

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASTALIK TEDAVİSİNDE KULLANILAN  
BAZI MEYVE VE SEBZELERİN  
DOKULARINDA ESER ELEMENT VE  
MİNERAL TAYİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EMİR TOSUN  
ANALİTİK KİMYA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. F. Zehra KÜÇÜKBAY**

**MALATYA – 2009**

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASTALIK TEDAVİSİNDE KULLANILAN  
BAZI MEYVE VE SEBZELERİN  
DOKULARINDA ESER ELEMENT VE  
MİNERAL TAYİNİ**

**EMİR TOSUN**

**Danışman Öğretim Üyesi: Yrd. Doç. Dr. F. Zehra KÜÇÜKBAY**

**Bu Araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Birimi tarafından 2008/35 proje numarası ile desteklenmiştir.**

**MALATYA – 2009**

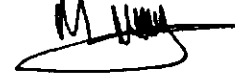
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Analitik Kimya Anabilim Dalı Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Mehmet YAMAN



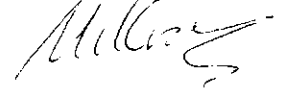
Danışman

Yrd. Doç. Dr. F. Zehra KÜÇÜKBAY



Üye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa KARAKAPLAN



ONAY :

Bu tez, İnönü Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu...../...../2009 tarih ve 2009/.....sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali OTLU  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tez konusunu öneren ve bu çalışmayı yapabilmem için gerekli tüm olanakları sağlayan, değerli bilgileri ile bana yön veren Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. F. Zehra Küçükbay a sonsuz sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca analiz aşamasında yardımlarını esirgemeyen İnönü Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında çalışan sevgili arkadaşım Uzman Onur Özgül'e teşekkür ederim.

## ÖZET

### **HASTALIK TEDAVİSİNDE KULLANILAN BAZI MEYVE VE SEBZELERİN DOKULARINDA ESER ELEMENT VE MİNERAL TAYİNİ**

Son yıllarda çalışmalarda çeşitli biyolojik materyallerde bulunan eser element ve minerallerin tayini özellikle iki nedenden dolayı önem kazanmıştır. Bunlardan birincisi, metabolik proseslerdeki rolleri ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri, ikincisi ise artan çevre kirliliği ile birlikte toksititeye neden olan elementlerin olumsuz etkileridir.

Eser elementlerin bitkilerin özellikle kök, gövde ve yaprakları gibi farklı bölgelerinde değişik konsantrasyonlarda bulunurlar. Meyve ve sebzelerin ve bunların dokularının elementel kompozisyonu normal gelişim ve sağlık için çok önemlidir. Taze meyve ve sebzelerin günlük tüketilmesi, bulaşıcı olmayan kanser ve kardiyovasküler hastalıkları önlemede yardımcı olur. Bu nedenle meyve ve sebzelerin eser element ve mineral içerikleri önemlidir.

Mineral ve eser elementler çok fazla tükettiklerinde toksik etkiler görülür. Düşük konsantrasyonlarda alındıklarında da çeşitli problemlerle karşılaşılır. Örneğin doğada bol miktarda bulunan demir, Fe, aşırı miktarda alındığında kusma, ishal ve bağırsak bozukluklarına neden olur. Düşük miktarlarda alındığında ise kemiklerde kırılabilirlik ve anemi gibi sorunlar ortaya çıkar.

Eser elementler ve mineraller topraktan insanlara bitki aracılığıyla geçer. Bitkilerin eser element ve mineral içerikleri, toprağın jeokimyasal karakteristiği, yetiştirme dönemi boyunca hava koşulları, bu elementlerin bazılarının seçici olarak alınabilirliği ve gübre kullanımına göre değişir.

Çalışmamızda, tıbbi öneminden dolayı halk ilacı gibi kullanılan meyve olarak, elma, kiraz, armut, nar, ayva, çilek ve ceviz, sebze olarak da nane ve reyhan analizlenmek için seçildi. Bu meyve ve sebzeler, Malatya da da hâlâ çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılır.

Bu amaçla, toplanan bu meyve, sebze ve bunların dokuları mikrodalga parçalama tekniği ile çözelti ortamına alınmıştır. Kullandığımız metodun analitik karakteristiğini, doğruluk ve hassasiyetini test etmek için Sertifikalı Referans Madde (NIST – SRM 1515, Apple Leaves) kullanılmıştır. Meyve, sebze ve dokularının, alevli AAS ile Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn içerikleri, alevli – emisyon AAS ile K, grafit fırın AAS ile Cd, Pb, Se içerikleri tayin edilmiştir.

Meyve ve meyve dokularının eser element ve mineral içerikleri; 1.45 – 92.83 mg/ 100g alüminyum, bakır için 0.11 – 1.84 mg / 100g , demir için 0.30 – 61.54 mg / 100g , potasyum için 114 – 4658. 33 mg / 100g , magnezyum için 11.03 – 637.79 mg / 100g , mangan için 0.034 – 10.97 mg / 100g , çinko 0.17 – 6.26 mg / 100g , kadmiyum 0.10 – 4.21 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g, kurşun için 8.91 – 351.55 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g ve selenyum için 0.55 – 45.45 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g aralığında bulunmuştur. Ayrıca sebze örneklerinin eser element ve mineral içerikleri; 12.80 – 19.16 mg / 100g alüminyum, 0.34 – 1.03 mg / 100g bakır, 29.91 – 30.00 mg / 100g demir, 2791.67 – 4754.17 mg / 100g potasyum, 508.33 – 600.69 mg / 100g magnezyum, 5.07 – 5.67 mg / 100g mangan, 2,59 – 4.48 mg / 100g çinko, 6.48 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g kadmiyum, 63.22 – 115.38 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g kurşun ve 41.9 – 56.1 x 10<sup>-3</sup> mg / 100g selenyum aralıklarında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Meyve, Sebze, Mineral, Eser Element, Mikrodalga Çözünürleştirme Tekniği, Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

**ABSTRACT**  
**DETERMINATION OF TRACE ELEMENTS AND MINERALS IN SOME**  
**FRUITS AND VEGETABLE TISSUES WHICH USED AT TREATMENT**  
**DISEASES**

In recent years there has been a growing interest in some trace element concentrations in the environment, the research on the role of these elements in various metabolic processes and their impact on human health due to environmental pollution.

The elements are present at varying concentrations in different parts of the plants, especially in roots, seeds and leaves. The elemental composition of the fruits, fruit tissues and vegetables is very important because some of these elements are vital for normal growth and maintaining good health. Daily consumption of fresh fruits and vegetables is recommended to help prevent major non – communicable diseases such as cardiovascular diseases and certain cancers. Therefore, updating the mineral and trace element contents of fruit and vegetable foods are important.

Mineral and trace elements can also produce toxic effects when they intake in high concentrations and in low concentration also encountered some problems. For example, abundant in nature Fe, an excess in its concentration cause vomiting, diarrhea and damage of the intestine, also iron deficiency results in anemia, which ranges from a fall in plasma ferritin with no functional impairment to severe iron deficiency characterized by small red blood cells with low hemoglobin concentrations.

An important link in the transfer of trace elements from soil to man are plants. The mineral and trace element contents of plants are known to be affected by the cultivar of plant, genetic factors, geochemical characteristic of soil, ability of plants to selectively accumulate some of these elements, weather conditions during the growing, use of fertilizers and the state of the plants maturity at harvest.

In the present study we have selected as fruits, Apple, Cherry, Pear, Pomegranate, Quince, Strawberry and Walnut, as vegetable, Basil and Mint for the analysis because of their medicinal importance, as folk medicine. The fruits and

vegetables are still used in Malatya particularly for their treatment of some diseases. For example, It is believed that eating quince is good for maintaining the optimum health of an individual, consumption of quince has been found to be beneficial for people suffering from gastric ulcer. The presence of potassium in quince helps in the lowering of high blood pressure.

In this objective, the contents of two mineral elements were analysed: potassium (K), magnesium (Mg), and five trace elements: copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), selenium (Se) and zinc (Zn), as well as three toxic elements: aluminium (Al), cadmium (Cd) and lead (Pb) from samples of seven fruits, fruit tissues (e.g. leaves, seeds) and two vegetables. Samples for determination were dissolved with the use of microwave digestion. The analytical characteristics of the proposed method, the accuracy and precision were tested and verified by a certified reference material (NIST – SRM 1515, Apple Leaves). The concentration of minerals and trace elements were determined by means of the Flame – AAS, Flame – AES and GF – AAS methods.

The contents of trace metals in the fruit and fruit tissue samples were found in the ranges: 1.45 – 92.83 mg / 100g for aluminum, 0.11 – 1.84 mg / 100g for copper, 0.30 – 61.54 mg / 100g for iron, 114 – 4658.33 mg / 100g for potassium, 11.03 – 637.79 mg / 100g for magnesium, 0.034 – 10.97 mg / 100g for manganese, 0.17 – 6.26 mg / 100g for zinc,  $0.10 - 4.21 \times 10^{-3}$  mg / 100g for cadmium,  $8.91 - 351.55 \times 10^{-3}$  mg / 100g for lead and  $0.55 - 45.45 \times 10^{-3}$  mg / 100g for selenium. Also vegetable samples were found in the ranges: 12.80 – 19.16 mg / 100g for aluminum, 0.34 – 1.03 mg / 100g for copper, 29.91 – 30.00 mg / 100g for iron, 2791.67 – 4754.17 mg / 100g for potassium, 508.33 – 600.69 mg / 100g for magnesium, 5.07 – 5.67 mg / 100g for manganese, 2.59 – 4.48 mg / 100g for zinc,  $6.48 \times 10^{-3}$  mg / 100g for cadmium,  $63.22 - 115.38 \times 10^{-3}$  mg / 100g for lead and  $41.9 - 56.1 \times 10^{-3}$  mg / 100g for selenium.

**Key Words :** Fruits, Vegetables, Mineral, Trace Element, Microwave Digestion Technique, Atomic Absorption Spectrophotometer.



## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
TABLOLAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. HASTALIK TEDAVİSİNDE KULLANILAN MEYVE VE SEBZELER.....	4
2.1.1. Armut.....	4
2.1.2. Ayva.....	6
2.1.3. Ceviz.....	8
2.1.4. Çilek.....	10
2.1.5. Elma.....	11
2.1.6. Kiraz.....	13
2.1.7. Nar.....	14
2.1.8. Nane.....	16
2.1.9. Reyhan (Fesleğen).....	18
2.2. MİNERAL VE ESER ELEMENTLER.....	19
2.2.1. Alüminyum (Al).....	22
2.2.2. Bakır (Cu).....	23
2.2.3. Çinko (Zn).....	25
2.2.4. Demir (Fe).....	26
2.2.5. Kadmiyum (Cd).....	28
2.2.6. Kurşun (Pb).....	29
2.2.7. Magnezyum (Mg).....	30
2.2.8. Mangan (Mn).....	32
2.2.9. Potasyum (K).....	33

2.2.10. Selenyum (Se) .....	35
2.3. MİNERAL VE ESER ELEMENTLERİN GÜNLÜK ALIM DEĞERLERİ..	37
2.4. ÖRNEKLERİN ANALİZE HAZIRLANMASI.....	39
2.4.1. Örnek Alınması.....	39
2.4.2. Ön Hazırlıklar.....	39
2.4.3. Örnek Çözünürleştirme Yöntemleri.....	40
2.4.3.1. Klasik Çözünürleştirme Yöntemleri.....	40
2.4.3.1.1. Kuru Yakma ile Çözünürleştirme.....	40
2.4.3.1.2. Yaş Yakma ile Çözünürleştirme.....	42
2.4.3.2. Mikrodalga ile Çözünürleştirme.....	44
2.4.3.2.1. Mikrodalga Enerjinin Tanımı ve Oluşumu.....	45
2.4.3.2.2. Mikrodalga ve Klasik Çözünürleştirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	45
2.4.3.2.3. Mikrodalga Çözünürleştirme Yönteminin Avantajları.....	48
2.5. ATOMİK SPEKTROSKOPİ.....	49
2.5.1. Teori ve Temel Prensipler.....	49
2.5.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi.....	51
2.5.2.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin Kısımları ve Fonksiyonları...54	
2.5.2.1.1. Işın Kaynakları.....	55
2.5.2.1.1.1. Oyuk Katot Lambaları.....	55
2.5.2.1.1.2. Elektrotsuz Boşalım Lambaları.....	57
2.5.2.1.1.3. Yüksek Işımalı Lambalar.....	58
2.5.2.1.1.4. Buhar Boşalım Lambaları.....	58
2.5.2.1.1.5. Alev.....	59
2.5.2.1.1.6. Sürekli Işık Kaynakları.....	59
2.5.2.1.2. Atomlaştırıcılar.....	59
2.5.2.1.2.1. Alevli Atomlaştırıcılar.....	60
2.5.2.1.2.1.a. Turbülent (Ön – karıştırmasız) Yakıcılar.....	62
2.5.2.1.2.1.b. Laminer (Ön – karıştırmalı) Yakıcılar.....	62
2.5.2.1.2.2. Alevsiz Atomlaştırıcılar.....	63
2.5.2.1.3. Dalga Boyu Seçici (Monokromatör).....	67
2.5.2.1.4. Elektronik Sinyallerini Alan Kısım (Fotodedektör).....	68
2.5.2.1.5. Elektronik Yükselteç ve Okuma Sistemi.....	68

2.5.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopide Girişimler.....	69
2.5.2.2.1. Kimyasal Girişimler.....	70
2.5.2.2.2. Fiziksel Girişimler.....	71
2.5.2.2.3. Spektral Girişimler.....	72
2.5.2.2.3.1. Sürekli Işın Kaynağı ile Düzeltme Yöntemi.....	73
2.5.2.2.3.2. Smith – Hieftje Metodu.....	73
2.5.2.2.3.3. Zeeman Etkisine Dayanan Zemin Düzeltme Yöntemi.....	74
2.5.2.2.3.4. Çizgi – Çizgi Düzeltme Yöntemi.....	77
2.5.2.2.4. İyonlaşma Girişimleri.....	77
2.5.2.2.5. Zemin Girişimleri.....	78
2.5.3. Atomik Emisyon Spektroskopisi.....	79
2.5.3.1. Alevli Emisyon Spektroskopisi.....	79
2.5.3.1.1. Alevli Emisyon Spektrofotometresinin Kısımları ve Fonksiyonları.....	80
2.5.3.1.1.a. Yakıcı (Alev).....	80
2.5.3.1.1.b. Aynalar.....	81
2.5.3.1.1.c. Yarıklar.....	81
2.5.3.1.1.d. Monokromatör.....	81
2.5.3.1.1.e. Dedektörler.....	81
2.5.3.1.2. Girişimler.....	81
2.5.4. Atomik Spektroskopik Yöntemlerle Tayin Edilebilen Elementler.....	82
2.5.5. Atomik Spektroskopi Tekniklerinde Kullanılan Tanımlar.....	85
2.5.5.1. Analitik Duyarlık (Sensitivite).....	85
2.5.5.2. Optimum Konsantrasyon Aralığı.....	85
2.5.5.3. Dedeksiyon Limiti.....	85
2.5.5.4. Doğruluk ve Kesinlik.....	86
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	89
3.1. MATERYAL.....	89
3.1.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Aletler.....	89
3.1.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Diğer Yardımcı Aletler.....	91
3.1.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	91
3.2. YÖNTEM.....	92
3.2.1. Çözünürleştirme İşlemleri.....	92

3.2.1.1. Yaş Yakma Metodu ile Çözünürleştirme.....	93
3.2.1.2. Kuru Yakma Metodu ile Çözünürleştirme.....	94
3.2.1.3. Mikrodalga ile Çözünürleştirme Yöntemi.....	95
4. SONUÇLAR.....	106
5. TARTIŞMA.....	111
KAYNAKLAR.....	119
ÖZGEÇMİŞ.....	128

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b>AAS</b>	: Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
<b>ABS</b>	: Absorbans
<b>GF – AAS</b>	: Grafit Fırın - Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi
<b>HCL</b>	: Hallow Cathode Lamp
<b>RDA</b>	: Recommended Dietray Allowance
<b>SRM</b>	: Standart Referans Madde

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. AAS kısımları.....	55
Şekil 2.2. Oyuk Katot Lambası.....	56
Şekil 2.3. Atomlaşma Sırasında Oluşan Süreçler.....	60
Şekil 2.4. Smith – Hieftje Zemin Düzeltme Temel Prensibi.....	74
Şekil 2.5. Manyetik Alan İçerisinde Kalan Enerji Seviyelerinin Yarılması.....	75
Şekil 2.6. Zeeman Etkisi, $\pi$ ve $\sigma$ Absorpsiyonları.....	75
Şekil 2.7. Işın Kaynağına Manyetik Alan Etkisi.....	76
Şekil 2.8. Atomlaştırıcıya Manyetik Alan Etkisi.....	76
Şekil 3.1. Yaş Yakma Metodu ile Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	93
Şekil 3.2. Kuru Yakma Metodu ile Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	94
Şekil 3.3.a. Tea Leaves Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	95
Şekil 3.3.b. Grass Metodu Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	96
Şekil 3.3.c. Bekletmesiz Metot Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	96
Şekil 3.3.d. Bekletmeli Metot Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemi Akış Şeması.....	97
Şekil 3.4. Al; Kalibrasyon Grafiği.....	99
Şekil 3.5. Cd; Kalibrasyon Grafiği.....	99
Şekil 3.6. Cu; Kalibrasyon Grafiği.....	100
Şekil 3.7. Fe; Kalibrasyon Grafiği.....	100
Şekil 3.8. K; Kalibrasyon Grafiği.....	101
Şekil 3.9. Mg; Kalibrasyon Grafiği.....	101
Şekil 3.10. Mn; Kalibrasyon Grafiği.....	102
Şekil 3.11. Pb; Kalibrasyon Grafiği.....	102
Şekil 3.12. Se; Kalibrasyon Grafiği.....	103
Şekil 3.13. Zn; Kalibrasyon Grafiği.....	103

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. İnsan Vücudunun Mineral İçeriği.....	20
Tablo 2.2. Eser Element ve Minerallerin Günlük Alım Değerleri (RDA).....	38
Tablo 2.3. Atomik Spektroskopi Metotlarının Sınıflandırılması.....	50
Tablo 2.4. Çok Elementli Oyuk Katot Lamba Çeşitleri.....	57
Tablo 2.5. Çeşitli Alevlerin Sıcaklıkları ve Gaz Karışımları.....	62
Tablo 2.6. Grafit Fırınla Kül Etme Sıcaklıkları.....	65
Tablo 2.7. Atomik Spektroskopik Yöntemlerle Tayin Edilebilen Elementler ve Ölçüm Yapılan Dalga Boyları.....	83
Tablo 2.8. Bazı Elementler için Atomik Spektroskopi Metotlarıyla Gözlenebilme Sınırları.....	84
Tablo 3.1. Analiz için Alınan Meyve ve Sebze Örnekleri.....	89
Tablo 3.2. Element Analizlerinde Enstrümantal Analitik Koşullar.....	90
Tablo 3.3. Element Analizlerinde Enstrümantal Analitik Koşullar (GF – AAS)....	91
Tablo 3.4. Uygulanan Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemleri Parametreleri....	98
Tablo 3.5. Mikrodalga Çözünürleştirme Yöntemleri ve % Verim .....	98
Tablo 3.6. Çözünürleştirme Yöntemleri ve % Verim Değerleri.....	104
Tablo 4.1. Standart Referans Maddelerin Analiz Sonuçları .....	108
Tablo 4.2. Meyve ve Sebze Örneklerinin Eser Element ve Mineral İçerikleri....	109

## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnsan hayatı ile birlikte var olan tıbbi tedavinin temeli tabiatta bulunan bitkiler ve maddeler olmuştur. İnsanlar deneme – yanılma yöntemi ile bazı bitki ürünlerinin çeşitli hastalıklarda faydalı olduğunu fark etmiş ve bunlar yıllar boyunca halk arasında çeşitli şekillerde uygulanmış, halen de uygulanmaktadır (1).

