mL suda çözülerek hazırlandı.

**3.2.1.2. Nitrikasit (HNO<sub>3</sub>) (2.0 M)**

14.003 mL HNO<sub>3</sub> 100 mL' ye su ile tamamlanarak hazırlandı.

**3.2.1.3. Tampon Çözelti**

2.62 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1.12 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ve 2 g EDTA karıştırılarak distile su ile 100 mL' ye tamamlandı. Çözeltinin son pH' sı 7.6' dır.

**3.2.1.4. H-Asit (2.29 x 10<sup>-2</sup> M)**

1.815 g saf olmayan H-asit su ile 250 mL' ye tamamlandı. Bu çözeltiyi saflaştırmak için 2.5 g aktif karbon ve 50 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilip karıştırıldıktan sonra filtre kağıdı ile süzüldü. Hazırlanan saf H-asit çok çabuk bozduğundan dolayı kullanılacağı anda hazırlamak daha uygundur.

**3.2.1.5. Sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (0.01 M)**

0.106 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> su ile 100 mL' ye tamamlandı.

**3.2.1.6. Salisilaldehit (0.115 M)**

3.11 mL salisilaldehit etanol ile 500 mL' ye tamamlandı ve bu çözelti ise su ile 1000 mL' ye tamamlandı.

**3.2.1.7. Hidroklorikasit (HCl) (1.0 M)**

0.12 mL HCl su ile 100 mL'ye tamamlandı.

**3.2.1.8. Standart Borik asit Çözeltisi**

1.1439 g % 99.99'luk borik asit su ile 200 mL' ye tamamlanıp, tüm seyreltmeler derişimi 1000 mg/L olan bu stok çözeltiden yapılmıştır. Borik asit standartları 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ppm olarak hazırlanmıştır.

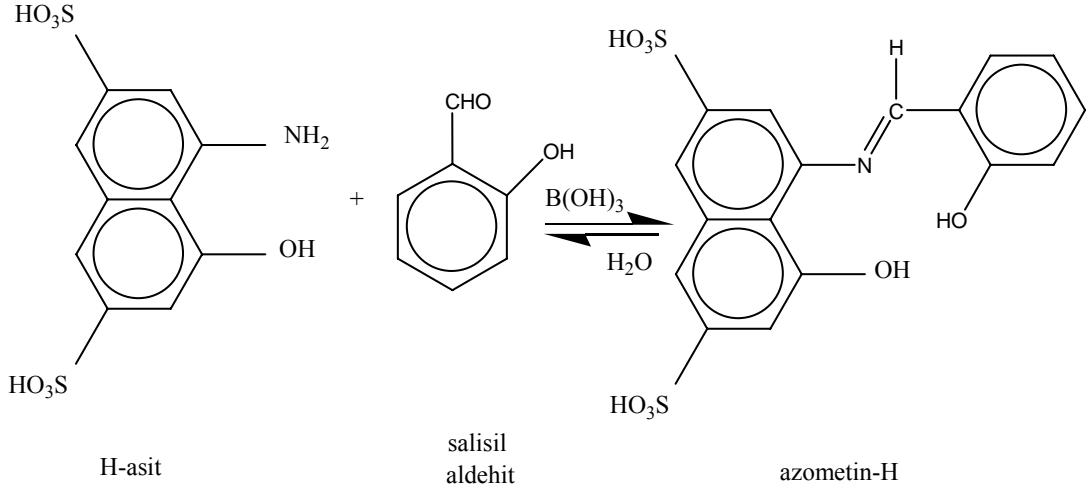
**3.2.2. Deneyin Yapılışı**

Temin edilen üzümler çekirdekleri ile birlikte öğütüldükten sonra asidik çözeltide borun uçuculuğu yüksek olacağından NaOH eklenerek, pH yaklaşık 7 civarına çıkarılıp, etüvde 75 °C' de kurutulmuştur. Kurutulmuş örnekler, 525 °C'de kül fırınında yakılmış ve elde edilen küller içerisindeki sodyum boratları borik asit haline getirmek için nitrik asit ile muamele edilmiştir. Bu karışım son olarak filtre edilip, elde edilen çözelti analizde kullanılmıştır.