Gıda olarak tükettiğimiz meyve ve sebzelerin ve bunların tüketmediğimiz diğer organları (tohum, kök, yaprak v.b) nın tedavi amaçlı kullanıldığı yazılı ve sözlü kaynaklardan görülmektedir.

Bilindiği gibi bitki florası çeşitli meyvelerce zengindir. İnsanlar genellikle meyvelerden gıda olarak yararlanmış ve bu amaçla meyvelerden reçel, meyve suyu, şireler, hoşaf ve pekmez hazırlanmıştır. Ayrıca çoğu meyvenin hazırlanış tipine göre halk arasında tedavi amaçlı da kullanılmıştır. Halkın uzun yıllar boyu yaptığı tecrübeler sonucunda belirlenmiştir ki bazen meyve ağaçlarının meyveleri dışındaki diğer kısımları da ( yaprakları, çiçekleri, kabuk ve kökleri) ilaç gibi kullanılmıştır. Mesela, ayvanın yaprağı, narın kabuğu vb. gibi bu amaçla kullanılmaktadır. Ayvanın meyveleri kalbe kuvvet verir ve rahatlatır. İshali keser, ince bağırsak iltihabını giderir. Tereyağında pişirilmesi ile hazırlanan preparatın nefes yolları hastalığında, kronik bronşitte aynı zamanda verem hastalığında yenilmesi tavsiye edilir. Meyvelerden hazırlanan reçel kalp zayıflığında kuvvet verici olarak ve sindirim sisteminin iyileşmesinde çok faydalıdır. Kurutulan yaprakların çayı demlenerek uykusuzluk ve sinirlilik hallerinde sakinleştirici ilaç gibi içilir. Tohumları, ılık suda demlenerek balgam getirici ve göğüs yumuşatıcı ilaç gibi kullanılır (2).

Son yıllarda çalışmalarda çeşitli biyolojik materyallerde bulunan eser element ve minerallerin tayini özellikle iki nedenden dolayı önem kazanmıştır. Bunlardan birincisi, metabolik proseslerdeki rolleri ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri, ikincisi ise artan çevre kirliliği ile birlikte toksititeye neden olan elementlerin olumsuz etkileridir. Çalışmalar ilerledikçe çeşitli hastalıkları tedavi amaçlı kullanılan meyve, sebze ve tıbbi bitkilerin daha çok gıda amaçlı tükettiğimiz kısımlarının eser



element ve mineral konsantrasyonları merak edilmiş ve bu konuda araştırmalar yapılmıştır. Fakat meyvelerin halk arasında tedavi amaçlı kullanılan yaprak, kök, sap... vb. gibi dokuları üzerine çalışmalar yapılmamıştır. Yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bulgulardan hem beslenme hem de tedavi amaçlı kullanılan eser elementlerin bitkilerin özellikle kök, gövde ve yaprakları gibi farklı bölgelerinde değişik konsantrasyonlarda bulduklarını göstermiştir.

Meyve ve sebzelerin ve bunların dokularının elementel kompozisyonu normal gelişim ve sağlık için çok önemlidir.

İnsan vücudunun temel yapıtaşları su, protein, yağ ve organik bileşenlerdir. Sağlıklı bir beslenme için bu bileşenlerin belli bir oran ve denge içerisinde çeşitli gıdalarla alınması gereklidir. Besin öğeleri içerisinde mineral ve eser elementler de vücudumuz için vazgeçilemez öneme sahip beslenme faktörleridir. İnsan vücudunun kuru ağırlık olarak, % 95 – 96 sını organik (C, O, H ve N), % 4- 5'ini inorganik maddeler (mineral ve eser elementler) oluşturur (3).

Mineral maddelerin vücuttaki işlevleri ya doğrudan sisteme katılarak neden oldukları tepkimelerle ortaya çıkmakta, ya da hormon ve enzimlerin yapısında yer alarak dolaylı etkileri görölmektedir. Çeşitli yollarla vücuda alınan elementler konsantrasyonlarına göre, makro elementler ve eser elementler olarak sınıflandırılırlar.

Sağlıklı bir vücuda sahip olmak için her mineral ve eser elementin yeterli miktarda alınması gerekir. şayet yeterli düzeyde alınmazlarsa mineral ve eser elementin eksikliğine bağlı yetmezlik belirtileri (semptomları) ortaya çıkar, tersine, vücut için gerekenden fazla alındıklarında da zehirlenmelere ve hastalıklara yol açar (4). Örneğin, yer yüzünde en çok bulunan demir, Fe, aşırı miktarda alındığında kusma, ishal ve bağırsak bozukluklarına neden olur (5). Düşük miktarlarda alındığında ise kemiklerde kırılma ve anemi gibi sorunlar ortaya çıkar. Minerallerin türüne göre günlük gereksinimleri ise  $\mu\text{g}$  / gün ve g / gün olarak verilmektedir. Meyve ve sebzelerin kanser, kalp damar rahatsızlığı gibi bulaşıcı

olmayan hastalıkların tedavisinde yardımcı olması için günlük tüketilmesi ( >400 g/gün) önerilir. Buna göre, günlük gerekli ve toksititeye yol açan mineral düzeylerinin tespiti oldukça önemlidir (6).

Hastalık tedavi edici meyve sebzelerin Malatya da da halk arasında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Yaptığımız etüt çalışmasına göre, özellikle çevrede bol yetiştirilen meyve olarak, armut, ayva, ceviz, çilek, elma, kiraz ve nar, sebze olarak da nane ve reyhanın halk arasında tedavide çok kullanıldığı görüldüğünden çalışmamızın esasını teşkil eden materyaller olarak seçilmiştir.

Toplanan bu meyve, sebze ve bunların dokuları çözelti ortamına alındıktan sonra alevli AAS ile Al, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn içerikleri, alevli – emisyon AAS ile K, grafit fırın AAS ile Cd, Pb, Se içerikleri tayin edilmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. HASTALIK TEDAVİSİNDE KULLANILAN MEYVE VE SEBZELER

Meyve ve sebzeler, vitaminler ve mineral maddeler açısından çok zengindirler ve vitamin ve mineral ihtiyacımızı karşılamamızın en iyi kaynağıdır. Bu bakımdan insan sağlığı ve beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadırlar.

Meyvelerin insan sağlığı ve beslenmesi üzerine etkileri beş grupta incelenmektedir.

1. Yüksek düzeyde kalori sağlamaktadırlar,
2. Tuz (mineral) ihtiva etmektedirler,
3. Vitaminlerce zengindirler,
4. Görünüşleri ile iştah üzerine olumlu etkiler yapmaktadırlar,
5. İçerdikleri lifler bakımından önemlidir (1).

Bilindiği gibi bitki florası çeşitli meyvelerce zengindir. İnsanlar genellikle meyvelerden gıda olarak yararlanmaktadır. Bu amaçla meyvelerden reçel, meyve suyu, şireler, hoşaf ve pekmez hazırlanır. Ayrıca çoğu meyvenin hazırlanış tipine göre halk arasında tedavi amaçlı da kullanılır (2).

Hastalıkların tedavisinde kullanılan çeşitli meyve ve sebzeler için açıklayıcı bilgiler aşağıda anlatılmıştır.

#### 2.1.1. Armut

**Latince Adı:** *Pyrus communis* L.

**Familyası:** Rosaceae.

**Bulunduğu Yerler:** Bütün Anadolu da yetişmektedir.

**Kullanılan Kısımları:** Meyve, tohum ve yapraklarıdır.

**Kimyasal Yapısı:** İÇerdiği % 15 – 18 oranında kuru maddenin önemli bir kısmını şeker oluşturur. % 4.2 oranında pektin, % 2.4 oranında organik asit bulunmaktadır. Meyvede külün büyük bir kısmını potasyum oluştururken, bunu kalsiyum, magnezyum, kükürt ve demir izlemektedir. Dolayısıyla, insan beslenmesinde armut, baz olarak etki yapar. Bol miktarda B1, C ve A vitamini bulunmaktadır. Oldukça fazla bakır içermektedir.

### **Faydaları;**

Armut; ağız içi yaralarına, uykusuzluğa, ishale karşı iyi gelir. İÇerdiği çok miktarda lif ve kum (taş hücresi) topakları nedeniyle peklik çeken kişiler armut yerse rahatlarlar. Hamile kadınların mide bulantısını geçirir. Sinirleri yatıştırır. Yemek üzerine yenen armut hazmı kolaylaştırmakta, sindirimi hızlandırmaktadır. Mide rahatsızlığına ve diyabet hastalarına iyi gelmektedir. Armut içerdığı fosfor ve B vitaminiyle zihinsel yorgunluğu giderir, vereme, grip ve nezleye iyi gelmekte, kalbe ferahlık vermekte, çarpıntıyı kesmekte, sıtmaya karşı faydalı olmaktadır. Armut kürü kanı temizler, yüksek tansiyonu düşürür, kandaki fazla asit, tuz ve zararlı maddeleri dışarı atar. Böbreklerin düzenli çalışmasını sağlar, idrarı kolaylaştırır, böbrek kum ve taşlarının dökülmesine yardım eder. Kanı temizler, bütün salgı bezlerinin normal çalışmasını sağlar. Kansızlığı giderir, kabızlığı önler. Susuzluğu keser. Tükürük ifrazatını artırır. Hazımsızlığı giderir. Mafsal kireçlenmesi, nikris ve romatizmada faydalıdır. Midesi zayıf olanların kompostosunu içmeleri tavsiye edilir. Yemeklerden önce yenecek olursa daha faydalı olur. Çözünür lif sayesinde kan kolesterol seviyesini dengeler ve çözünmeyen lif ise bağırsakların düzgün çalışmasını sağlar. İÇerdiği C vitamini ve bakırın antioksidan etkisi olup vücudu serbest radikaller karşı korurlar. Kolon kanseri riskini azaltmaktadır. Aynı zamanda armut hipoalerjenik bir meyve olduğu için rahatlıkla tüketilebilir. Balgam sökücüdür, kilo vermede yardımcıdır ve akciğer kanseri riskini azaltır.

Armut suyu; karaciğer hastalıklarına ve karaciğer zafiyetine iyi gelir. Safrayı söktürür, susuzluğu giderir. İshali keser, armut pekmezi idrar sökücü, böbrekten taş düşürücü, iştah açıcı ve kuvvet verici olarak etkilidir. Suyu pekmez haline gelene kadar kaynatılıp elde edilen şurup , içilirse kan yapar, mideye kuvvet verir, ağızdaki kokuyu giderir.

Armut yaprağı, kurutulup hazırlanan çayı içildiğinde kalp çarpıntısı ve ağrılarına iyi gelir. İç kanamalarda kanı durdurucu özelliği bulunmaktadır.

Armut çekirdekleri, ezilerek suda kaynatılır, aç karnına içildiğinde bağırsak kurtlarını döker. Dövülmüşü veya dövülmüşünün suyu göğüs ve ciğer ağrılarına faydalıdır (1,7,8,11,12,13).

### 2.1.2 Ayva

**Latince Adı :** *Cydonia vulgaris*

**Familyası:** Rosaceae

**Bulunduğu Yerler:** Başta Batı Anadolu olmak üzere memleketin her tarafında yetişir.

**Kullanılan Kısımları:** Olgunlaşan çiçek, meyve, tohum ve yapraklarıdır.

**Kimyasal Yapısı:** Meyvelerinde pektin, tanen, şeker(glikoz, sakaroz), meyve asitleri, eterik yağ, A ve C vitamini ve mineral tuzlar bol miktarda bulunmaktadır. Tohumlarında (çekirdeklerinde) ise % 14 - 18 oranında tutkal maddeler, % 16 – 20 oranında yağ, tanen, renkli maddeler, % 1 – 2 oranında katran ve çok miktarda protein bulunmaktadır.

### **Faydaları;**

Ayvanın meyveleri; kalbe kuvvet verir ve rahatlatır. Çiğ olarak yenildiğinde peklik verir. Kalpteki sıkıntıyı ve çarpıntıyı, ağız kokusunu, hazımsızlığı, ince bağırsak iltihabını giderir, ishali keser. Vücudun gelişmesine yardım eder. Damar sertliğine, karaciğer tembelliğine iyi gelir, tansiyonu düşürür, safrayı düzene sokar. Tereyağında pişirilip nefes yolları hastalığında, kronik bronşitte aynı zamanda verem hastalığında yenir. Meyvelerden hazırlanan reçel kalp zayıflığında kuvvet verici olarak ve sindirim sisteminin iyileşmesinde çok faydalıdır. İçerdiği vitamin ve minarelerle kalp ve damar hastalıklarından koruduğu, varisi önlediği ve varis tedavisine yardımcı olduğu, cinsel gücü artırdığı bildirilmektedir.yorgunluğu ve bitkinliği giderir. Gece uyurken ağızdan salya gelmesini giderir. Meyve kabukları haşlamasından elde edilen mayı diş etlerinin kuvvetlenmesi için ağız çalkalamakta kullanılır.

Ayva suyu; aşırı adet kanamasını önler, bağırsak kanamalarını keser, dizanteriye karşı çok faydalıdır. İştah açar, böbrek ve idrar torbası iltihaplarını iyileştirir. Mide ülserine iyi gelmektedir.

Ayva çekirdekleri; ezilerek hazırlanan veya ezildikten sonra birkaç gün bekletilerek hazırlanan çayı içildiğinde dil yarası ve boğaz iltihapları iyileşir, ses kısıklığı ve öksürük gider, ağız ve boğaz iltihaplarına ve ciğere çok faydalı gelir. Bu çayın göğsü yumuşatıcı, balgam söktürücü ve soğuk algınlığını giderici etkisi vardır. Ayva çekirdeği suda birkaç gün bekletildikten sonra balla krem yapılır ve yanık üzerine sürülürse iyileştirir, basura sürülürse şifalı gelir.

Ayva yaprağı; kaynatılıp içilirse ishali keser. Ayva yaprağı kaynatılır, suyu ile gargara yapıp, pişmiş yaprakları ile de lapa yapıp boğaza konursa boğaz ağrısını ve şişliğini giderir. Ayva yaprağı uykusuzluk ve sinirlilik hallerini teskin edici, ishallerde kabız yapıcı olarak kullanılır. Öksürüğü kesmede yararlı olur. Ateşi düşürür (1,7,8,9,10).

### 2.1.3. Ceviz

**Latince Adı:** *Juglans regia* L.

**Familyası:** Juglandaceae.

**Bulunduğu Yerler:** Bütün Anadolu'da yetişmektedir.

**Kullanılan Kısımları:** Yaprakları, meyveleri, meyvelerinden elde edilen yağı, yeşil dış kabuğu ve kıkırdak dokusudur.

**Kimyasal Yapısı:** Bol miktarda A, B1, B2, C, E ve K vitamini bulunmaktadır. Yaprakları ve yeşil dış kabuğu tanen, uçucu yağ, acı lezzetli bir boyar madde ( $\alpha$ - ve  $\beta$ - hidroyuglon), flavonoidler, sepi maddeler, provitamin A ihtiva eder. Meyvesi glikoz, sakaroz, dekstrin, nişasta, pentozan maddelerini içermektedir. Taze meyvede % 5 – 6 oranında C vitamini, yüksek oranda mineral maddeler, protein ve Omega 3 ve Omega 6 doymamış yağ asitlerini içermektedir(AHA-1). Cevizin yeşil sargısı; Vitamin C, sepi maddeler,  $\alpha$ - ve  $\beta$ - hidroyuglon, inozid, meyve asitleri vs. ihtiva eder.

#### **Faydaları;**

Ceviz, kandaki zararlı kolesterolün birikmesini önler, yüksek kolesterolü düşürür, damar tıkanıklığı ve şeker hastalığı tedavisinde kullanılmaktadır. Yapısındaki E vitamini, lif ve doymamış yağlar kalbi korumakta, flavonlar kalp damarlarını açıcı ve rahatlatıcı özellik taşımaktadır. Sindirim sistemi bozukluğu, mide ve bağırsak rahatsızlıkları, dış eti çekilmesi hastalığının tedavisinde ve vitamin eksikliği tedavisinde kullanılır. Bağırsak kurdu ve solucanını düşürür, böbrek zafiyetini giderir, kadınların beyaz akıntısı, vajen iltihabı, boğaz apsesi, bademcik iltihabı, deri çıbanları, deri döküntüleri, mide ve bağırsak nezlesi üzerine çok şifalı olmaktadır. El ayak titremesini giderir, sedef hastalığına, grip ve nezleye iyi gelir, öksürüğü ve ishali keser, çocukların gelişmesini hızlandırmaktadır. Öğütülüp vücuda

sürüldüğünde uyuzdan kurtulunur. Vebaya iyi gelir. Zayıf vücudu kuvvetlendirir, zindelik katar, yorgunluğu ve bitkinliği giderir, zehirlenmelere ve zehre karşı iyi gelir. Zekayı geliştirmektedir. Prostat kanserinden korur. Kalp sağlığının korunmasına yardımcı olur. Ceviz yenmesi yüksek tansiyonu düşürmekte, romatizmal artritte yangınları büyük ölçüde azaltmaktadır. Kan şekeri düzeyini ayarlar. İçeriğindeki E vitamini sayesinde gamma-tokoferol göğüs, prostat ve akciğer kanserlerini engeller. Rahat uyumayı sağlar.

Yeşil dış kabuklarının suyu çıkartılır, gargara yapılırsa boğaz ağrılarını giderir, buruna çekilirse kanamayı keser, sivilceleri izale eder. Koyu hali saçlara sürülürse saç dökülmesini önler. Rendelenip sirkeyle beraber kaynatılarak saçkıranlı yerlere sürülürse şifalı olur.

Ceviz yağı, tedavide müshil ve safra arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Nasırları yok eder, raşitizme şifalıdır, yüz lekelerinin üzerine sürülüp masaj yapılırsa lekeler yok olur. Kalbi korur.

Ceviz yaprağı, içerdiği başlıca etken madde olan tanen sayesinde, tüm mukoza iltihaplarında, dahili ve gargara olarak kullanıldığında, yıkama suyu olarak yararlanıldığında şifalı olur. İshalde tahriş olan bağırsak mukozası, ağız içi mukozası, boğaz ve gırtlak hastalıkları, diş eti iltihaplarını tedavi için kullanılır. Romatizma hastalıklarına ve beze iltihabına iyi gelir. Rahim kanamasını keser, kepeklenmeyi önler, ağız kokusunu giderir, kan temizleyici ve kuvvet verici olarak kullanılır. Ceviz yaprağından yapılan çay, mideyi kuvvetlendirir, kolesterol seviyesini dengeler, yaraları iyileştirir, raşitizmde ve bağırsak kanamalarında etkilidir. Kansızlığa iyi gelir, ishali ve dizanteriyi keser, egzama, ergenlik sivilceleri, ayak teri ve deri deformasyonları gibi rahatsızlıklarda kullanılmaktadır. Şeker hastalığına iyi gelir, kan şekerini düşürür, sarılıkta şifalıdır. Damarları açar, kalp krizini engeller. Kemik çürümesinde, kemik deformasyonunda, iltihaplı el ve ayak tırnakları hastalıklarına karşı şifalıdır. Ceviz yaprağı, kabızlığa, iştahsızlığa, kan temizlenmesine ve hazımsızlığa karşı yararlıdır. Ceviz meyvesinin içindeki kıkırdak doku, kaynatılıp çay gibi içilirse şeker hastalığına iyi gelir (1,7,8,10,11,14,15).



#### 2.1.4. Çilek

**Latince Adı:** *Fragaria vesca* L.

**Familyası:** Rosaceae.

**Bulunduğu Yerler:** 2000 m. deniz seviyesine kadar her yerde yetişir.

**Kullanılan Kısımları:** Sapları ile birlikte yaprakları, meyveleri ve kökleridir.

**Kimyasal Yapısı:** Yapraklar alkaloid izleri taşır. C vitamini, sepi maddeler, kversetin ve kversitrin flavonoidler, silisyum asidi vs. ihtiva eder. Meyveler, tanen (%10), şeker, pektin, organik asitler, aromatik maddeler, bol miktarda potasyum, provitamin A, B5 ile B6, C ve K vitaminleri içerir. Mükemmel bir folik asit , manganez, magnezyum, omega-3 yağ asiti ve bakır kaynağıdır.

#### **Faydaları;**

Halk tababetinde baş ağrısı, rahim kanamaları, deri sivilceleri, mide ve bağırsak iltihapları, böbrekler, mesane ve safra kesesindeki kum ve taş hastalıklarında kullanılır. Haricen, basurlara lapa halinde konur. Çilek, vücuda kuvvet verir, kolesterolü düşürür ve damar tıkanıklığını önler. Aynı zamanda çok iyi bir antioksidan olan çilek bağışıklık sistemini güçlendirir. Kansere karşı koruyucudur. Enfeksiyonu ilerleten enzimlerin önünü keser. Anti trombosit aktivitesini yükselten güçlü anti - tromboz etkileri vardır. Bedenimize sızmış olan bazı virüsler için öldürücü etkiler taşır. Sindirim sisteminin düzenli çalışmasına çok faydalıdır. Bağırsak kurtlarını döker, idrar söktürür, ishali keser, karında biriken suyu boşaltır ve vücuttaki zararlı maddeleri vücuttan uzaklaştırır. Kanı temizler. Diş etlerini güçlendirir ve ağız kokusunu giderir. Sakinleştirici etkisi ile tansiyonu düşürür ve stresi azaltır. Ateşi düşürür. Romatizma ve karaciğer rahatsızlıklarına iyi gelir. Cildi nemlendirir, tazelik ve güzellik verir. Böbrek ve mesane hastalıklarının iyileşmesine yardımcı olur. Mide ve bağırsak tembelliğini giderir. Sinirleri

kuvvetlendirir. Yüksek tansiyonu düşürür. Safra ifrazatını arttırır ve safra taşlarının dökülmesine yardımcı olur. Hazmı kolaylaştırır, kansızlığa, genel zayıflığın giderilmesinde, vitamin eksikliğinde ve böbrek taşlarının düşürülmesinde çok faydalıdır. Akciğer hastalıklarında kuvvet verici olarak şifalı olmaktadır.

Çilek kökleri, kaynatılıp içilirse ishali keser, bağırsak iltihabına iyi gelir. Kök ve yapraklarının kabız edici, kan temizleyici, iştah açıcı, idrar söktürücü özelliği vardır.

Çilek yaprağı, idrar söktürücü olarak kullanılır. Kaynatılıp günde birkaç kez gargara yapılırsa ağız iltihaplarına iyi gelir. Çiğnenerek ağız kokusu giderilir, ağız içi yaraları tedavi edilir. Kaynatılıp balla tatlandırılarak içilirse kanı temizler. Yaprak haşlamalarının tansiyonu düşürdüğü, kalp genişlemesi (amplitud), rahim kaslarını kuvvetlendirdiği, kılcal (perifer) damarları genişlettiği yapılan deneylerle sabit olmuştur (1,7,10,17,18).

### 2.1.5. Elma

**Latince Adı:** *Malus communis* L.

**Familyası:** Rosaceae.

**Bulunduğu Yerler:** Bütün Anadolu da yetişmektedir.

**Kullanılan Kısımları:** Yaprakları, meyveleri ve çekirdekleridir.

**Kimyasal Yapısı:** Potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum tuzları, organik asitler, bakır, çinko, provitamin A, B1, B2, B5, B9 , C ve E vitaminleri, karbonhidratlar (glikoz, fruktoz vb.) ihtiva eder. Elmada 2 değerlikli demir iyonu bulunur.

### **Faydaları;**

Böbrekleri temizlenmesine yarar, baş ağrısına iyi gelir, bağırsaklardaki parazitlerin dökülmesini sağlar, romatizma ve gut hastalığına iyi gelir. Kandaki asit-baz dengesi üzerine olumlu bir etki yapar. Kronik mide – bağırsak hastalıklarına ve vitamin eksikliğine yararlıdır. Karaciğeri kuvvetlendirir, kan yapar, deniz tutmasına ve kusmaya karşı iyi gelir, ishali keser, kabızlığı giderir, böbreklerdeki kum ve taşların dökülmesine yardım eder, kandaki şeker miktarını düşürür, uçukları geçirir, göz ve kulak ağrılarını şifalıdır. Ekşi elma bal ile kaynatılıp şurup halinde içilirse kalp çarpıntısını keser, ateşi düşürür, harareti keser, susuzluğu giderir, kalbin ve midenin kuvvetlenmesini sağlar, mide zafiyetine iyi gelir, hazmı kolaylaştırır, nefes darlığına karşı faydalıdır. Sinirleri ve adaleleri kuvvetlendirir, bedeni ve zihni yorgunluğu giderir, zihin açıcıdır, uyku vericidir. Vücutta biriken zararlı maddelerin ve tuzların dışarı atılmasına yardımcı olur. Sivilce ve egzamaları yok eder, böbrekleri çalıştırır. İçerdiği A vitamini nedeniyle gözleri kuvvetlendirir. Zengin lif içeriği kalın bağırsak faaliyetlerine yardımcı olmanın yanında kalp hastalıklarında, kilo vermede ve kolesterolün kontrolünde etkilidir. Elmadaki pektin maddesi, zararlı kolesterolü (LDL) düşürür; atardamarları koruyan faydalı kolesterolü (HDL) yükseltir. Elmanın içeriğindeki bazı kimyasallar Parkinsonizm ve Alzheimer gibi beyin hastalıkları konusunda da koruyucudur. Çünkü taze elmada bulunan bazı antioksidanlar, beyin hücrelerini oksidatif stresten kaynaklanan nörotoksiditen korumaktadır. İçerdiği malik asit nedeniyle mikropları öldürür. İçerdiği sıvı jel halindeki pektin adlı madde ile elma asitlerinin antivirüs özellikleri diyareye de iyi gelmektedir. Elma, bedenin hastalıklara karşı direncini de artırmaktadır.

Elma çekirdekleri, ezilip aç karnına yenilirse bağırsak kurtlarını döker, kaynatılıp balla tatlandırılarak gargara yapılırsa ve çayından içilirse bronşit, nezle ve anjine iyi gelir.

Elma yaprakları, kaynatılıp balla karıştırılarak içilirse zehirlenmeye iyi gelir. Öz suyu zehir içmiş veya akrep, yılan gibi zehirli hayvan sokan insanlara içilirse şifalı gelir.

Elma kr sarılıĝa iyi gelmekte, karaciĝeri güçlendirmektedir.

Bilim adamları, düzenli yenilmesi halinde kalp ve damar hastalıkları azaltan bu meyvenin içindeki yararlı maddelerin daha çok kabuklarında bulunduĝunu bildirmektedirler (1,7,8,16).

### 2.1.6. Kiraz

**Latince Adı:** *Prunus avium* L.

**Familyası:** Rosaceae.

**Bulunduĝu Yerler:** Bütün Anadolu'da yetişmektedir.

**Kullanılan Kısımları:** Meyve saptarı, meyvesi, kabuĝu, zamkı ve iekleridir.

**Kimyasal Yapısı:** Potasyum tuzları ve tanen taşımaktadır. Meyvesinde, karbonhidratlar, pektin maddeleri, organik asitler, B2, C ve A vitamini bulunmaktadır.

Kiraz meyvesi aĝrıların dindirilmesinde oldukça etkilidir. Kirazda 12 – 25 mg arasında antosiyanin bulunmakta ve bu maddenin aĝrı kesici etkisinin aspirinden on kat daha fazla olduĝu bildirilmektedir. Ayrıca, antosiyanin E ve C vitaminlerine benzer antioksidan etkiler yapmaktadır.

#### **Faydaları;**

Mide, baĝırsak ve idrar yolları hastalıklarına iyi gelir. Bedendeki rik asit düzeyini düşürerek gut hastalarına yararlı olur. Diş çürümelerini engelleyen bazı maddeleri içerir. Kanı sulandırır ve temizler. Karaciĝer ve safrayı temizler.

Böbreklerde biriken zararlı maddelerin atılmasına yardımcı olur, kabızlığı giderir, hazmı kolaylaştırır. Aç karnına yenen kiraz zayıflatır. Midedeki yara, iltihap ve çıbanları temizler. Böbrek ve mesane yollarını kumlardan temizler, karaciğer şişliğine iyi gelir, safra akışını normale döndürür, sinirleri kuvvetlendirir. Stresi yok eder, susuzluğu giderir, nikris, romatizma, damar sertliği ve mafsallara kireçlenmesine faydalıdır. Ekşi kiraz, içeriğindeki antosiyaninlerin ve fitokimyasallar sayesinde kolon kanserinde hücre büyümesini engeller. Baş ağrılarına iyi gelir. Kalp rahatsızlıklarına iyi gelir.

Kiraz sapı, suda kaynatılıp içilirse kuvvetli idrar söktürür, böbrek iltihaplarına şifalı gelir. Ürik asit ve ürat tuzlarının vücuttan atılmasına yardımcı olduğu için romatizma ve gut hastalıkları, eklem kireçlenmesi ve damar sertliğinin tedavisinde kullanılabilir. Kan ve idrar yolları temizler, safra akımını sağlar, bağırsak düzenleyici etki gösterir. Kiraz sapı çayı vücuttaki ödemlerin atılmasında da oldukça etkilidir. İçerdiği mineral ve öteki maddelerle bedenin su dengesini düzenler ve pekliliği (kabızlığı) giderir.

Kiraz çekirdekleri, göğüs yumuşatıcı ve öksürük giderici olarak kullanılır.

Kiraz zıkkı, öksürük kesici ve barsak iltihaplarını iyi edici olarak şaraptaki çözültisi kullanılır.

Kiraz ağacı kabuğu, kabız ve ateş düşürücü olarak kullanılır. İshali keser.

Kiraz çiçekleri, göğsü yumuşatır, öksürüğü ve nezleyi geçirir, vereme iyi gelir (1,7,8,11).

### 2.1.7. Nar

**Latince Adı:** *Punica granatum* L.

**Familyası:** Punicaceae.

**Bulunduğu Yerler:** Memleketin sıcak bđlgelerinde, Batı, Gđneydođu Anadolu, Akdeniz ve Karadeniz bđlgelerinde yetiştirilir.

**Kullanılan Kısımları:** Olgun kuru meyve, gđvde, dal ve kđk kabukları, ve tohumlarıdır.

**Kimyasal Yapısı:** Nar meyvesinin % 15'i karbonhidrat, % 0.8'i protein, % 12 kadar tanen olup, B1, B2 ve C vitaminleri, kalsiyum, fosfor, potasyum ve demirce zengindir. Gđvde, dal ve kđk kabukları % 20 tanen, nişasta, mannit, reğineli maddeler, asitler, punicin ve alkaloidler (pelletierin vd. ) taşır. Meyve kabuğu tanen ve triterpenler bakımından zengindir. Çok dđřđk bir oranda alkaloid de taşımaktadır. Ekşi narda yaklaşık % 9 oranında limon asidi bulunmaktadır. Çiçekler punisin ihtiva eder.

### **Faydaları;**

Yaşamı tehdit eden çeşitli bakterileri yok etmede ekilidir. Harareti keser. Enerji verir ve yorgunluğu giderir. Vđcudu, kalbi, mideyi ve diş etlerini kuvvetlendirir. arpıntıyı giderir. Mide iltihabı ve ağız yarası için faydalıdır. Bağışıklık sistemini gđlendirir. Kanseri hđcrelerinin gelişmesine engel olarak, başta cilt ve prostat kanseri olmak üzere, kansere karşı vđcudu korur. Kandaki kolesterol oranını ve tansiyonu dđřđrür. Damar sertliğini önler ve damarları açar. Bu özellikleriyle kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucudur. Kandaki şeker seviyesini de dengeleyerek şeker hastalarına iyi gelir. Cilt sağlığı için de faydalıdır. Nar suyu sesi açar. Tansiyonumuzu olumlu bir şekilde dđzenler. İdrar sđktürücü etkisiyle toksin atımını sağlar, bağışıklık sistemini gđlendirir hastalıklara karşı korur, bağışsak parazitlerinin dđřmanıdır, iyi bakterilerin artmasını sağlar, ishali önler tedavide destek sağlar, cilt enfeksiyonlarında olumlu katkısı vardır. Nar içindeki zarı ile birlikte yenildiğinde mide ülserine iyi gelir. Ekşi nar midenin hararetini önler, safrayı teskin eder, kusmayı önler, harareti giderir.

Nar kabuğu halk tababetinde ishale, diyare, dizanteri, kan tükürme, kan işeme, aşırı adet, mide ve bağırsak iltihapları gibi rahatsızlıklarda kullanılması tavsiye edilir. Haricen diş etleri ve bademcik iltihaplarında gargara olarak kullanılır. Ağız içi yaraları ve dil şişliğine karşı nar suyu kabuğu gargara yapılarak kullanılır. İdrarda kan görüldüğünde, rahim iltihabına karşı ve bağırsak kurtlarını, tenyaları dökmek için kaynatılarak içilirse iyi gelir. Yaralara serpilerek kan kesici olarak kullanılır.

Nar suyu, böbrek ve karaciğer hastalıklarına karşı çok faydalıdır. Yüksek tansiyon hastalığının tedavisinde, kalp ağrılarında, böbrek hastalıklarında, basur hastalığının tedavisinde faydalı olur, şeker hastalığına iyi gelir, harareti keser, susuzluk gidericidir, kalbi kuvvetlendirir, karaciğer zafiyetini giderir, mide iltihabını ve ağrısını geçirir. İdrar söktürücü, sindirimi kolaylaştırıcı ve bedeni güçlendirici etkileri vardır.

Tatlı nar suyu ses kısıklığına ve zatürreeye karşı iyi gelir. Mideye ve ciğerlere kuvvet verir. Ekşi nar şurubu, ishali ve baş ağrısını keser. Ekşi nar suyu iştahı açar.

Nar çiçeği, iltihaplı yaraları temizler ve iyileştirir. Boyun tutulmasında nar çiçeği lapası şifalı olur. Ağızdan kan gelmesi durumunda, kalın bağırsak iltihaplarına karşı, rahim iltihaplarına ve rahim akıntılarına karşı bal ile karıştırılarak yenilir (1,7,19,20).

### **2.1.8. Nane**

**Latince Adı:** *Mentha piperita* L.

**Familyası:** Labitae.

**Bulunduğu Yerler:** Memleketin her tarafında yetiştirilir.

**Kullanılan Kısımları:** Yapraklarıdır.

**Kimyasal Yapısı:** Nane yağı (% 65 kadar mentol, 1-mentol,  $\alpha$ -pinen,  $\beta$ -pinen, 1-limonen, dipenten,  $\alpha$ -felandren, sineal, pulegon, jasmon), karotin, hesperidin, betain, tanenler, acı maddeler, sirke ve izovalerian asidi ihtiva eder.