Yapılacak bor tayini, borik asit varlığında salisilaldehit ile H-asit' in Schiff bazı oluşturma reaksiyonuna dayanır. Bu nedenle yapılacak diğer işlemler bu doğrultuda olacaktır. H-asit yüksek sıcaklıklarda bozunacağından reaksiyon ortamı sıcaklığı 25 °C civarlarında olmalıdır. Düşük sıcaklıklarda yöntem daha hassastır (Harp, 1997).

Camın yapısında bulunan borosilikat yapılarının hata verecek olması nedeniyle deneyde 50 ml' lik plastik volumetrik kaplar kullanılmıştır. Son olarak elde edilen süzüntü su ile 50 mL' ye tamamlandıktan sonra bu çözeltinin 40 mL' si

alınarak üzerine 2 mL tampon çözelti, 2 mL H-asit, 2 mL salisilaldehit eklenmiş ve reaksiyon başlatılmıştır ( Şekil 3.1). Her üzüm türü için üç tekrar analiz yapılmış, azometin-H ile kompleks oluşturabilecek yabancı iyonların girişimini engellemek için EDTA kullanılmıştır.



**Şekil 3.1.** H-asit ile salisilaldehitin borik asit varlığındaki reaksiyonu (Harp, 1997).

Reaksiyon 15 dakikada tamamlanmıştır. Oluşan sarı renkli kompleksin spektrofotometrede 412 nm' deki absorbansı dolaylı olarak analit içerisindeki bor miktarını verecektir.

**4. BULGULAR VE TARTIŞMA****4.1. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Petrovsky Azometin H' ın bor analizlerinde kromojenik ajan olarak kullanıldığını göstermiştir. Azometin H. salisilaldehit ile H-asidin kondensasyon reaksiyonu ile oluşur. Yani primer amin ile karbonil bileşiği arasında asit katalizli Schiff bazı oluşum reaksiyonu gerçekleşir (Harp, 1997). Azometin H nötrale yakın pH' larda H-asid'e ve salisilaldehite hidroliz olur. Bor bu hidrolizi geri kondense etmektedir. Yöntem böylece bor katalizli kondensasyon reaksiyonu olarak bilinir. Bu reaksiyonun tam mekanizması halen bilinmemekle birlikte bu konuda çeşitli tahminler söz konusudur.

**4.1.1. Mümkün Reaksiyon Mekanizması**

**1.Basamak:** Tetrahedral bor-salisilaldehit şelatı ara ürünü oluşur.

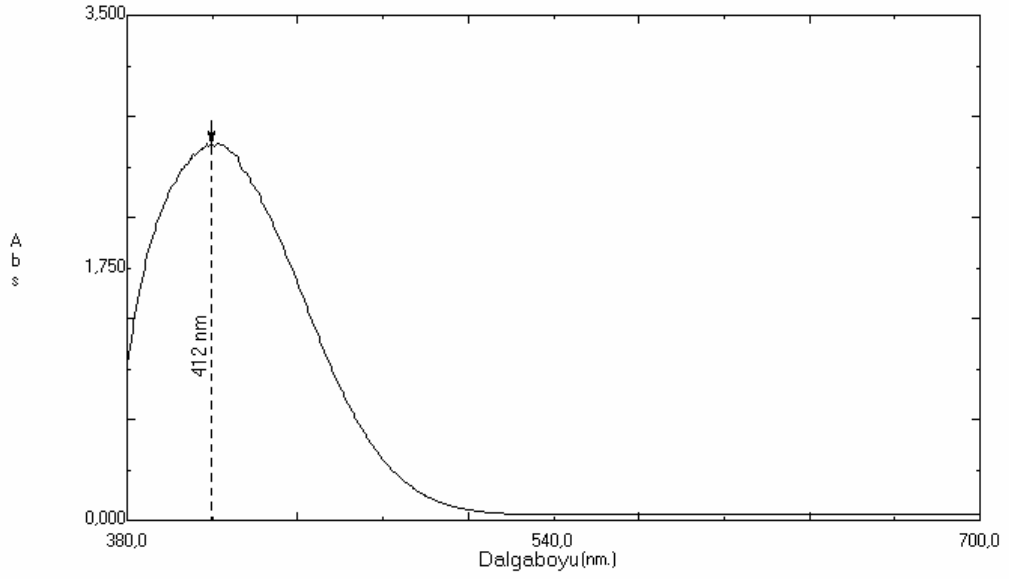
**2.Basamak:** Bor ile kompleks haldeki salisilaldehit, H-aside nükleofilik atakta bulunur ve H-asidin serbest amin grubu ile salisilaldehitteki karbonil grubu arasında karbonilamin formu oluşur.