### **Faydaları;**

Halk tababetinde mide ve bağırsak ağrıları, gaz ve bozuklukları, bronşlu nezle, safra ve karaciğer hastalıkları, baş dönmesi, uykusuzluk, ağızda fena koku, melankoli, sara hastalıklarında kullanılır. Sinirsel kökenli mide bulantılarını kesici, gaz söktürücü ve koku verici olarak kullanılmaktadır. Özellikle çocuklarda görülen karın ağrılarında, şişkinlikte, sancılarda (spazmlarda) ağrı kesici ilaç gibi kullanılır. Bununla birlikte iştah arttırır, nefes darlığına ve mide ekşimesine karşı oldukça etkilidir. Sinirleri yatıştırır ve vücuda rahatlık verir. Strese ve baş ağrısına iyi gelir. Ateşi düşürür, sindirim salgılarını arttırarak mide ve bağırsaklardaki sindirimi kolaylaştırır, bağırsak kurtlarını düşürmeye yardımcı olur, ülser ve mide yanmasına iyi gelir. Grip, bronşit gibi soğuk algınlıklarında ve öksürükte faydalıdır. Anne sütünü arttırır, sinirsel iktidarsızlığa iyi gelir. Nane sindirim sistemi için iyi bir bitkidir. Safra ve mide sekresyonunu uyarır, hazımsızlık ve gaz şikayetlerini hafifletir. Mide bulantısını önler. Antispazmodik özelliği sayesinde mide ağrıları ve gazdan doğan barsak kramplarında etkilidir. Kabızlık ve ishal şikayetlerinde de bu etkisini gösterir. İçerdiği esansiyel yağlar antiseptik ve mantarları öldürücü özellik taşırlar. Bu özelliği gastroenteritlerde etkili olmasının bir başka sebebidir. Birkaç damlası ile bronşitli hastalarda göğüse, farenjitli hastalarda boğaza ve sinüzitli hastalarda sinüslerin üstüne yapılacak masaj etkili olur. Uyarıcı özelliği vardır. Migren, uykusuzluk ve baş dönmelerinde faydalıdır. Bağırsaklardaki kolit yaralarını iyileştirici etkisi vardır. LDL kolesterolünün daha zararlı bir hale dönüşmesini önler. Fenolik foto kimyasalları kanseri önlemede yardımcı olur. Antimikrobiyal etkisi vardır. Kıl kurdunun etkilerini yok etmede önemli bir rolü vardır (1,2,7,10,11,21,22).



### 2.1.9. Reyhan (Fesleğen)

**Latince Adı:** *Ocimum basilicum* L.

**Familyası:** Labitae.

**Bulunduğu Yerler:** Memleketin her tarafında, genellikle güney bölgelerde çok yerleştirilir.

**Kullanılan Kısımları:** Bitkinin toprak üstü kısımlarıdır.

**Kimyasal Yapısı:** Yapısında % 0.2 – 0.4 oranında uçucu yağ (estragol, eugenol, sineol vs.), acı maddeler, vitaminler, flavonoidler, organik asitler, aşı maddeleri, saponin eserleri ve tanenler bulunmaktadır.

#### **Faydaları;**

Halk tababetinde, nefes darlığı, boğmaca, bağırsak gazları, böbrek ve mesane iltihapları ve dizanteride kullanılır. Haricen diş eti ağrılarında, öz suyu orta kulak iltihabında kullanılır. Asabiyetten ileri gelen genel güçsüzlüğe, sindirim bozukluğuna, uykusuzluğa ve migrene karşı etkilidir. Özellikle sindirimi kolaylaştırıcı özelliği sayesinde hazmı kolaylaştırır. Aynı zamanda sinir hastalarına, iyi uyuyamayan çocuklara, baş dönmesi çeken yetişkinlere, bağırsak sorunlarından yakınanlara verilir. Sütü gelmeyen ya da az gelen kadınların süt verimini çoğaltmak için de kullanılır.

Enerji verir, iştah açıcıdır, öksürüğü keser, ağız içindeki yaralara karşı faydalıdır. Arı sokmasında zehrin etkisini azaltır. Cildi rahatlatır. Fesleğen (reyhan) yağı selülit şikayetlerini azaltır. Yatıştırıcı, idrar artırıcı ve gaz söktürücü etkilere sahiptir. Diğer besinlerle alındığında kanın terkiğini iyileştirir, idrar yolları iltihabını ortadan kaldırır. Kalp sağlığı açısından önemlidir. Kırmızı kan hücrelerindeki bir bileşen olan trombositleri daha az yapışkan – kanın pıhtılaşmasını azaltacak bir duruma getirir. Anti bakteriyeldir (1,8,10,11,23,24).

## 2.2. MİNERAL VE ESER ELEMENTLER

İnsan vücudunun temel yapıtaşları; su, protein, yağ ve organik bileşenlerdir. Sağlıklı bir beslenme için, bu bileşenlerin belli bir oran ve denge içerisinde çeşitli gıdalarla alınması gereklidir. Besin öğeleri içerisinde mineral ve eser elementler de vücudumuz için vazgeçilmez temel beslenme faktörleridir. İnsan vücudunun kuru ağırlık olarak, % 95 – 96 sını organik (C, O, H ve N), % 4- 5 ini inorganik maddeler (mineral ve eser elementler) oluşturur (3).

Mineraller; doğal şekilde oluşan, homojen, belirli bir kimyasal bileşime ve kristal öz yapıya sahip, vücudun sağlıklı kalabilmesi için gerekli olan ve vücudumuzun kendi kendine oluşturamadığı inorganik maddelerdir.

Yer kabuğu doğasında 90 çeşit kimyasal element bulunmakta ve bu elementlerden 25 tanesi yaşam için gerekli olup, canlı hücrede yer almaktadır. Gıdalar da bu canlı bitki ve hayvansal kaynaklardan üretildiği için doğal olarak 25 elementin de besinlerde yer alması beklenir (25).

Mineraller, tüm canlılarda olduğu gibi insan doku ve organlarında bulunmaktadır. Mineraller vücuttaki (doku ve organlardaki) düzeylerine ve günlük alınması gerekli olan miktarlarına göre, “makro” ve “mikro” olmak üzere ikiye ayrılırlar. Vücutta yüksek oranda bulunan elementlere makro elementler, az miktarda bulunanlara ise mikro veya eser elementler denir. Eser elementler, insan vücudunda ve besinlerde 100 ppm’den düşük derişimde bulunan elementlerdir. Bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanan makro elementler; sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P) ve kükürt (S)dür. Eser elementler; demir (Fe), bakır (Cu), iyot (İ), kobalt (Co), selenyum (Se), florür (F) ve çinko (Zn)dur. Beslenme değeri henüz tam aydınlatılmamış elementler; alüminyum (Al), bor (B), krom (Cr), nikel (Ni) ve kalay (Sn)dır. Mineraller insan vücudunun çeşitli bölge ve dokularında değişik miktarlarda yer alarak temel işlevlerini yerine getirirler. İnsan vücudunun mineral içeriği Tablo 2.1 de görülmektedir.

Gıdaların mineral içeriği dış etmenlere bağlı olarak değişebilir. Bitkiler için su ve toprağın bileşimi, iklim, coğrafik koşullar vb. yine hayvanlar için, su ve yemin özelliği mineral madde profilini ve miktarını değiştirebilen en önemli faktörlerdir (25).

**Tablo 2.1.** İnsan vücudunun mineral içeriği

<b>Element (g/100g)</b>	<b>İçerik</b>
Kalsiyum	1-2
Fosfor	0,6-1,2
Potasyum	0,2-0,25
Sodyum	0,1-0,15
Klor	0,1-0,12
Magnezyum	0,04-0,05
Demir	7-10
Çinko	2-3
Bakır	0,15-0,25
Manganez	0,015-0,03
İyot	0,01-0,02
Molibden	0,01

Mineraller; hücreler arası sıvının ve kanın su oranını düzenler. Çoğunlukla vitaminlerle birlikte çalışarak vitaminlerin en fazla ihtiyaç duyulan bölgeye iletilmesini sağlarlar. Vitaminler de mineraller için aynı şekilde görev alır. Vitaminlerin ve diğer besin maddelerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlarlar (1,26).

Mineraller;

- vücutta kemik ve kan dokusunun uygun kompozisyonu,
- normal hücre fonksiyonlarının sürdürülmesi,
- zihinsel ve fiziksel gelişim,

- kas ve sinir işlevlerinin devamı,
- sıvı ve elektrolit dengesi,
- enzimler, hormonlar ve vitaminlerin normal fonksiyonu için gereklidir,
- Asit – baz dengesinin denetiminde mineral iyonlarının da görevi vardır.
- Hücrenin korunması, sağlıklı diş, kemik ve cilt yapısı için son derece önemlidir,
- Kan basıncı, kalp ritmi, kas fonksiyonları, üreme ve daha birçok fonksiyonda önemli rol üstlenirler (1,4).

Minerallerin bazıları asit, bazıları da baz oluşturma eğilimindedirler. Bunlar birbirleriyle tuz oluşturarak vücut sıvısının nötr ortamda kalmasına yardımcı olurlar. Asit oluşturan mineraller, S, P, Cl; baz oluşturanlar Na, K, Ca, Mg ve Fe'dir. Vücut, ihtiyaç duyduğu mineralleri yeterli miktarda karşılayamazsa yetersiz beslenme sonucu mineral eksikliği; aldığı mineralleri fazla miktarda kaybetmesi sonucu mineral kaybı oluşur. Mineral maddelerin kaybı veya eksikliğinde insan sağlığı direkt olarak etkilenir. Pek çok hayati fonksiyonun aksamasına ve ciddi sağlık sorunlarına neden olurlar. Vücut için gerekli olduğu halde; belli derişimin üzerinde alındıkları takdirde toksik etki gösteren Se, Zn gibi eser elementler de mevcuttur. Mineraller insan vücudunun çeşitli bölge ve dokularında değişik miktarlarda yer alarak temel işlevlerini yerine getirirler. Ancak bazı mineraller gıda aracılığı ile ya da çevresel etmenlerle vücuda kirlilik olarak alınmaktadır. Pb, Cd gibi mineral maddelerin vücuttaki işlevleri ya doğrudan sisteme katılarak neden oldukları tepkimelerle ortaya çıkmakta yada hormon ve enzimlerin yapısında yer alarak dolaylı etkileri görülmektedir (3,25,26).

İnsanlar için temel olan minerallerin günlük gereksinimi mineral türüne göre genelde birkaç µg/gün ile g/gün arasında değişmektedir. Belli aralıklar içinde gerekli miktarın vücuda alınmaması eksiklik işaretlerinin ortaya çıkmasına sebep olurken, bunun aksine bazı minerallerin önerilen dozların üstünde alınması ise toksititeye yol açmaktadır.

Vücudumuza giren inorganik elementlerin önemi, tek başlarına az veya çok alınması o kadar büyük rol oynamamaktadır. Bunların her birinin görevi bir diğer

elementin görevi ile ilgili olmasıdır. Örneğin, kemik ve dişlerin oluşumunda Ca, P ve F ün aralarında belirli bir ilişki vardır. Bakır demirin kullanılmasını katalizler ve kan oluşumunda kobalt her ikisini de etkiler. Beslenme için önemli olan bazı elementler ve bunların fonksiyonları aşağıda verilmiştir (6,25).

### **2.2.1. Alüminyum (Al)**

Doğada yaygın olarak bulunan, insanların sıklıkla maruz kaldığı temel olmayan toksik bir metaldir. Al; havada, suda, bitkilerde ve gıdalarda bulunur. İnsan vücudu 50 – 150 mg dolularında alüminyum içerir. Daha yüksek miktarlar yaşlılıkta görülebilir. Al, gıdalarla solunum ve deriye temas ile vücuda alınır. Al, suda çözünerek oluşan iyonlarının zararlı etkileri vardır. Doğada çok bulunmasına rağmen, biyolojik fonksiyonları bilinmemektedir.

Beslenme ile alınan Al bağırsaklar tarafından emilir ve kemikler, karaciğer, akciğer, tiroid bezi ve beyinde birikir. Alüminyumun çok az bir kısmı gastrointestinal sistem tarafından absorbe edilir. Büyük bölümü dışkı ile vücuttan atılmaktadır (25,27,28).

Eksikliğinde herhangi bir problem görülmemektedir (29).

#### **Fazlalığı;**

Al fazlalığında, osteomalazi (kemik yumuşaması), mikrositik anemi, bunama, hafıza kaybı, halsizlik ve titreme görülür. Al toksitesinin tam mekanizması bilinmemektedir. Fakat eldeki deliller oksidatif ve inflamatuvar olayları hızlandırarak dokuları parçaladığını göstermektedir. Beyin hücrelerinde birikerek merkezi sinir sistemini parçalar, ansefalopati (beyin hastalığı), Parkinson ve Alzheimer hastalığı görülür (30,31,32).

**Kaynakları;**

Tahıllar, şifalı bitkiler, baharatlar v.b.

**Günlük Alüminyum İhtiyacı;**

Alüminyumun günlük alım değeri 2 - 10 mg arasındadır (33)

**2.2.2. Bakır (Cu)****Görevleri – faydaları;**

Bakır temel mikro besin olarak sayılır. Canlı organizmada çeşitli kimyasal fonksiyonlarda rol oynar. Vücuttaki bakır miktarı 100 – 150 mg düzeyindedir. İnsan vücudu besinlerdeki bakırın ancak % 5 kadarını emebilmektedir (25,34,36).

Cu, insan sağlığı için temel elementtir. Temel element olması, metalloenzim olarak rol oynamasından ve birçok enzimin kofaktörü olması, yani kritik reaksiyonlardaki enzim aktivatörü rolü nedeniyledir. Bu görevini yerine getirebilmesi için eser miktarda olması yeterlidir. Cu, bazı polifenolaz enzimlerin yapısında bulunur. Güçlü bir perooksidanttır. Sıvı yağların ve askorbik asidin oksidasyonunu katalizler. Vücut dokusunun yenilenmesinde ve kemik yapısının sağlamlığının sağlanmasından görevli enzimler için gereklidir. Protein sentezlenmesinde ve enerji üretiminde görev alır. Alyuvarların oluşumuna katkıda bulunur. Çinko ve C vitamini kullanımı ile beyin ve sinir sistemi sağlığı için gereklidir. Deri, saç ve gözlerin pigmentasyonundaki rolü nedeniyle önem taşır. Fizyolojik işlevleri arasında iskelet mineralizasyonu, bağ doku sentezi, miyelin formasyonu, antioksidan koruma, kardiyak işlevinin korunması, kolesterol metabolizması ve bağışıklık metabolizması yer alır. Bakır, demir asimilasyonu ve hemoglobin sentezi için gereklidir.

Karaciğerde depolanır (25,35,36,40).

**Eksikliği;**

Bakırın vücutta yeterli düzeyde bulunmaması 60 – 70 kadar enzimin daha az etkin olmasına neden olur. Yeterince alınmaması durumunda kansızlık görülür. Eksikliği, vücut direncinin azalmasına, güçsüzlük, deride yara ve egzama gibi problemlere yol açar. Ayrıca, saç dökülmesi, iştahsızlık, ishal ve çarpıntı meydana gelebilir. Bağışıklık sistemi zayıflar, kemikler ve dokuların yapısı olumsuz etkilenir. Bakır eksikliği, çinko alımı nedeniyle de gözlenebilir (36,40).

**Fazlalığı;**

Fazla alınan bakır, vücut için toksiktir ve vücuttaki bazı enzimlerin çalışmasını engellemektedir. Cu fazlalığı kanser riskini artırır, depresyon, şizofreni, bunaklık, hipertansiyon gibi ciddi zihinsel ve bedensel rahatsızlıklara yol açar. Aşırı bakır, epigastrik ağrı, bulantı, kusma ve diyare gibi belirtiler verir (25,33,36,40).

**Kaynakları;**

Zeytin, badem, fındık, ceviz, taze ve kuru üzüm, arpa, ekmek, bal, kuzu ciğeri, sarımsak, portakal, pancar, pekmez, brokoli, fasulye ve bezelyedir (25,36).

**Günlük Bakır İhtiyacı;**

Bir kişinin sağlıklı bir şekilde etkinliklerini yerine getirebilmesi için günde 0,2 – 1,3 mg bakır alması gereklidir. Bebeklerde günlük 0,2 – 0,22 mg, çocuklarda 0,34 – 0,44 mg ve yetişkinlerde ortalama 0,9 mg bakır alınması günlük ihtiyacı karşılar. Normal bir diyetle günde ortalama 1,5 – 4 mg Cu alınmaktadır (37).

### 2.2.3. Çinko (Zn)

#### **Görevleri – Faydaları;**

Çinko, enzimatik aktiviteler için gerekli bir eser elementtir (35). Yetişkin insan vücudunda ortalama 2-3 g kadar çinko bulunur. Bunun önemli kısmı karaciğer, kemikler, epitel dokular, pankreas ve böbreklere yerleşmiştir. Kandaki çinkonun % 75 i kan hücrelerinde yerleşmiştir (25,35).

Vücuttaki pek çok fonksiyonda görev alır. Çeşitli enzimlerin moleküllerinin, proteinlerin ve biomembranların önemli bir parçasıdır ve iki yüzden fazla enzimin yapısında bulunur. Protein sentezinde, nükleik asit sentezinde, protein sindiriminde, karbonhidrat metabolizmasında, karanlığa adaptasyonda, kemik metabolizmasında, oksijen taşınmasında ve birden çok enzimin fonksiyonuna yardımcı olarak görev almaktadır. Çinko antioksidant savunma enzimlerinden süperoksit dismutaz için de kofaktördür. Hücre metabolizmasında temel rol oynar. Bu enzim radyasyon ve kimyasal oksidantlara karşı hücreyi korur. DNA ve RNA sentezinde rol almakta olup, hücrelerin ve dokuların yenilenmesinde görev almaktadır. Hem karbonhidrat hem protein hem de nükleik asit sentezinde görev alır (25,38,40,41).

Büyüme ve cinsel gelişimin yanı sıra bilhassa bağışıklık sistemi için gereklidir. Vücudun kendi kendini iyileştirmesi ve yenilemesi gereken durumlarda ve zihinsel fonksiyonlarda önemli roller üstlenir. Cildin ve kasların erken yaşlanmasını önler. Hücre yenilenmesini destekleyerek cildi güzelleştirir, tırnakları güçlendirir ve saç dökülmesini önler (40,41).

#### **Eksikliği;**

Çinko eksikliğinde, bağışıklık sistemi zayıflar; halsizlik, yaraların geç iyileşmesi, tat ve koku duyularının bozulması, cücelik, karaciğer ve dalak büyümesi, saçlarda zayıflama ve dökülme gibi belirtiler görülür. Ayrıca, gelişme geriliği, iştahsızlık, öğrenme ve dikkat eksikliği görülebilir. Çocuklarda cinsel gelişim



geriliğine, yetişkinlerde ise sperm sayısı azlığına neden olmaktadır. Tırnaklarda beyazlamaya neden olur. Sindirim, solunum ve iskelet sistemleri etkilenir. Yetersizliğinde karboksil peptidaz, karbonik anhidraz alkol dehidrogenaz enzimlerinin değişik organlarda azaldığı saptanmıştır (25,38,39,41).

### **Fazlalığı;**

Yüksek miktarlarda alınması vücutta toksik etki yapmaktadır. Bulantı, kusma ve ishal, huzursuzluk, terleme ve titreme gibi sorunlara ve kolesterol dengesizliğine neden olabilir. Ayrıca, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve aşırı kullanımlarda tümör oluşumuna neden olur. Güvenlik aralığı geniş olmasına rağmen aşırı çinko alımı toksisiteye neden olmaktadır (25,39).

### **Kaynakları;**

Et, deniz ürünleri, baklagiller, tahıllar, yumurta, fındık, süt ve süt ürünleri ile lifli besinler (25,39).

### **Günlük Çinko İhtiyacı;**

Yetişkinlerde ortalama 8 - 13 mg kadardır. Gebelikte ve sporcularda çinko ihtiyacı daha fazladır. Bununla birlikte günde 50 mg dan fazla çinko almak yan etkilere neden olabilir (37).

## **2.2.4. Demir (Fe)**

### **Görevleri – faydaları;**

Demir, vücudumuzda sentez edilemeyen ve besinlerle alınması zorunlu bir besin ögesidir. İnsan vücudu için önemli ve faydaları bakımından vazgeçilmez bir mineraldir (3). Metabolik proseslerde eşsiz bir rol oynar. Vücuttaki miktarı 4 – 5 g olup vücuttaki yoğunluğu bakımından sadece bir eser mineraldir. B vitaminlerinin

kullanımı, bakır ve kalsiyum emilimi, hemoglobin, miyoglobin (hemoglobinin kaslarda bulunan eşdeğeri) ve enzim üretimi için gerekli olan mineraldir.

Emilimini, mide salgıları ve C vitamini kolaylaştırır. Vücuttaki başlıca işlevi, oksijen taşınması ile ilgili olup akciğerlerden hücrelere oksijen, hücrelerden akciğere ise karbondioksitin taşınmasını sağlamaktır. Demir minerali, bağışıklık sistemini güçlendirerek hastalıklardan korunmamıza yardımcı olmaktadır. Vücudun büyümesine yardımcıdır. Bu sebeple, özellikle gelişme dönemindeki çocuklar için vücut ve beyin gelişimi bakımından çok önemlidir. Elektron transferi, ATP üretimi, hücre solunumu, hücre çoğalması ve farklılaşmasında önemli görevleri vardır. Diğer eser elementlerden daha toksiktir (3,25,41,42,43).

Karaciğer, dalak ve kemik iliğinde depo edilir.

### **Eksikliği ;**

Demir eksikliği ve buna bağlı olarak meydana gelen kansızlık yani anemi ise demir eksikliği anemisi olarak adlandırılmaktadır.

Demir eksikliği, konsantrasyon bozukluğu, halsizlik, kalp çarpıntısı, yorgunluk, solgunluk, sinirlilik, bağışıklık sisteminde zayıflık, saçlarda ve kemiklerde kırılabilirlik gibi sorunlara neden olur. Ayrıca, saç dökülmesi, saçlarda ve tırnaklarda çatlama, dudak kenarlarında yaralar ve yutma güçlüğü gibi şikâyetlere neden olabilmektedir (25,42,43).

### **Fazlalığı;**

Demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir, çünkü aşırı miktarda alınan iki değerli demir vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikaller yapar. Fazla miktarda demir almak damar sertliğine, hücrelerin erken yaşlanmasına ve yağlanmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, demir fazlalığı, kanser riskini arttırmasının yanında, siroz, şeker hastalığı, kalp büyümesi, halsizlik, iştahsızlık ve kilo kaybı, bulantı, kusma ve nefes darlığı gibi sorunlarına neden olmaktadır. Yüksek miktarda demir, doku parçalanması, koroner kalp rahatsızlığı ve kansere neden olur (42,43).

### **Kaynakları;**

Kuru kayısı ve kuru üzüm gibi kurutulmuş meyveler, kırmızı et ve karaciğer, pekmez, tahıllar, yumurta, lahana, fasulye, pancar, patates, fındık, badem, şeftali, armut, hurma, kabak ve balık bol miktarda demir içeren besinlerdir.

### **Günlük Demir İhtiyacı;**

Yetişkin bir kadının günlük demir gereksinimi ortalama 15 mg, yetişkin erkekte ise ortalama 8 - 10 mg olarak bildirilmektedir (37).

### **2.2.5. Kadmiyum (Cd)**

Kadmiyum en çok yer kabuğunda doğal halde bulunur. Toksik, temel olmayan bir element ve güçlü enzim inhibitörüdür (47,48). Her zaman çinko ile kombinasyon halinde bulunur. Doğaya başlıca toprak yolu ile girmektedir çünkü kadmiyum gübre ve pestisitlerde bulunmaktadır. Toprak ve sedimentlerde 1 mg/kg 'dan daha fazla bulunur (47). Kadmiyumun insanlar tarafından yüksek alımı başlıca gıdalar yoluyla olmaktadır. Cd bulaşısı topraklarda yetişen sebzeler tüketilerek kadmiyuma maruz kalınır (46). Cd kalıntısı üründen ürüne değişmekle beraber yaklaşık 50 ppb civarındadır. Kadmiyum bakımından zengin gıdalar insan vücudunda kadmiyum konsantrasyonunu oldukça arttırabilir.

Cd, vücuttan diğer minerallerin uzaklaştırılmasına neden olmaktadır. Karaciğer ve böbreklerde birikir (48).

Eksikliğinde herhangi bir problem görülmemektedir.

### **Fazlalığı;**

İnsanlar sigara içtiklerinde, yüksek miktarda kadmiyuma maruz kalırlar. Tütün dumanı kadmiyumu akciğerlere taşır. Kan da vücudun diğer kısımlarına taşır.

Vücutun bu kısımlarında toksik etkiye neden olabilir. Böbreklerdeki filtreleme sistemlerine zarar vererek böbrek rahatsızlığına neden olur. İshal, karın ağrıları ve ciddi kusma görülür. Kemik kırılması, üreme bozuklukları ve hatta kısırlık ihtimali meydana gelir. Merkezi sinir sistemine ve bağışıklık sistemine hasar verir. Osteomalazi ve psikolojik bozukluklar görülür. İmmünotoksik olduğu için DNA'yı parçalar. Karsinojen mekanizması ile hücre ölümüne neden olur. Reaktif oksijen türlerinin artmasına neden olur ve oksidatif stresi artırır. (33,45,46) Cd; antikor içeren bazı enzimlerin fonksiyonlarını baskılar (44).

#### **Kaynakları;**

Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunudur. Malzemesinde Cd içeren gıda makine ve ekipmanları ile çinko galvanizlenmiş ekipmanlardır (25,49).

#### **Günlük Alım Miktarı;**

Yetişkinler için günlük alınabilecek maksimum doz kişi başına 68 µg dır (33).

#### **2.2.6. Kurşun (Pb)**

Kurşun, toksik, karsinojen bir elementtir. İnsan sağlığı için potansiyel tehlikedir. Kurşun insan sağlığına en çok zarar veren dört metalin dışındadır. İnsan vücuduna gıdalardan (% 65), sudan (% 20), ve havadan (% 15) girebilir. Vücut, mideye alınan kurşunun sadece % 10 unu absorbe eder (50,51).

Bilindiği kadarıyla, insan vücudunda kurşun hiçbir gerekli fonksiyonu yerine getirmez.

Eksikliğinde herhangi bir problem görülmemektedir.

### **Fazlalığı;**

Pb; yıkanmamış meyve ve sebzeler, gıdalar, su ve hava ile vücuda girer ve toksiteye yol açar. Karsinogenite mekanizması direkt DNA yı parçalar, DNA sentezini ve onarımını yavaşlatır. DNA 'nın oksidatif parçalanmasına neden olur. Fazlalığında, Hemoglobin biyosentezinde aksama ve anemi, kan basıncında artış, yetişkinlerde kardiovasküler hastalığında artış, böbrek tümörlerine, çocukların öğrenme kabiliyetlerinde azalma, idrak etme güçlüğü, düşük yapma ve zor düşük, kas sisteminde zorlanma, beyin hasarı, sperm hasarları ile erkeklik verimliliğinde azalma, saldırganlık, dürtülerle hareket ve hiperaktivite gibi çocuklarda davranış bozukluğu, enzimatik aktivitelerin düşüşü, yorgunluk, halsizlik, uyuşukluk ve uykusuzluk görülür. Merkezi sinir sistemini etkiler (33,46,51,52).

### **Kaynakları;**

Ispanak, brokoli, brüksel lahanası, salatalık, etler, tahıllar, deniz mahsulleri, alkolsüz içecekler ve şarap gibi gıdalar önemli miktarlarda kurşun içerirler. Sigara dumanı da az miktarda kurşun içerir (51).

### **Günlük Alım Miktarı;**

Yetişkinler için günlük alınabilecek maksimum doz kişi başına 240 µg dır (33).

## **2.2.7. Magnezyum (Mg)**

### **Görevleri – faydaları;**

Yetişkin bir insan vücudunda magnezyum miktarı ortalama 25 g kadardır. Bunun yaklaşık % 60 ı kemik ve dişlerde, % 26 sı kaslarda, kalanı yumuşak dokularda ve vücut sıvılarında bulunur. Magnezyum, sinir sisteminin aşırı duyarlılığını azaltarak sakinleşmeye yardımcı olduğu için “Anti-stres Minerali”

olarak da bilinir. Kas ve sinir sisteminde etkinliği yönünden kalsiyum ile arasında bir etkileşim vardır. Kalsiyum kasın kontraksiyonunu uyarırken, magnezyum kasların dinlenmesinde etkindir. Enzimlerin harekete geçirilmesi ve kandaki şekerin enerjiye dönüştürülmesinde rol alır. Enerji üreten reaksiyonlarda ko-faktör olduğu için enerji açığa çıkarmada çok önemli bir rol üstlenir. RNA sentezi ve DNA kopyalanmasında -yani hücre üretiminde- magnezyuma ihtiyaç duyulur. C vitamini, sodyum, potasyum, kalsiyum ve fosfor gibi vitamin ve minerallerin daha etkili kullanılması için de gereklidir. Ayrıca cildi düzgünleştirir, saçı güzelleştirir, tırnakları kuvvetlendirir. Kemik ve dişlerin yapısında kalsiyum ve fosforla birlikte bulunur. Vücut sıvılarındaki magnezyum, osmotik basıncın ve asit-baz dengesinin sağlanmasında yardımcıdır. Metabolizmada enzimlerin çalışması için gereklidir. Vücut ısısının dengede tutulmasını sağlar (3,25,44,53).

### **Eksikliği;**

Magnezyum eksikliğinde, kan basıncında yükselme, kalpte ritim bozukluğu, böbrek, beyin ve karaciğer fonksiyonlarında aksaklıklara yol açarak halsizlik, iştahsızlık, huzursuzluk ve uyku bozuklukları, dalgınlık, hafıza zayıflığı, öğrenme güçlüğü, böbrek yetmezliği, kalp çarpıntısı, kramp gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Yetersizliğinde insülin direnci artarken, insülin salınımı azalmakta, sonuçta diyabet riski artmaktadır. Bebeklerde havale tehlikesini artırır. Alkol kullanımını magnezyum eksikliğine yol açar (3,25,53).

### **Fazlalığı;**

Magnezyum fazlalığında da magnezyum eksikliğindeki benzer belirtiler görülecektir. Zihinsel bulanıklık, mide bulantısı, ishal, iştah kaybı, kas güçsüzlüğü, nefes almada güçlük, kan basıncında düşüklük, kalp atışında düzensizlik görülebilir. Kalsiyum eksikliği magnezyum fazlalığının oluşmasına neden olabilir. Yine magnezyum fazlalığında bitkinlik, böbrek ve sindirim sistemi hastalıkları, terleme ve depresyon gibi sağlık sorunları ile karşılaşılır (3,25,53).

### **Kaynağı;**

Magnezyumun en iyi kaynakları; sert kabuklu meyveler, kuru baklagiller, yeşil yapraklı sebzeler ve tam tahıl ürünleridir. Tahılların öz ve kepeğinin ayrılması magnezyum içeriğini azaltır. Bunun dışında magnezyum kaynakları, balık ve tavuk eti, peynir, yumurta, tam unlu ekmek, yer fıstığı, patates ve portakaldır (25,53).

### **Günlük Magnezyum İhtiyacı;**

Yetişkinlerde ortalama 300 mg'dır. Bu miktar 65 yaş üzerindekiilerde 350 mg'a, gebelik ve emzirme dönemlerindeki kadınlarda 600 mg'a kadar çıkabilmektedir (37).

## **2.2.8. Mangan (Mn)**

### **Görevleri – faydaları;**

Bitki ve hayvan hücrelerinde yaygın olarak bulunan önemli bir iz elementtir. İnsanlar için önemli bir eser elementtir. Birçok metabolik olaylarda görev alır. İnsan vücudu 10 – 40 mg arasında mangan içermektedir. Antioksidandır. Vücutta protein sentezlenmesinde, sindirimde ve besinlerden enerji üretilmesinde görev alır. Kemiklerin büyümesi ve gelişmesi ile bağ dokuları için gerekli mineraldir. Sinir fonksiyonları ve gelişiminde etkilidir. Cinsel gücü artırır ve kısırlıkta faydalıdır. Kanın normal pıhtılaşması için gereklidir.

Hücreler içinde mangan mitokondride bulunduğundan, mitokondrice zengin olan karaciğer, böbrek gibi organların mangan derişimleri yüksektir. İnce bağırsaklarda emilir ve kemiklerde, karaciğerde, böbreklerde, hipofiz bezinde ve pankreasta depolanır (3,25,54).

**Eksikliği;**

Yetersizliği, sürekli yorgunluk, hafıza problemleri, kısırlık, kilo kaybı, özellikle çocuklarda ve bebeklerde büyüme geriliği ve gelişim bozuklukları, kemik ve kırıklarda anormal oluşumlar, bulantı, kusma saçlarda beyazlaşma ve saç uzamasında yavaşlamaya neden olabilir. Ayrıca, diyabet ve pankreas bozuklukları görülebilir (3,25,54).

**Fazlalığı;**

Beslenme yoluyla manganez fazlalığı oluşmaz. Fazlalığında, saçmalama, halüsinasyon, uykusuzluk, depresyon, iktidarsızlık, sinirlilik, ruhsal rahatsızlıklar, hareket zorluğu zayıflama görülür. Aşırı doz belirtileri Parkinson hastalığının belirtileri ile benzerlik gösterir (3,25,54).

**Kaynağı;**

Yeşil yapraklı sebzeler, meyveler, kepekli tahıllar, fındık, ceviz, badem, bezelye, pancar, avokado, kuşkonmaz ve çay (3,54).

**Günlük Manganez İhtiyacı;**

Yetişkinlerde günlük manganez ihtiyacı ortalama 2 mg kadardır (37).

**2.2.9. Potasyum (K)****Görevleri – faydaları;**

Potasyum, vücudun sıvı düzeyi ile asit – baz dengesinin ve milyarlarca hücrenin kontrolünde rolü olan bir elektrolit, hayati öneme sahip bir mineraldir. K, hücre içinde tutulur ve hücre dışında kalan kısmı sodyum ile dengelenir (44). Vücuttaki konsantrasyonu 2 g/kg dır. Vücuttaki su ve mineral dengesinin



korunmasına yardımcı olur. Besinlerin hücre içine taşınması, sinir sistemindeki mesajların iletilmesi için önemlidir. Tansiyonu dengeler. Beyne oksijen taşıyarak zihin faaliyetlerini destekler. Alkolün, vücuttaki fazla suyun, şekerin ve tuzun vücuttan uzaklaştırılmasında görev alır. Hücredeki osmotik basıncı düzenler. Hücre bütünlüğünü korumada önemli rol oynar. Epidemiyolojik ve klinik çalışmalar potasyumun kan basıncının düzenlenmesinde önemli role sahip olduğunu göstermiştir. Bazı enzimler ancak potasyum varlığında aktif olabilirler. Özellikle kas sistemi ve normal büyüme için gerekli koenzimlerin aktivatörleridir. Karbonhidrat metabolizmasında önemli enzimlerden pirüvat kinaz enzimi de aktifleşmek için potasyuma ihtiyaç duyar. Potasyum kandaki çeşitli tampon sistemleri için gerekli yapıtaşlarıdır. Kas kasılmalarında gevşetici etki gösterir (41,55,56,57).

### **Eksikliği;**

Plazmadaki potasyum derişiminin anormal miktarlarda az olması hipoklemi olarak adlandırılır. Dolaşım bozukluğu, kas güçsüzlüğü sonucu yorgunluk ve halsizlik, iştahsızlık, bulantı ve kusma, kabızlık, adale zayıflığı, zihin bulanıklığı, sinirsel gerginlik, baş ve karın ağrısı, kramplar ve kalpte ritim bozuklukları gibi rahatsızlıklara neden olur (25,55,57).

### **Fazlalığı;**

Potasyumun fazla alınması başta böbrekleri ve kalbi etkiler. Kas zayıflığı, kalp çalışmasının ve ritminin bozulması gibi hastalıklara neden olur. Kan basıncını düşürür, felç ve böbrek taşı riskini azaltır, kemiklerde deminerilasyonu (osteoporoz) ve düzensiz kalp atışını önler (25,57).

### **Kaynakları;**

Lahana, brokoli, pazı gibi yeşil yapraklı sebzeler, zeytin, balık, sarımsak, portakal suyu, patates, muz, hurma, incir, avakado, kayısı, badem, fındık, fıstık,

kahve, kuru baklagiller, etler ve türevleri potasyum açısından zengindir. Sebze ve meyveler yüksek düzeyde potasyum içerirler (25,55,57).