**3.Basamak:** Karbonilamin hızla Schiff bazına dehidrate olur.

Salisilaldehit ile H-asit (5:1) molar oranında kompleks oluşturur (Harp, 1997).

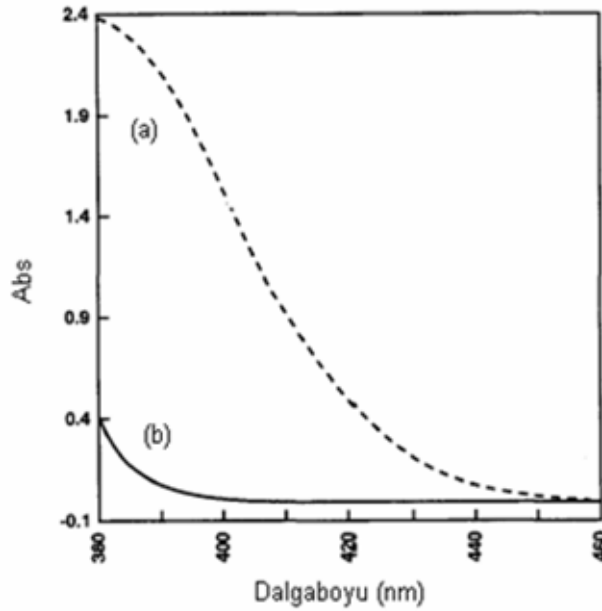
**4.1.2. Spektrofotometre sonuçlarının Değerlendirilmesi****4.1.2.1. Dalgaboyu Taraması**

Elde edilen analit çözeltisinin dalgaboyu sonuçları 412 nm olarak bulunmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Azometin-H' in dalğaboyu taraması

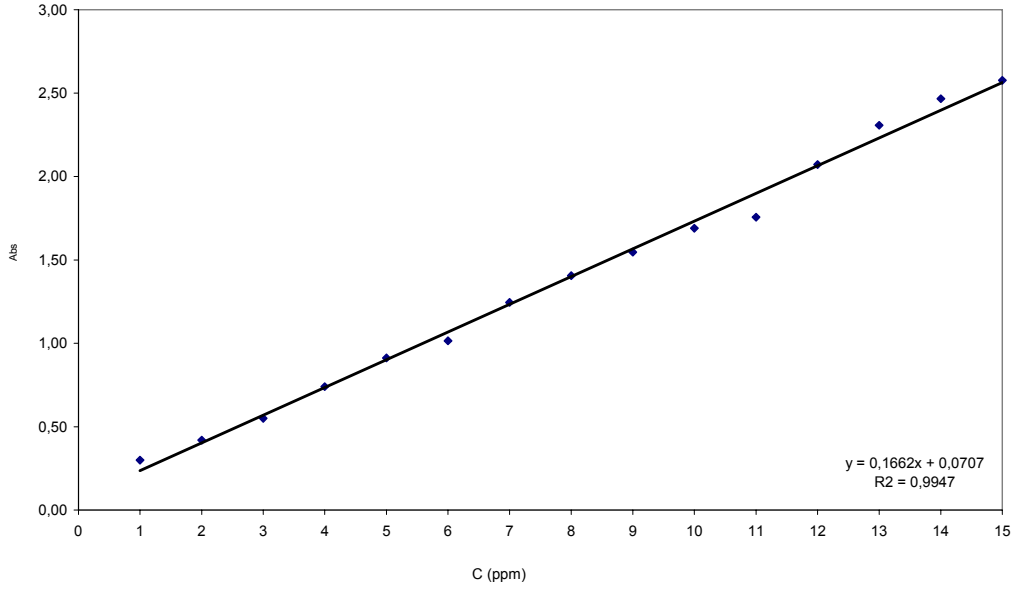
Bor yokluğunda salisilaldehit iyonu da 413 nm' de absorbans vermektedir. Bu girişimi önlemek için ortam pH' sı ölçümler sırasında 2-2.4 arasına ayarlanır.( Şekil 4.2).