### **Günlük Potasyum İhtiyacı;**

Bir yaşına kadarki bebeklerde günlük potasyum ihtiyacı ortalama 700 mg dır. 10 yaşına kadarki çocuklarda potasyum ihtiyacı 1000 – 2000 mg arasında değişir. Yetişkinlerde ise günlük potasyum ihtiyacı 2000 – 3500 mg kadardır (37).

### **2.2.10. Selenyum (Se)**

#### **Görevleri – Faydaları;**

Selenyum, iyi bir sağlık için gerekli olan çok önemli temel bir mineraldir. Fakat sadece az bir miktarda gereksinim duyulur. Çok düşük miktarlarda çok yararlı bir madde iken, epeyce yüksek miktarlarda olduğunda çok zehirlidir. Glutatiyon peroksidaz enziminin kofaktörüdür. Eser miktarda iken temel bir besin olan selenyum, glutatiyon peroksidaz enziminin yapısına girmekte, bu enzim de hücrelerde hidrojen peroksit ve organik peroksitlerin birikmesini engelleyerek kanser oluşumuna karşı vücudu korur. Selenyum, önemli antioksidant enzimler olan selenoproteinleri yapmak için proteinlerle bağlanır. Selenoproteinlerin antioksidant özellikleri serbest radikaller tarafından verilen hücresel zararı önlemeye yardımcı olur. Serbest radikaller oksijen metabolizmasının doğal yan ürünleri olup, kanser ve kalp rahatsızlıkları gibi kronik hastalıkların ilerlemesine katkıda bulunabilirler. Diğer selenoproteinler tiroid fonksiyonunun düzenlenmesine yardımcı olurlar ve bağışıklık sistemi içinde rol oynarlar. Hücreleri korur ve yaşlanmayı geciktirir. Doku esnekliğini arttırarak ve kalp hücrelerini destekleyerek kalp ve damar sağlığının korunmasına yardımcı olur. Başta sperm üretimi ve canlılığı olmak üzere, üreme sağlığında rol alır. Vücuttaki zehirli maddelerin zararlı etkilerini azaltır ve vücuttan atılmalarına yardımcı olur. Karaciğerin faaliyetlerini düzenli olarak sürdürmesine katkıda bulunur (25,58,59,60).

**Eksikliği;**

Ciddi kas zayıflıkları, kalp ve damar sağlığında bozulmalara ve çocuklarda gelişimin yavaşlamasına neden olur. Göz sağlığını olumsuz etkiler. Erken yaşlanma, sinir sistemi hastalıkları ve zeka geriliğine neden olabilir. Sperm üretimi ve kalitesi azalarak kısırlık oluşabilir. Üreme sağlığı açısından, erkeklerin selenyum ihtiyacı kadınlara oranla daha fazladır. Eksikliğinde ciddi rahatsızlıklar, kanser, konjestif kardiyomiyopati ve kan bozukluğu görülür (59,60).

**Fazlalığı;**

Sindirim sistemi sorunları, saç, tırnak ve diş kaybı, çeşitli deri, omurilik ve kemik iliği hastalıkları, ateş gibi sağlık sorunları görülür. Daha yüksek dozları öldürücü olabilir (59).

**Kaynakları;**

Arpa, buğday gibi tahıllar, deniz ürünleri, et, karaciğer, pekmez, süt ve süt ürünleri, yumurta, tereyağı, mantar, soğan, sarımsak, lahana, brokoli gibi yeşil yapraklı sebzeler ve tavuk eti bol miktarda selenyum içerir (25,59,60).

**Günlük Selenyum İhtiyacı;**

Yetişkinlerde günlük selenyum ihtiyacı 80 – 100 µg dolaylarındadır. Gebelikte ve emziren annelerde günlük selenyum ihtiyacı 200 µg a kadar çıkabilir (37).

### **2.3. MİNERAL VE ESER ELEMENTLERİN GÜNLÜK ALIM DEĞERLERİ**

Mineral konusunda yapılan araştırmalar, minerallerin işlevlerini yerine getirebilmeleri ve eksiklik bulguları oluşturmamaları için günlük belirli miktarlarda alınmasını ortaya koymuştur. Bu amaçla mineraller için Tavsiye Edilen Günlük Gereksinim (Recommended Dietary Allowance = RDA) değerleri belirlenmiştir. Tavsiye edilen günlük besin alım miktarı; belli yaşta ve cinsiyetteki neredeyse tüm sağlıklı insanların beslenme ihtiyaçlarını karşılayacak ortalama günlük besin alım miktarıdır. RDA sağlıklı bireyler için gerekli en az miktarı göstermez, aksine çoğu kişi için güvenlik sınırını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir. Yaş, cinsiyet, gebelik ve emzirme gibi çeşitli faktörler RDA düzeylerini etkileyebilir. Tablo 2.2 de RDA değerleri bilinen mineraller gösterilmiştir.

**Tablo 2.2.** Eser element ve minerallerin günlük alım değerleri (RDA)

Yaşam evre grupları	Cu (µg/gün)	Fe (mg/gün)	K (g/gün)	Mg (mg/gün)	Mn (mg/gün)	Se (µg/gün)	Zn (mg/gün)
<b>Bebekler</b>							
0 – 6 aylık	200	0.27	0.4	30	0.003	15	2
7 – 12 aylık	220	11	0.7	75	0.6	20	3
<b>Çocuklar</b>							
1 – 3 yaş	340	7	3.0	80	1.2	20	3
4 – 8 yaş	440	10	3.8	130	1.5	30	5
<b>Erkekler</b>							
9 – 13 yaş	700	8	4.5	240	1.9	40	8
14 – 18 yaş	890	11	4.7	410	2.2	55	11
19 – 30 yaş	900	8	4.7	400	2.3	55	11
31 – 50 yaş	900	8	4.7	420	2.3	55	11
51 – 70 yaş	900	8	4.7	420	2.3	55	11
> 70 yaş	900	8	4.7	420	2.3	55	11
<b>Kadınlar</b>							
9 – 13 yaş	700	8	4.5	240	1.6	40	8
14 – 18 yaş	890	15	4.7	360	1.6	55	9
19 – 30 yaş	900	18	4.7	310	1.8	55	8
31 – 50 yaş	900	18	4.7	320	1.8	55	8
51 – 70 yaş	900	8	4.7	320	1.8	55	8
> 70 yaş	900	8	4.7	320	1.8	55	8
<b>Gebelik</b>							
14 – 18 yaş	1000	27	4.7	400	2.0	60	12
19 – 30 yaş	1000	27	4.7	350	2.0	60	11
31 – 50 yaş	1000	27	4.7	360	2.0	60	11
<b>Emzirme</b>							
14 – 18 yaş	1300	10	5.1	360	2.6	70	13
19 – 30 yaş	1300	9	5.1	310	2.6	70	12
31 – 50 yaş	1300	9	5.1	320	2.6	70	12

Cd ve Pb için WHO tarafından önerilen kabul olunabilir günlük alım değeri sırasıyla 68 µg / gün , 240 µg / gün dür (35). Alüminyumun günlük alım değeri 2 – 10 mg dır (33).

## **2.4. ÖRNEKLERİN ANALİZE HAZIRLANMASI**

Örnek hazırlama, atomik absorpsiyon spektroskopisi ile eser element ve mineral analizinde kritik bir adımdır. Örneklerin uygun bir şekilde alınıp bazı ön hazırlık işlemlerinden geçirildikten sonra çözeltiliye alınmaları, örnek hazırlama işlem basamaklarını oluşturmaktadır.

### **2.4.1. Örnek Alınması**

Bitkilerde ve ürünlerinde metal analizi biyolojik, çevresel ve kimyasal olarak oldukça önemlidir. Bitkilerdeki mineral ve eser elementlerin içeriklerini belirlemek ve derişimlerini tayin etmek; buna göre biyolojik etkinliklerini ve/veya toksik etkilerini belirleyerek besin zincirinin bir parçası olarak rolünü değerlendirmek gerekir. Ayrıca ağır metal derişimlerinin tayini, kalite kontrollerinin belirlenmesinde de yardımcı olur. Bu amaçla örnekler, analize hazırlanırken çeşitli tekniklerle parçalanıp çözeltili haline getirilir (61). Analiz öncesi örnek hazırlama işlemi birkaç adımdan oluşur ve her adımda ayrı bir hata gelir (62). Bu hataların en aza indirilmesi ve analizlerin başarısı öncelikle örnek alımına bağlıdır. Analizlenen örnek, bütün bir örneğin özelliklerini temsil etmelidir. Bu nedenle örnek alma işlemi standart yöntemlerle ve çok dikkatli yapılması gereken bir işittir.

### **2.4.2. Ön Hazırlıklar**

Analizi yapılacak örneklerin miktarı, örnekte bulunan analiz edilecek maddelerin derişimleri, kullanılan yöntemlerin tayin sınırı ve duyarlılığına bağlıdır. Alınan örnekler, analize hazırlanmak üzere yıkama, kurutma ve öğütme işlemlerinden geçirilirler.

Yüzeysel bulaşmayı gidermek amacıyla bitki örnekleri önce uygun bir şekilde yıkanır. Genellikle makro element belirlemeleri için bitki örneklerinin yıkanmalarına gerek duyulmaz. Yıkama işlemi sadece tazeliğini ve turgor durumunu yitirmemiş bitki örnekleri üzerinde gerçekleştirilmelidir. Yıkama, bitki örneklerinin besin

maddesi içeriklerinde değişikliklere yol açabileceğinden, zorunlu görülmedikçe yıkama işlemi önerilmemektedir (63).

Kimyasal ve biyolojik değişimleri ve enzimatik tepkimeleri durdurabilmek için bitki örnekleri toplandıktan sonra en kısa sürede kurutulmalıdır. Bitki örnekleri, 60 – 80 °C de, toz içermeyen ve hava devir daimli kurutma dolabında veya mikrodalga fırınlarda veya güneş ışını almayan karanlık ortamlarda kurutulur.

Örnekler üzerindeki çalışmaların daha kolay olmasını sağlamak ve analizler için temsil gücü yüksek bir kısmın en iyi bir şekilde alınabilmesini sağlamak amacıyla deney numuneleri öğütülür. Genellikle bitki örnekleri, 20 meshlik elek takılı olan Wiley değirmenleriyle öğütülürler veya metal kirliliği içermeyen agat havanda toz haline getirilir. Öte yandan iyi kurutulmuş ve oldukça odunlaşmış doku içermeyen bitki örnekleri mutfak tipi blendır ya da kahve öğütme makinalarında da oldukça kolay ve ince bir şekilde öğütülebilmektedir.

Öğütülüp tekrar kurutulan örnekler buzdolabında veya ağızları hava geçirmeyecek şekilde sıkıca kapatılarak serin (10 °C den daha düşük bir sıcaklıkta) bir yerde süresiz olarak saklanabilir. Oda sıcaklığında uzun süre bekletilen örneklerde ise özellikle azot yitmesi gerçekleşebilmektedir (63).

Analizi yapılacak örneklerden doğrudan çözünürleştirme işlemi yapılacak kaplar içinde veya pürüzsüz bir kağıt üzerinde tartım alınmalıdır.

### **2.4.3. Örnek Çözünürleştirme Yöntemleri**

#### **2.4.3.1. Klasik Çözünürleştirme Yöntemleri**

##### **2.4.3.1.1. Kuru Yakma ile Çözünürleştirme**

Organik maddelerin minerilizasyonu, atmosferik basınç altında programlanabilir fırın içinde kül edilmesidir. Kuru yakma yöntemi; organik

materyallere, biyolojik dokulara, bitki ve gıda örneklerine, atıklara uygulanabilir. Kuru yakmada örneğin organik kısmı yakılır. Organik maddelerin tamamı parçalanarak ilgili elementlerin karbonat veya oksitleri haline dönüşür. Bu işlem yaklaşık 8 saat sürer. Organik maddelerin buharlaşma esnasında kısmi veya toplam analit kaybı olmaksızın kantitatif parçalanacağı veya uygun çözücü ile çözüldüğünde kalıntı bırakmayacağı bir kül etme sıcaklığı seçilir. Eser element analizi için kül etme sıcaklığı 450 – 550 °C arasında değişir. Organik maddelerin oksidasyonu sırasında Hg, As, Se gibi elementlerin buharlaşma kayıpları oluşur. Bu kayıpları minimize etmek için kül etme sıcaklığı yavaşça arttırılır. Kayıplar aynı zamanda set edilen maksimum sıcaklığı aşıldığında oluşur. Belli bileşenlerin kaybını önlemek için özel katkı maddeleri de katılabilir. Örneğin CaO, borat oluşturarak borun uçuculuğunu engeller. Kül etme işlemi birkaç saat sürer ve optimum şartlar altında yapılırsa, beyaz veya açık gri renkte kül elde edilir. Soğutulduktan sonra nitrik asit veya hidroklorik asit ile çözülür. Bazen oksidasyon işlemi tam gerçekleşmez ve koyu gri veya siyah renkte kül oluşur. Bu durumda, 1 mL nitrik asit ile nemlendirilir ve 1 saat daha kül etme sıcaklığında bekletilir. Yanma zorluklarını engellemek için yakma işleminden önce veya esnasında ortama nitrik asit, sülfürik asit, amonyum nitrat, magnezyum nitrat gibi yükseltgen maddeler eklenebilir (64,65,66).

Kuru yakma yöntemi, basit, çok fazla örnek serileri aynı anda işlem görebilme, örnek miktarında sınırlama probleminin olmaması, külün çok az miktarda çözücü ile çözülebilme ve daha az çözücü kullanılmasına bağlı olarak daha az kirlenme riski gibi avantajlara sahiptir. Ancak bunun yanı sıra uçucu madde kaybı, seyreltmeden kaynaklı analiz esnasında düşük sonuçlar elde etme, küllenme sırasında bazı metallerin klorürleri, bazılarının ise organometalik bileşikleri halinde buharlaşması gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Kayıplar, çözünmeyen katılardan ve kap yüzeyine adsorpsiyondan da kaynaklanabilir. Ayrıca zaman alıcı,yavaş ve sıkıcıdır (64,66,67).



#### 2.4.3.1.2. Yaş Yakma ile Çözünürleştirme

Yaş yakma yöntemi, oksitleyici maddeler ve mineral asitler kullanıldığı ortamda örneklerin ısıtılarak çözünürleştirilmesini içerir. Bu yöntem, ağız açık bir sistem olduğu için kaynama esnasında madde kaybını dikkatle önlemeyi gerektiren bir yöntemdir. Tepkime sıcaklığı, asitlerin kaynama sıcaklığına kadar yükselir. Farklı ısıtma sistemleri ile parçalama işlemi yapılmaktadır. Bu sistemler; kum banyosu, ısıtma plakası üzerinde HF kullanıldığında teflon beher, cam tüp veya beher, basınçlı parçalama bombası, ve alüminyum bloklardır (67,68). Yaş yakma yöntemi gıda, tarım ürünleri gibi kolay örnekler için kullanışlıdır fakat çözünmesi 1 -24 saat süren örnekler için uygun değildir. Örnek çözünürleştirme kabında tartılır. Üzerine çözücü eklenir ve kaynaya kadar ısıtılır. Parçalanma veya çözünme için zaman gerekir. Çözünen örnek volumetrik kaba alınarak hacim tamamlanır.

Yaş yakmada örnek miktarı ve kullanılan asit hacmi önemli iki parametredir. Düşük miktarda örnek kullanılarak hazırlanan çözeltilerde element analizi, yüksek miktarda kullanılarak hazırlananlardan daha doğru yapılır. Ayrıca örnekler homojen olmalıdır. Berrak çözeltilere ulaşıncaya kadar doğal olarak artan asit miktarı, asit içindeki safsızlıkların artan bir miktarda çözeltilere geçmesi nedeniyle girişim etkisini ortaya çıkaran önemli bir parametredir (62).

Bu yöntemde, örnekteki elementlerin toplam içeriğini belirlemek için genel olarak altı çeşit çözücü kullanılır. Bunlar; nitrik asit, sülfürik asit, perklorik asit, hidrojen peroksit, hidroklorik asit ve hidroflorik asittir. Hidroklorik asit ve hidroflorik asit, inorganik bileşiklerin çözünürleştirilmesinde kullanılır.

Nitrik asit, organik maddelerin parçalanmasında kullanılan ana yükseltgen maddedir. Hem aromatik hem de alifatik organik materyallerle reaksiyona girerek oksidasyon, esterifikasyon, nitratlama reaksiyonlarına ve basit karboksilik asitlerin oluşumuna sebep olurlar. Derişik  $\text{HNO}_3$  ün kaynama noktası olan  $120^\circ\text{C}$ , oksidasyon sonucu tamamen uzaklaştığı ve en etkili olduğu sıcaklıktır.  $\text{HNO}_3$  ile yapılan çözünürleştirme işlemlerinde asidin en iyi şekilde çözünürleştirmeyi

sağlayabilmesi için başlangıçta yakma işlemi mümkün olduğu kadar düşük sıcaklıkta yapılmalı ve asidin daha çözünürleştirmenin başında uzaklaşmasına engel olunmalıdır.

Sülfürik asidin organik bileşiklerle etkileşimi oldukça komplekstir. Uygun koşullar altında, oksidasyona, sülfonasyona, esterifikasyona, esterlerin hidrolizine, dehidratasyona veya polimerizasyona neden olur. Yaş yakma yönteminde en önemli reaksiyonlar, oksidasyon ve dehidratasyondur.  $H_2SO_4$  ün dezavantajı, çözülmeyen bileşiklere eğilimi ve yüksek kaynama noktasıdır. Diğer bir sakıncası da, viskoz olduğundan ötürü sisleştirme sistemlerinin kullanıldığı analitik tekniklerde taşınım esnasında girişime neden olur. Çözücü karışımı içerisine  $H_2SO_4$  eklenerek sülfatların girişim etkisi giderilir.

Perklorik asit, organik materyallerin parçalanmasında oldukça etkilidir. Nitrik asitle karışım halinde kullanılır. Nitrik asit ortamdan uzaklaştıktan sonra oksidasyonun devamlılığını sağlar.  $HClO_4$  bir kısım organik bileşiklerin daha basit bileşiklere parçalanmalarını sağlayarak bunların  $HNO_3$  tarafından daha rahat oksitlenmelerine yardımcı olur. Yükseltgeme potansiyeli sülfürik asitten daha yüksektir. Nitrik asitle kullanılmadığında patlama riski vardır. Kullanılırken dikkatli olunması ve özel başlıklı açık kaplarda çalışılması gerekir. Ani patlamalarla ve analit buharlaşmasıyla kayıplar oluşur.