Şekil 4.2. (a) Bor yokluğunda salisilaldehitin pH 7.6' daki absorbansı, (b) salisilaldehitin pH 2-2.4' deki absorbansı

#### 4.1.2.2. Standart çalışma grafiği

Standart çalışma grafiği 1-15 ppm konsantrasyon aralığındaki borik asitin absorpsiyonları ölçülerek hazırlanmıştır. (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Standart çalışma grafiği

Salisilaldehit ile H-asidin bor varlığında oluşturduğu azometin-H absorpsiyonu artan borik asit konsantrasyonu ile lineer bir artış göstermiştir.  $R^2$  değerinin 1.0' e yakınlığı çalışmanın doğruluğunun bir göstergesidir. Analizi yapılan on çeşit üzümün bor içerikleri standart çalışma grafiğinden interpolasyon ile, sonuçların standart hataları ise Pearson korelasyonu ile bulunmuştur.(Çizelge 4.1).

#### 4.1.3. Üzümlerin bor içeriklerinin değerlendirilmesi

Aynı yöreye ait siyah ve beyaz üzümün bor konsantrasyonu arasında fark olmasına rağmen (Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9), Pearson korelasyonunda bu fark önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Farklı yöreye ait siyah veya beyaz üzümün bor içerikleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.001$  ;  $r =0.869$ ). (Çizelge 4.1), (Şekil 4.10, 4.11).



**Çizelge 4.2.** Yörelere göre siyah üzümlerdeki bor içerikleri arasındaki ilişki

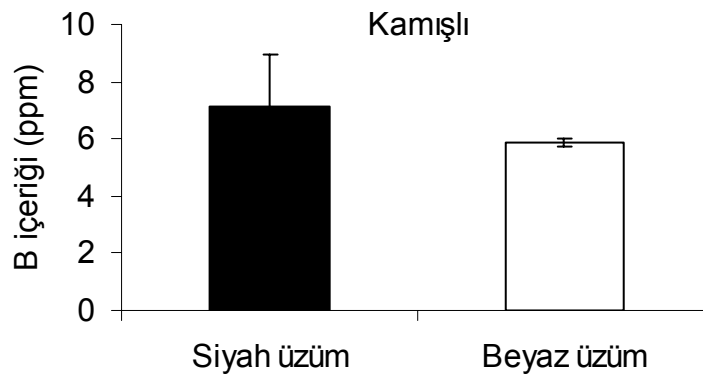
Siyah üzüm	Kamışlı	Bozyer	Armutlubağ	Bağaltı	Çatılıyer
Kamışlı	1				
Bozyer	0.809	1			
Armutlubağ	0.489	0.118	1		
Bağaltı	0.878	0.428	0.847	1	
Çatılıyer	0.989	0.711	0.611	0.940	1