Hidrojen peroksit; çözünürleştirilmenin artırılması için ek bir katkı maddesi olarak kullanılır. Genelde çözeltinin şiddetli reaksiyon vermesini engellemek için kullanılır. Hidrojen peroksitli asit karışımları bilhassa oksidasyonun verimini artırır. Sülfürik asitle dehidratasyon reaksiyonlarında kullanılır. Bu reaksiyonlarda, organik maddelere hızlı bir şekilde küçük parçalara ayırır ve uçucu bileşikler hızlıca sistemden uzaklaşır (64).

Yaş yakma yönteminde sıcaklık  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  nin altında olduğundan buharlaşma kayıpları As ve Se gibi bazı mineraller haricinde yoktur. Bu sebeple çeşitli elementlerin özellikle eser elementlerin analizinde yaş yakma ideal bir yoldur. Ancak

kuru yakmaya oranla daha fazla çözücü gerektiğinden reaktiflerden gelen kirlenmeler, örnek sınırlaması, büyük dikkat gerektirmesi dezavantajlarıdır. Kuru yakmaya nazaran hızlı, daha az zahmetli ve tekrarlanabilirliğinin yüksek olmasından dolayı daha çok kullanılır (62). Genel olarak dezavantajları;

- Çok uzun zaman alması,
- Çözünürleştirme sağlanmamışsa daha fazla asit ilavesi,
- Asit konsantrasyonunun AAS ye ve diğer spektroskopik cihazlara verilecek sınırın çok üstünde olması durumunda kuruluğa kadar buharlaştırma gereği,
- Cam kapların kullanıldığı durumlarda, camın yapısındaki elementlerden gelen kirlenme,
- Mutlaka çeker ocak gerektirmesi, buna rağmen asit buharlarının laboratuvar ortamını kirletmesi,
- Çok fazla miktarda ve yüksek konsantrasyonda asit kullanılması,
- Potansiyel kirliliklere açık olması,
- Mekanik ve buharlaşma kayıpları olarak sıralanabilir.

#### 2.4.3.2. Mikrodalga ile Çözünürleştirme

**Açık tüplerde atmosferik basınçta çözünürleştirme:** Bu yöntemde mikrodalga ısıtma amacıyla kullanılır. Burada asit ve örnek tüplere konur ve mikrodalga uygulanarak çözünürleştirme işlemi yapılır. Bu yöntemde sistematik hatalar; çözücü ve kap materyalinden kaynaklı kontaminasyon, kap materyali ile reaksiyon veya kap yüzeyinde adsorpsiyonun neden olduğu element kaybı ve uçucu madde kaybıdır (69).

**Kapalı tüplerde yüksek basınçta çözünürleştirme:** Bu yöntem örneklerin ve asitlerin teflon tüplere konularak mikrodalga ile ısıtılması şeklinde uygulanır. Bu yöntemde numune miktarı çok önemlidir. Bu miktar parçalama esnasında oluşacak aşırı basıncı önlemek için dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Genelde 0,5 – 1,0 g dan fazla alınmamalıdır. Örneklerle asit veya asit karışımları eklenmesinden sonra uygun mikrodalga basınç ve sıcaklık koşulları uygulanarak çözünürleştirilmeleri sağlanır.

#### 2.4.3.2.1. Mikrodalga Enerjinin Tanımı ve Oluşumu

Mikrodalgalar; dalga boyu çok kısa olan, ışık hızında hareket eden elektromanyetik bir enerjidir. Bir iletken üzerinde şiddeti ve yönü zamana bağlı olarak değişen bir elektrik-manyetik alanının periyodik olarak bir değişime uğraması sonucunda oluşturulur. Mikrodalga elde edilmesinde magnetron ve klistron lambalarından yararlanılır. Mikrodalgaların özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Bu enerji türü, elektromanyetik spektrumun üyesidir.
- Elektromanyetik spektrumda 300 – 300.000 MHz arasındaki bölgeyi oluştururlar ve iyonlaşmaya neden olmayan ışınların bir parçasıdır.
- Mikrodalgalar, kızıl ötesi ışınlarıyla ultra yüksek frekanslı radyo dalgaları arasındaki bölgede kalan ve dalga boyları milimetreler mertebesinde olan elektromanyetik dalgalardır.
- Mikrodalgalar enine düzlem dalgalarıdır.
- Mikrodalgalarla ortama enerji salınır.
- Maddesel ortamlarda mikrodalgaların yayılma hızı, dalganın frekansına bağlıdır (70,71).

#### 2.4.3.2.2. Mikrodalga ve Klasik Çözünürleştirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Dalga boyu, 1 mm – 1m arasında olan mikrodalga enerjinin, günlük hayatımıza etkisi, ısıtma işlemlerinde zamanı kısaltma olarak görülmektedir. Isıtma süresi 2-3 dakikalara kadar indirilmiştir. Mikrodalga fırınlar kullanılarak örneklerin çözünürleştirilmesi işlemlerinde ile daha yüksek hassasiyet elde edilmiş ayrıca kirlenme, buharlaşma ile element kaybı ve çözünürleştirme zamanı minimize edilmiştir (72,73). Bu avantajlar, mikrodalğanın ısıtma mekanizmasından kaynaklanmaktadır. Klasik ısıtma teknikleri bir kütleyi dıştan içe doğru tabaka tabaka ısıtırken, mikrodalga tüm kütlenin her yerini aynı anda ısıtır.

Mikrodalga tekniği ile çözünürleştirme, analitik kimyada ilk defa 1975 te Abu Samra ve arkadaşları tarafından biyolojik örneklerin asitlerle hızlı bir şekilde çözünürleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Sonra bütün örnek çeşitlerinin

hazırlanmasında mikrodalga tekniği geliştirilerek yaygın olarak kullanılmıştır (74). Mikrodalga sistemler, element analizi, çözücü ekstraksiyonu, örnek kurutma, nem ölçümü, analit adsorpsiyonu ve desorpsiyonu, örnek temizleme, kromojenik reaksiyon, spesiasyon ve örnek çözeltilerinin sisleştirilmesi için örnek hazırlama gerektiren analitik kimyanın çeşitli alanlarında kullanılmaktadır (75,76). Mikrodalga parçalama tekniği, biyolojik, jeolojik, sentetik, metalik ve çevresel materyallere, kömür, uçucu kül gibi çeşitli materyallere uygulanır (75,76,77).

Mikrodalğanın ısıtma mekanizmasının üstünlüğü hedef kütledeki bütün molekülleri aynı anda etkileyerek klasik tekniklerin ısıtmasına göre çok daha kısa bir sürede işlemi tamamlamasından kaynaklanmaktadır. Mikrodalga işleminde enerji aktarımı çok güçlüdür ve verimlidir. Oluşturulan bu mikrodalga ortamında organik moleküller üzerinde kimyasal bir etki oluşmamaktadır. Mikrodalga enerji teflon kaplar tarafından absorbe edilmediğinden enerji kaybı olmaz, sadece enerji örnek ve çözümler tarafından absorbe edilir. Mikrodalğanın gücü örneğin türüne göre uygun bir şekilde seçilebilir, çözümler tarafından derişimi ve eklenecek miktar kolaylıkla kontrol edilebilir (78). Mikrodalga ısınması dıştan olduğu gibi içten de olduğu için enerji moleküller çarpışmadan ziyade polarizasyon yolu ile transfer olur (73). İç ısınma, örneğin mekanik olarak uyarır ve dış tabakasını bozar, böylelikle asit ile örnek arasında daha iyi bir temas sağlanır. Kapalı basınç tüpleri örneğin ısınıp arttırarak çözümlüğe yardımcı olur. bu nedenle ihtiyaç duyulan kaynama noktasına daha çabuk ulaşır.

Mikrodalga sistemlerde yaygın olarak kapalı tüpler kullanılır. Çözümler boyunca asit karışımının buharından ve ayrışma reaksiyonunda oluşan gazlardan dolayı basınç yükselir ve atmosfer basıncının üzerinde bir basınç oluşur. Yüksek basınç nedeniyle de sıcaklık çarpıcı olarak artar. Bu nedenle mikrodalga çözümler sistemi için çok dikkatli programlanması gerekir. Mikrodalga parçalamanın verimi, örneğin yapısına, basınç ayarlarına, sıcaklığa, ekstraksiyon süresine, örnek miktarına, çözücü hacmine, uygulanan güce, ısıtma süresine, kullanılan aside ve asit karışımının konsantrasyonuna bağlıdır (73,79). Örnek miktarı, mikrodalga parçalama esnasında aşırı basıncı önlemek için dikkatle

belirlenmelidir. Çok reaktif gıda matrikslerinin minimum numune miktarını belirlemek için tipik uygulamalar literatürlerde yayınlanmıştır. Her bir gıda matriksi için farklı bir mikrodalga programı ve sınırlı örnek miktarı gerekir. Parçalanmış örneklerden kaynaklanan ekstra basınç her bir örnek için maksimum örnek miktarı belirlenerek limitlendirilir. Maksimum örnek miktarı, parçalama esnasında üretilen basıncın bir ölçütü olarak örneğin enerji içeriği kullanılarak aşağıdaki denklemden hesaplanır.

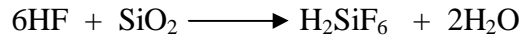
$$\text{Maksimum örnek miktarı (g)} = \frac{\text{Kabın maksimum enerjisi (kcal)}}{\text{Örneğin (gıdanın) enerjisi (kcal/g)}}$$

Gıdaların enerji içeriği, kalorilerden veya gıda etiketlerinden edinilen servis değerlerinden bulunur. Parçalamanın sağlanması için açığa çıkan maksimum enerji (kabın maksimum enerjisi) ampirik olarak 3 kcal olarak hesaplanmıştır (80). Çözünürleştirme kabındaki gerçek basınç; kabın cinsine, kullanılan asidin türüne, miktarına, asidin sıcaklığına, çözünürleştirilen örneğin boyutuna ve bileşimine bağlıdır.

Mikrodalga parçalama tekniğinde kullanılacak asidin türü de önemlidir. HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> veya bu asitlerin karışımı kullanılır (73).

HNO<sub>3</sub> ile yapılan çözünürleştirmelerde organik maddelerde CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O gibi gazlar açığa çıkar. Bu olay tüp içindeki toplam gaz hacmini arttırmakta ve belli sıcaklıkta HNO<sub>3</sub> ün tek başına yapabileceğinden daha yüksek basınçların oluşmasına yol açmaktadır. Eser elementlerin belirlenmesinde HNO<sub>3</sub> ve kullanılan diğer kimyasalların seyreltik olmaları iyi sonuçlar verir. Çünkü seyreltik asitler daha çok mikrodalga enerji absorbe ederler. Derişik asitli ortamda aşırı bir gaz basıncı olur, mikrodalga enerjinin örnek matriksine etkisi artar, oluşan bu yüksek basınç ve sıcaklıkla örnekler çözünürleştirilir. Örnek bütünlüğü sağlanır ve belirlenen % geri kazanım değerleri derişik asitle yapılan çözünürleştirme işlemlerinde oldukça iyidir.

Ayrıca düşük hacimde çalışılmalıdır (65,72). Polar moleküller ve iyonik çözeltiler (genellikle asitler) mikrodalga enerji tarafından etkilenebilecek sürekli bir dipol moment yüzünden güçlü bir şekilde mikrodalga enerjii absorbe eder. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yüksek sıcaklıklarda PTFE kaplarına zarar verdiğiinden, HClO<sub>4</sub> ise yüksek basınç ve sıcaklıkta tehlikeli patlama potansiyeline ulaştığıından pek tercih edilmez. Fazla hacimde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanıldığında katı kalıntısı ve atık karbon kalıntı miktarı azalır. Yüksek basınç ve düşük sıcaklıkta organik madde oksidasyon verimi artar (79). HCl ise Al analizi yapılan çalışmalarda Al ile girişim yapabilir. Silisyum içeren örneklerin çözünürleştirilmesi için hidroflorik asitin diğer asitlerle karışımı kullanılır. Silikatları parçalama reaksiyonu aşağıda verilmiştir.



Aynı zamanda HF in cam eşyalar üzerinde korozif etkisi vardır. Bu nedenle 1 mL konsantre HF çözünürleştirme için yeterli olacaktır (73). Çözünürleştirme ortamında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nin varlığı oksitlenmeyi ve çözeltinin berraklığını arttırmakta, sınırlı basınç altında yüksek sıcaklığın sürdürülmesine yardımcı olmaktadır.

#### 2.4.3.2.3. Mikrodalga Çözünürleştirme Yönteminin Avantajları;

Klasik çözünürleştirme yöntemlerine göre avantajları;

- Çözünürleştirme süresi
- Tekrarlanabilirlik
- Minimum enerji ve kimyasal madde sarfiyatı
- Uçucu bileşenlerin ortamda tutulması
- Çevresel kirlenmeden sakınılması
- Basit olması
- Güvenli olması (avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak)
- Blank (kör) hacminde azalma olması
- Çözünürleştirilebilir örnek sayısının ve miktarının fazla olması
- Çözünürleştirme kapları (teflon) tarafından mikrodalga enerjinin absorbe edilmemesidir (65,72,73,78,81,82).

## 2.5. ATOMİK SPEKTROSKOPİ

### 2.5.1. Teori ve Temel Prensipler

Kuantum teorisine göre; her atom, iyon veya molekül kendine özgü birtakım enerji hallerine sahiptir. Bunların en düşük enerjili haline temel hal denir. Oda sıcaklığında pek çok tür, temel halde bulunur. Bir ışın fotonu, söz konusu türün hemen yanından geçerken, fotonun enerjisi temel hal ile uyarılmış hallerden birinin enerjileri arasındaki farka tam olarak eşit ise, bu fotonun absorplanması mümkündür. Bu şartlarda, fotonun enerjisi, ilgili atom, molekül veya iyonla aktarılır, onu uyarılmış hal adı verilen daha yüksek enerjili hale geçirilir. Kısa bir süre ( $10^{-6} - 10^{-9}$  s) sonra uyarılmış tür, fazla enerjisini ortamdaki başka türlere aktararak temel haline döner ki, buna durulma (relaksasyon) denir. Durulmaya uğrayan türün çevresinde hafif bir sıcaklık artışı olur (83).

Uyarılmış haldeki bir atom daha yüksek bir enerji seviyesinden ( $E_h$ ) daha düşük bir enerji seviyesine ( $E_b$ ) değiştiği zaman,  $\nu$  frekansında spektral bir elektromanyetik ışın yayar. Bu enerji değişimi ( $E_h - E_b$ ),  $h\nu$  kuantum enerjisi şeklinde tayin edilir. Bu olaya emisyon denilmektedir.

$$(E_h - E_b) = h\nu$$

Tersine olarak, temel seviyesindeki bir atom,  $\nu$  frekansında bir elektromanyetik ışına maruz kalırsa, yüksek bir enerji seviyesine geçer. Burada  $h\nu$  kuantum enerjisine absorpsiyon denilmektedir.

$$E_h = E_b + h\nu$$

Atomik emisyon veya absorpsiyonda spektral bir çizginin, birisi temel halde olan iki elektronik enerji seviyesi arasındaki geçişine **rezonans çizgisi** adı verilir. Bir maddenin temel haliyle uyarılmış halleri arasındaki enerji farkları, başka bir maddeninkinden farklı olduğundan, her maddenin kendine özgü bir absorpsiyon spektrumu vardır (84).



Gaz halindeki atomların veya gaz halindeki tek atomlu iyonların absorpsiyon, emisyon ve floresans özellikleri üzerine kurulmuş olan spektroskopi dalına Atomik Spektroskopi denir (85).

Atomik türlerin spektroskopik tayinleri, gaz ortamında gerçekleştiğinden tüm atomik spektroskopi işlemleri için ilk basamak atomlaştırmadır; bu süreç sırasında numune, atomik bir gaz oluşturularak buharlaştırılır ve parçalanır. Metodun duyarlık, kesinlik ve doğruluk gibi nitelikleri, büyük ölçüde atomlaştırma basamağının verimliliği ve tekrarlanabilirliğine bağlıdır.

Atomik spektroskopi çalışmalarında numunelerin atomlaşması için kullanılan bazı metotlar Tablo 2.3 de gösterilmektedir.

**Tablo 2.3.** Atomik Spektroskopi Metotlarının Sınıflandırılması

Atomlaştırma Metodu	Atomlaştırma Sıcaklığı, °C	Metodun Temeli	Metodun Genel Adı ve Kısaltması
Alev	1700 - 3150	Absorpsiyon	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, AAS
		Emisyon	Atomik Emisyon Spektroskopisi, AES
		Floresans	Atomik Floresans Spektroskopisi, AFS
Elektrotermal	1200 - 3000	Absorpsiyon	Elektrotermal Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi, ETAAS
		Floresans	Elektrotermal Atomik Floresans Spektroskopisi, ETAFS
Endüktif Eşleşmiş Argon Plazma	6000 - 8000	Emisyon	Endüktif Eşleşmiş Plazma Spektroskopisi, ICP
		Floresans	Endüktif Eşleşmiş Plazma Floresans Spektroskopisi
Doğru-akım Argon Plazma	6000 - 10000	Emisyon	DC Plazma Spektroskopisi, DCP
Elektrik Arkı	4000 – 5000	Emisyon	Ark-kaynaklı Emisyon Spektroskopisi
Elektrik Kıvılcımı	~ 40000	Emisyon	Kıvılcım-kaynaklı Emisyon Spektroskopisi

Bunlar arasında en yaygın olarak kullanılanı alev atomlaştırmasıdır. Alevde atomlaştırma metodu üzerine kurulmuş olan spektroskopi üçe ayrılır. Bunlar;

- 1) Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)
- 2) Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES)
- 3) Atomik Floresans Spektroskopisi (AFS) dir (85).