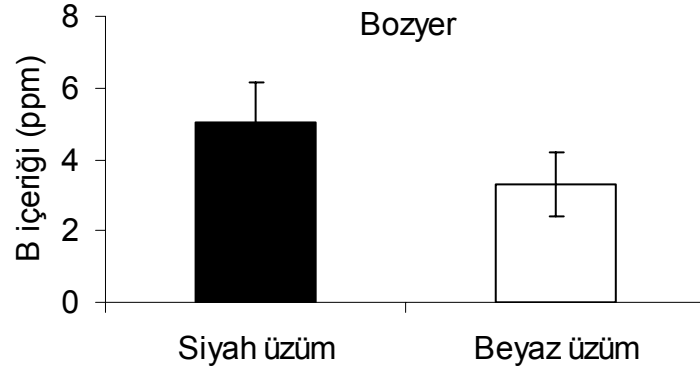
Değerler korelasyon katsayılarını (r) belirtir.  $r < 0.50$  zayıf ilişki,  $r > 0.50-0.74$  orta düzeyli ilişki,  $r > 0.75-1.00$  kuvvetli ilişki olduğunu gösterir.

**Çizelge 4.3.** Yörelere göre beyaz üzümlerdeki bor içerikleri arasındaki ilişki

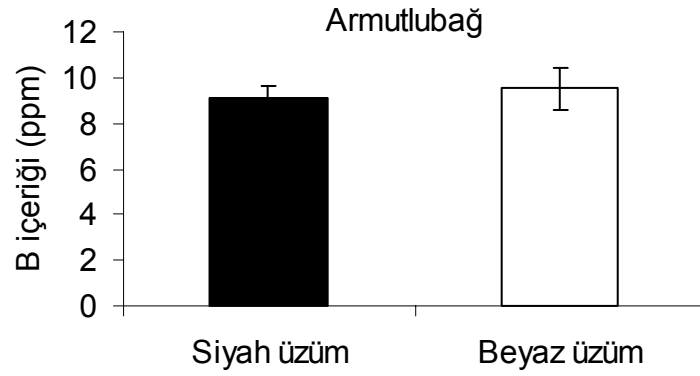
Beyaz üzüm	Kamışlı	Bozyer	Armutlubağ	Bağaltı	Çatılıyer
Kamışlı	1				
Bozyer	0.914	1			
Armutlubağ	0.056	0.456	1		
Bağaltı	0.524	0.824	0.880	1	
Çatılıyer	0.999	0.898	0.019	0.492	1

Değerler korelasyon katsayılarını (r) belirtir.  $r < 0.50$  zayıf ilişki,  $r > 0.50-0.74$  orta düzeyli ilişki,  $r > 0.75-1.00$  kuvvetli ilişki olduğunu gösterir.

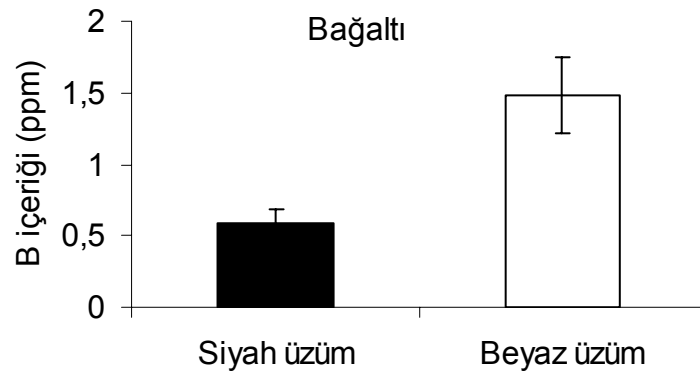
**Şekil 4.4.** Kamışlı yöresine (Adana) ait siyah ve beyaz üzümlerdeki bor içerikleri



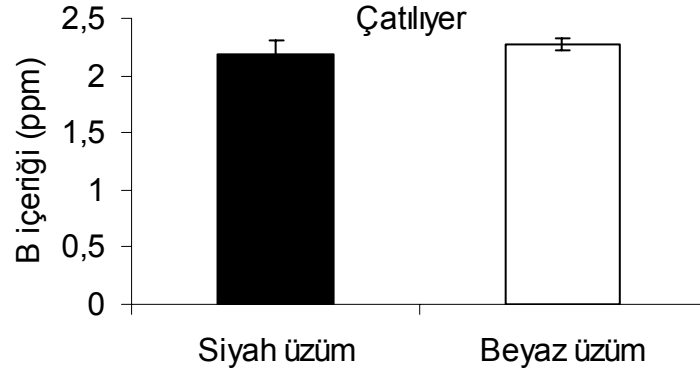
Şekil 4.5. Bozyer yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümdeki bor içerikleri



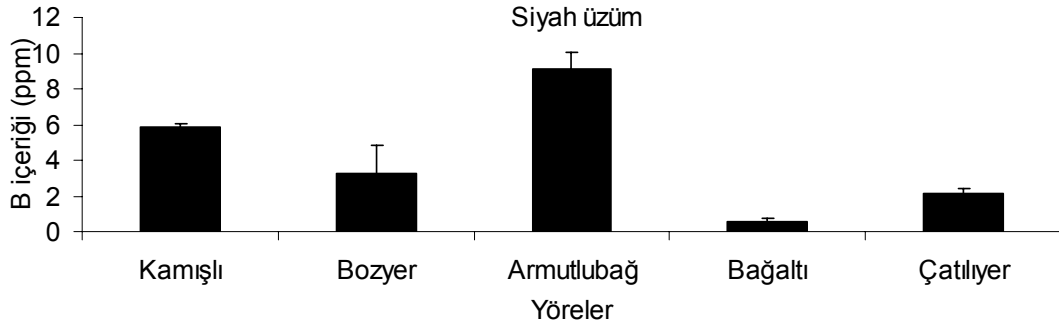
Şekil 4.6. Armutlubağ yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümdeki bor içerikleri



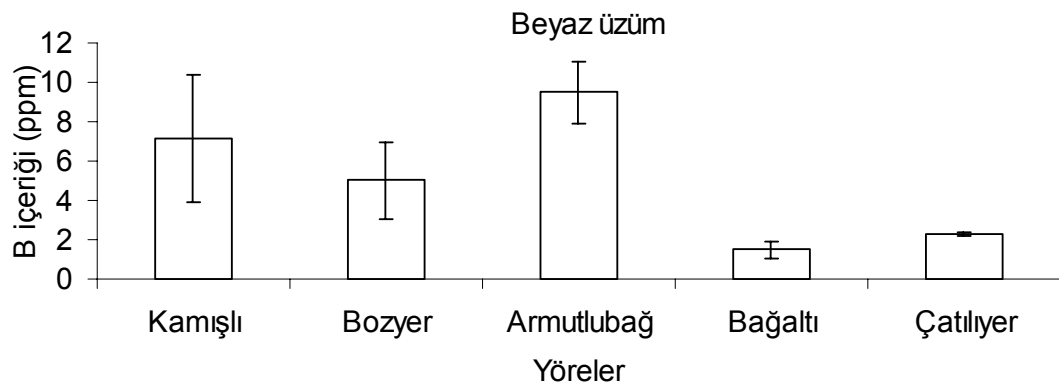
Şekil 4.7. Bağaltı yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümdeki bor içerikleri



Şekil 4.8. Çatılıyer yöresine (Niğde) ait siyah ve beyaz üzümdeki bor içerikleri



Şekil 4.9. Farklı bölgelerdeki siyah üzümün bor içeriklerinin karşılaştırılması



Şekil 4.10. Farklı bölgelerdeki beyaz üzümün bor içeriklerinin karşılaştırılması

**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Adana (Pozantı) ve Niğde (Kemerhisar) yörelerinden alınan on üzüm örneğinde azometin-H spektrofotometrik yöntemle bor analizi yapılmış ve aynı yörenin farklı bölgelerinde bile bor konsantrasyonunun farklı olabileceği görülmüştür.

Aynı bölgeye ait siyah ve beyaz üzümün bor konsantrasyonlarındaki farklılığın önemsiz sayılabilecek kadar az olduğu görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre Niğde (Kemerhisar) ve Adana (Pozantı) yörelerdeki en yüksek bor içeriğine sahip üzümün bulunduğu bölge, Armutlubağ bölgesi, daha sonra Kamışlı bölgesi olarak tespit edilmiştir. En az bor içeriğine sahip üzümlerin ise Bağaltı bölgesine ait olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak bu yöredeki üzümlerin bor içerikleri ortalama 5-6 ppm olarak bulunmuştur.

İnsan metabolizmasının bazı önemli işlevlerinin yürümesi için günlük alınması gereken B(III) miktarının yaklaşık 3-6 mg olduğu bilindiğine göre, bunun büyük bir kısmı üzüm ve diğer bor içeriği fazla olan bitkileri tüketerek sağlanabilir.

Bitkilerdeki bölgesel bor içerikleri farklılığından yola çıkarak Türkiye'nin çeşitli bölgelerinin çeşitli ürünlerinde bor analizleri yapıp, Türkiye'nin borca en zengin tarım ürünlerinin bulunduğu bölge tespit edilmelidir.

Bu çalışmanın devamında bitkinin topraktan bor alımına etki eden diğer elementlerle borun ilişkisi, bitkinin bulunduğu toprağın bor içeriğinin analizi, bitkilerde bor tayini için farklı analiz yöntemleri kullanarak sonuçlarının kıyaslanması, toprakları borca zengin veya fakir bölgelerde yaşayan insanların bitkisel ürünlerden aldıkları bor ile sağlıkları arasındaki ilişkinin incelenmesi gibi geniş kapsamlı birçok çalışma yapılması yararlı olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR),1992. Toxicological profile for boron, Atlanta, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, (CAS # 7440-42-8).
- CUI Y., WINTON M.I., ZHANG Z.F., RAINEY C., MARSHALL J., KERNION J.B., ECKHERT C.D., 2004. Dietary boron intake and prostate cancer risk, *Oncology Reports*, 11: 887-892.
- GRAFF D., 1995. Research on Mineral Absorption, Weber State University, International Conference on Human Nutrition.
- GREGORY S., KELLY N.D., 1997. Boron: A review of its nutritional interactions and therapeutic uses, *Alternative Medicine Review*, 2(1): 48-56.
- HARP D.L., 1997. Modifications to the azomethine-H method for determining boron in water, *Analytica Chimica Acta* , 346: 373-379.
- HOKURA A., MATSUURA H., KATSUKI F., HARAGUCHI H., 2000. Multielement determination of major-to-Ultratrace elements in plant reference materials by ICP-AES/ICP-MS and evaluation of their enrichment factors, *Analytical Sciences*, 16: 1161-1168.
- HO S.B, 2000. Boron deficiency of crops in Taiwan, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, 106: 1-15.
- <http://www.goldenglow.com.au/ggecomm/productview.jsp?ProductId=5601>
- <http://www.vitaminproshop.com>
- JAKSIC L., 2005. The spectrophotometric determination of boron in tourmalines, *J. Serbian Chemical Society*, 70(2): 255-260.
- KACAR B., KATKAT A.V., 1998. Bitki Besleme, Uludağ Üniversitesi G çlendirme Vakfi, Vipaş Yayınları, 441s.
- KREJCOVA A., CERNOHORSKY T., 2003. The determination of boron in tea and coffee by ICP-AES method, *Food Chemistry*, 82: 303-308.
- McCOY H., KENNEY MA., MONTGOMERY C., IRWIN A., WILLIAMS L., ORRELL R., 1994. Relation of boron to the composition and mechanical properties of bone, *Environ Health Perspect*, 102 Suppl 7: 49-53

- MURRAY F.J., 1998. A human health assessment of boron, *Biol Trace Elem Res*, 66:331-341.
- NAGHII M.R., LYONS P.M., SAMMAN S., 1996. The boron content of selected foods and the estimation of its daily intake among free-living subjects, *J Amer Col Nutr*, 15: 614-619.
- NEWNHAM RE., 1994. Essentiality of boron for healthy bones and joints, *Environ Health Perspect*, 102 Suppl 7:, 83-5.
- NIELSEN FH., 1994. Biochemical and physiologic consequences of boron deprivation in humans, *Environ Health Perspect*, 102 Suppl 7:, 59-63.
- NIELSEN FH., HUNT CD., MULLEN LM., HUNT JR., 1987. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women, *FASEB J*, 1:5, 394-7.
- NIELSEN F.H., SHULER T.R., 1992. Studies of interaction between boron and calcium, and its modification by magnesium and potassium, in rats. Effect on growth, blood variables, and bone mineral composition, *Biol. Trace Elem. Res.*, 35, 3225-3237.
- PENLAND JG., 1994. Dietary boron, brain function and cognitive performance, *Environ Health Perspect*, 102 suppl 7: 65-72.
- SAH R.N., BROWN P.H., 1997. Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples, *Plant and Soil*, 193:15-33.
- SAMMAN S., NAGHII M.R., LYONS WALL P.M., VERUS A.P., 1998. The nutritional and metabolic effects of boron in humans and animals, *Biol Trace Elem. Res.*, 66(1-3): 227-35.
- SCHOBEL S.S., 1993. Toprak Bilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, 12. Baskı, 73.
- STADEN J.F., MERWE T.A., 2000. Automated in situ preparation of azomethine-H and the subsequent determination of boron in fertilizer process and water effluent streams with sequential injection analysis, *Analyst*, 125: 2094-2099.
- STRUM S.B., 2003. BORON: The fifth element, MD, FACP Medical Oncologist Specializing in Prostate Cancer, 1-17.

- SZENTMIHALYI K., CSIKTUSNADI-KISS G.A., KESZLER A., KOTAI L.,CANDEAIAS M., BRONZE M.R., BOAS L.V., SPAUGER I., FORGACS E., 2000. Method development for measurement of elements in Hungarian red wines by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), *Acta Alimentaria*, 29 (2) 105-121.
- ŞAYLI B.S., 2003. Biological Trace Element Research, Volume 93, Issue 1-3, pps. 19-30.
- ŞİMŞEK A., KORKMAZ D., VELİOĞLU Y.S., ATAMAN O.Y., 2003. Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana L.*) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry, *Food Chemistry*, 83: 293-296.
- T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI MÜSTEŞARLIĞI, 1995. YAYIN NO:DPT : 2414 – ÖİK: 474.
- US Patent #5,962,049, 1999. Fruitex B, Future Ceuticals, 1-11.
- WIMMER M.A., GOLDBACH H.E., 2000. A miniaturized curcumin method for the determination of boron in solutions and biological samples, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162: (1) 15-18
- ZAIJUN L., QIJUN S., ZHENGWEI C., QIN W., JUAN Z., 2005. 1-(2,3,4 Trihydroxybenzylideneamino)-8-hydroxynaphthalene-3,6-disulfonic acid as reagent for spectrophotometric determination of boron in plants, *Talanta*, 65: 1305-1312.
- ZAIJUN L., ZHU Z., JAN T., HSU C.G., JIAOMAI P., 1999. 4-Methoxy azomethine-H as a reagent for the spectrophotometric determination of boron in plants and soils, *Analytica Chimica Acta* , 402: 253-257.

## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Yüreğir / ADANA' da doğdum. 1988 yılında Malatya Gazi İlköğretim Okulu' nda ilköğrenimime başladım ve 1993 yılında Adana Seyhan' da Celalettin Seyhan İlköğretim Okulu' nda, ortaokulu ise 1996 yılında Adana Gazi İlköğretim Okulu' nda tamamladım. 1999 yılında Özel Çukurova Bilfen Lisesi' nden mezun olduktan sonra Lisans eğitimime 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde başladım ve 2003 yılında mezun oldum. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen-Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladım. Yine 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Anabilim Dalında Tezsiz Yüksek Lisans eğitimine başladım ve 2004 yılında mezun oldum.