### 2.5.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

Bir elementin atomlar halinde buhar fazında kendine özgü belirli dalga boylarında elektromanyetik ışın absorplamasına “Atomik Absorpsiyon” denir (86). Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), ışın kaynağından çıkan elektromanyetik dalganın gaz halindeki atomlar tarafından absorpsiyonu sonucu ışığın şiddetindeki azalmanın ölçülmesi ilkesine dayanır. Bir alev atomlaştırıcıda, atomlaşmanın olduğu bir alev içine örnek çözeltisi, ölçümü yapılacak elementlere ve istenilen sıcaklığa bağlı olarak belirlenen yanıcı gaz ile karışan yükseltgen gaz akışıyla taşınır ve püskürtülür. Metal katyonları içeren bir çözelti, uygun bir alev içine bu şekilde püskürtüldüğünde, genelde ilgilenilen elementin atomik buharı oluşur. Bazı metal atomları, emisyon yapmaya yetecek bir üst enerji konumuna yükseltirirse de alev bölgesindeki metal atomlarının çoğunluğu, emisyon yapmayan kararlı konumda (ground state) kalırlar. Bu kararlı konumdaki atomlar, karakteristik rezonans dalga boylarındaki bir ışımaya uğratılırlarsa, bu ışığı absorplarlar. Ölçülen absorbans değeri, alevdeki atomların popülasyon yoğunluğu ile orantılıdır (84).

Bir elementin atomik absorpsiyon spektrumu, uyarılmış ve temel halde bir seri rezonans çizgiler içerir. Genellikle temel hal ile bir üst enerji hali arasındaki geçiş en güçlü absorpsiyon çizgisidir ve bu çizgi, atomik absorpsiyon spektroskopisinde kullanılır (86).

Atomik absorpsiyon veya emisyon çizgilerinin doğal kalınlıkları,  $10^{-5}$  nm kadardır. Ancak bu hiçbir zaman beklendiği gibi olmaz. Çizgi kalınlıklarının (piklerin) özellikle de zemin çizgisine yaklaştıkları yerlerde genişlemeler görülür. Spektral çizgilerin genişlemesine neden olan olaylar başlıca şöyledir;

- 1) Belirsizlik etkisi,
- 2) Doppler etkisi,
- 3) Basınç artması etkisi,
- 4) Elektrik manyetik alan etkisi (Zeeman Etkisi).

**Belirsizlik**, uyarılan bir elektronun uyarıldığı enerji seviyesinde ne kadar süreyle kaldığını belirlemek için yapılan ölçmedeki belirsizlik kadardır. Elektron böyle bir uyarılma enerji seviyesinde çok kısa bir süre ( $10^{-7} - 10^{-8}$  saniye gibi) kalır ve bir alt enerji seviyesine geçer. Bu kadar kısa olan zaman aralığını ölçmek çok zordur. Bundan dolayı böyle kısa olan zaman aralıklarını ölçmede bir takım hatalar yapılır. Bu hatalar belirsizlik olarak nitelenir. Belirsizlik nedeniyle meydana gelen spektral çizgi genişlemesine doğal çizgi genişlemesi de denir (85).

**Doppler genişlemesi**, atomların ışınmayı salarken veya absorplarırken hızlı bir şekilde hareket etmelerinden kaynaklanır. Hızlı hareket eden atomların absorpladığı veya yaydığı ışının dalga boyunun dedektöre doğru giderken azalması, ters yöne giderken artması olayına dayanır. Alev sıcaklığı artarken atomların hızları da artacağından, bu tür genişleme daha da büyür (83,85).

**Basınç genişlemesi**, ısıtılmış ortamdaki ışın yayıcı veya absorplayıcı türlerin diğer atom veya iyonlarla çarpışmalarından ortaya çıkar. Yani basınç genişlemesi, atomlar arası çarpışmaların temel hal enerji düzeylerinde küçük değişimler yaratması, dolayısıyla temel ve uyarılmış hal enerji düzeyleri arasındaki farkın da değişime uğramasından kaynaklanır. Doppler genişlemesi gibi, basınç genişlemesi de sıcaklıkla artar. Dolayısıyla, yüksek sıcaklıklarda her zaman için absorpsiyon ve emisyon pikleri daha genişlemiş olarak gözlenir (71,83).

Zeeman etkisi, bir manyetik alan içine yerleştirilmiş ışık kaynağının her tayf çizgisinin, frekansı biraz farklı iki veya daha çok bileşene ayrılması olgusudur. Hidrojenin Balmer serisi tayf çizgileri gibi basit tayf çizgileri için, gözlem manyetik alana paralel olarak yapıldığında, tayf çizgilerinin, eşit yeğinlikte iki bileşene ayrıldığı görülür; alana dik bir doğrultuda, tayf çizgisi bir üçlü hâlinde ayrışır. Bileşenler arasındaki frekans farkları, alanın yoğunluğuyla orantılıdır ve bunların kutuplanma durumları (çembersel veya doğrusal), her zaman gayet iyi bellidir. Bu olay, manyetik alanın, atomun elektronları üzerindeki etkisini yansıtır (87).

Termal dengedeki atomların popülasyonunu içeren bir atom gazın içinden  $\nu$  frekansında ve  $I_0$  şiddetinde bir radyasyonun geçtiğini ve  $h\nu$  kuantum enerjisini absorpladığını farz edelim.  $I_0$  ve  $I$  arasında absorpsiyona bağlı olan ilişki **BEER – LAMBERT YASASI** olarak bilinmektedir:

$$I = I_0 e^{-(abc)} \quad \text{veya}$$

$$A = \log (I_0 / I) = abc$$

Bu eşitlikte,

A; Absorbans;

$I_0$ ; gelen şiddeti;

I; çıkan ışın şiddeti;

a; atomik popülasyonun absorpsiyon katsayısı veya absorptivite; L/g.cm

c; analit konsantrasyonu; g/L

b; absorplayıcı ortamın uzunluğu; cm

Eğer, konsantrasyon (c) mol/L, yol da cm cinsinden alınır, absorptivite yerine molar absorptivite ( $\epsilon$ ) kullanılır. Böylece, absorbans;

$$A = \epsilon \cdot c \cdot b$$

şeklinde yazılır.  $\epsilon$  un birimi L/mol.cm dir.

Absorbans ile birlikte kullanılan diğer bir kavram geçirgenliktir. Geçirgenlik (T), numunenin gelen elektromanyetik ışını geçirme gücü olarak tarif edilir. A ve T arasında aşağıdaki ilişkiler vardır.

$$T = I_0/I$$

$$\%T = (I_0/I) \cdot 100$$

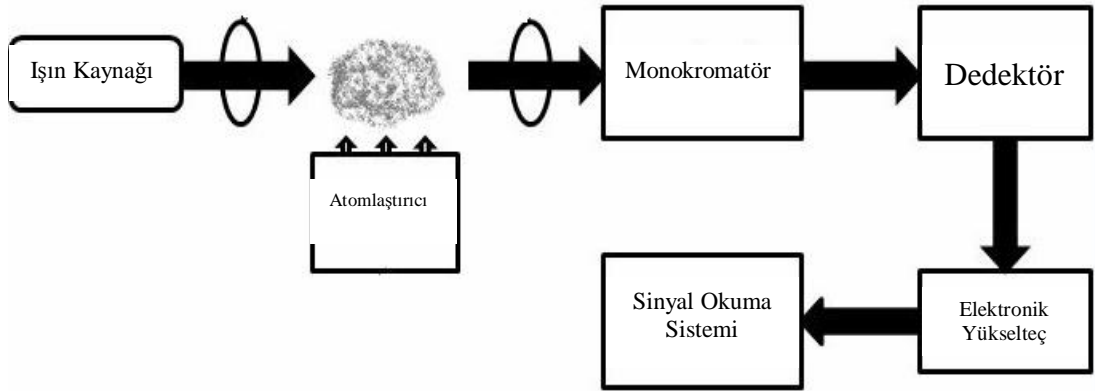
$$A = -\log T = \log (I_0/I)$$

$$\% \text{Absorpsiyon} = 100 \% T = [(I_0/I)/I_0] * 100$$

Atomik absorpsiyon spektroskopisi ile yapılan bir nicel analiz, Beer – Lambert yasasına dayanır. Işığın absorplayan atomlar temel enerji düzeyinden uyarılmış enerji düzeylerine geçerler ve absorpsiyon miktarı temel enerji düzeyindeki atom sayısına bağlıdır. Bir elementin tayininde analit çözeltisinden başlayarak , atomik, iyonik ve moleküler emisyon spektrumları oluşur ve oluşan bu emisyon spektrumlarının dedektörde okunmasına kadar süren işlemler oldukça karmaşık bir süreçtir. AAS tekniğinde analizlenen element, uygun bir alevle veya elektrotermal yolla atom buharına dönüştürülür ve bir oyuk katod lambası (OKL) gibi çizgisel bir ışın kaynağından çıkan belirli dalga boylarındaki elektromanyetik ışın, atom buharı tarafından absorplanır. Absorpsiyon sonrası bir monokromatörden geçirilen ışın, şiddeti zayıflamış olarak detektöre ulaşır. Böylece absorpsiyon ölçülerek madde konsantrasyonuna geçilir (84).

### **2.5.2.1. Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin Kısımları ve Fonksiyonları**

Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik yöntemle tutarlı, güvenilir sonuçlar elde edilmesi aletin mekanik, optik ve elektronik kısımlarına bağlıdır. Bir Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi; Şekil 2.1 de gösterilen, incelenen elementin spektrumunu yayan bir ışın kaynağı, örneğin atomlarına ayrıldığı atomlaştırıcı, çalışılan dalga boyunun diğer dalga boylarından ayıran bir monokromatör (dalga boyu seçici) ve ışın şiddetinin ölçüldüğü dedektör kısımlarından oluşur.



**Şekil 2.1.** AAS kısımları

### 2.5.2.1.1. Işın Kaynakları

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde, incelenen element çok dar dalga boyu aralığında absorpsiyon yapmaktadır. Bu nedenle, sürekli bir ışın kaynağı kullanarak absorpsiyon hattını ayırmaya çalışmak yerine, absorpsiyon hattından daha dar emisyon hattı veren bir spektral kaynak kullanmak alet tasarımı açısından çok büyük bir kolaylık sağlamıştır. Atomik absorpsiyon spektroskopisinde kullanılan ışın kaynakları aşağıda anlatılmaktadır.

#### 2.5.2.1.1.1. Oyuk Katot Lambaları:

Atomik absorpsiyonda en yaygın kullanılan ışın kaynağı oyuk katodlu (Hollow Cathode) lambalardır. Oyuk katot lambası (HCL), Şekil 2.2 de görüldüğü gibi 4 – 10 torr basınçta inert gazla (argon veya neon) doldurulmuş, bir katot elektrot, bir anot elektrot ve bir cam veya kuvarz çıkış penceresinden oluşan silindirik yapıda bir cam lambadır (86).

Neon gazı yüksek yoğunluk gereken durumlarda argon gazı ise neon emisyon çizgisinin katot elementinin rezonans çizgisinin altında kaldığı zaman kullanılır (86).



**Tablo 2.4.** Çok elementli oyuk katot lamba çeşitleri

elementler	elementler
Ag, Au	Cu, Fe, Ni
Ca, Mg	Ag, Cr, Cu, Ni
Ca, Mg *	Al, Cu, Fe, Ti *
Ca, Zn	Cu, Fe, Mn, Zn
K, Na	Ag, Cr, Cu, Fe, Ni
Pt, Ru	Co, Cr, Cu, Mn, Ni
Sn, Te	Co, Cu, Fe, Mn, Mo
Al, jCa, Mg *	Ag, Al, jCr, Cu, Fe, Mg
Al, jCa, Mg	Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni
Ca, Mg, Zn	Al, jCa, Cu, Fe, Mg, Si, jZn

\* Bu lambalar kuartz pencereye sahiptir. 245 nm 'den düşük ikinci dalga boyu kullandığınızda kuartz pencere versiyonunu seçiniz.

j Bu elementler azot oksit- asetilen alevi gerektirirler.

Çok elementli lambalarda bütün elementler kullanışlı bir biçimde birleştirilemezler. Bazı bileşimler metalurjik açıdan mümkün değildir, diğer bir sorun da, üç veya daha fazla element bir lambaya göre zayıflamasıdır. Bunun sonucunda sinyal-gürültü oranının azalması ile kesinlik ve gözlenebilme sınırı etkilenebilir (84).

#### 2.5.2.1.1.2. Elektrotsuz Boşalım Lambaları;

Elektrotsuz boşalım lambalarında, tayin edilecek element, yüksek frekans sarımlarına sıkıca yerleştirilmiş ve yalıtılmış bir ceket içinde bulunan 1 – 2 cm boyunda ve 5 – 10 mm çapındaki kuartz bir tüp içine düşük basınçta argon gazı ile konmuştur. Kuartz tüpün dışçeperleri ile temastaki elektrotlar arasına 200 watt lık bir güç uygulama ile uyarma sağlanır. Bu lambalarda şiddetli bir radyo frekansı veya mikrodalga ışınımın sağladığı alanla atomlar uyarılır. Önce argon atomları iyonlaşır; bu iyonlar, uygulanan alanın yüksek frekans bileşeni tarafından hızlandırılır; hızlı olan bu iyonlar; spektrumu istenen atomlara çarpıp onları uyarırlar. Bu lambaların



ışık şiddeti yüksek, oyuk katot lambalarına oranla daha fazla, ısınma süresi kısa ve kararlılığı iyidir. As, Se, Sb gibi uçucu ve 200 nm den küçük dalga boylarında absorpsiyon ve emisyon yapabilen elementler için geliştirilmişlerdir (70,71,84,86,88).

Elektrodsuz boşalım lambalarının en önemli üstünlüğü vakum UV bölgede kullanılmalıdır. Bu bölgede tayin edilen elementler için öteki ışık kaynakları yetersizdir. Ayrıca boşalım lambalarının ışık şiddetinin oyuk katod lambalarına göre çok daha yüksek olması, bu bölgede hava, alev merceklerin geçirgenliğinin daha az olması ve aynalara zayıf yansıtma özellikleri nedeniyle çok önemlidir (84).

#### **2.5.2.1.1.3. Yüksek Işımalı Lambalar**

Self - absorpsiyonu ortadan kaldırmak ve emisyon şiddetini artırmak için Sullivan ve Walsh tarafından geliştirilen yüksek ışmalı lambalarla standart oyuk katot yanında bir çift de elektrot vardır. Yardımcı elektrotlardan ikinci bir akım geçirilerek oluşturulan atom bulutunda ilk boşalımda uyarılmayan atomlar da uyarılır. Böylece ışık şiddetinde 50 - 100 kat artış görülür.

Yüksek ışmalı lambalar önce büyük ilgiyle karşılandıysa da, yapısının karmaşıklığı, ikinci bir güç kaynağı gerektirmesi ve emisyonun kararlı hale gelmesi için uzun süre beklemesi nedeniyle bazı araştırmalar dışında kullanılmamaktadır (84).

#### **2.5.2.1.1.4. Buhar Boşalım Lambaları;**

Buhar boşalım lambaları, incelenen elementi içeren bir buhardan elektrik akımı geçirilmesiyle emisyon yaparlar. Civa, talyum, çinko gibi çok uçucu metaller ve alkali metalleri buhar boşalım lambaları kullanılarak tayin edilmekteydi. Oyuk katod lambalarının geliştirilmesiyle bu lambalar atomik absorpsiyon analizlerinde önlemlerini kaybetmişlerdir (84).

#### **2.5.2.1.1.5. Alev;**

Alkemade ve Milatz, 1955 de, içine yüksek derişimde metal tuzların çözeltilisi püskürtülen bir alevi ışık kaynağı olarak kullanmışlar ve çeşitli çalışmacılarda bu örneği izlemişlerdir. Primer ışık kaynağı olarak alev, ucuzluğu, evrenselliği ve istenilen özelliğe göre ayarlanabilmesi bakımından avantajlıdır. Buna karşılık kararsız ve ışık şiddeti zayıftır. Ayrıca, emisyon ve absorpsiyon hatlarının yarı genişliği aynıdır ki bu da istenmeyen bir durumdur (84).

#### **2.5.2.1.1.6. Sürekli Işık Kaynakları**

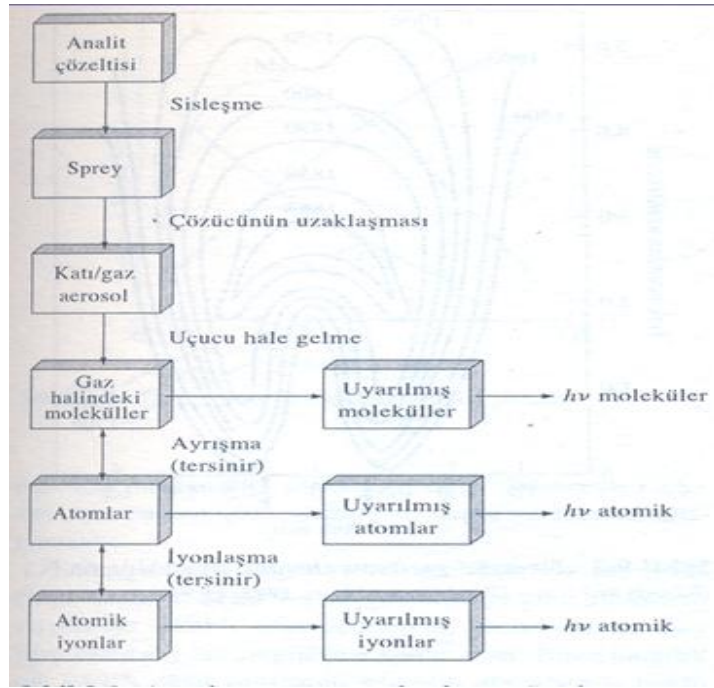
Gibson, Grossman ve Cooke, sürekli ışık kaynaklarının atomik absorpsiyonda kullanabileceklerini ileri sürmüşlerdir. Fakat çok yüksek kalitede bir monokromatörle bile analitik eğri doğrusallıktan o kadar sapmaktadır ki yüksek absorpsiyonlarda çalışmak mümkün değildir. Ayrıca, sürekli kaynağın kendisinin seçici olmaması spektral girişimlerinin ortaya çıkma olasılığını artırmaktadırlar (84).

#### **2.5.2.1.2. Atomlaştırıcılar**

Absorpsiyon hücresi olarak da adlandırılan atomlaştırıcı, örnekteki iyonlardan ve moleküllerden, analizi yapılacak elementin temel düzeydeki atom buharının oluşturulduğu bölümdür (88). Analizi istenen elementin atom buharlarını oluşturmak işine "Atomizasyon" denir ve bu da örnek çözeltilinin aleve püskürtülmesiyle elde edilir. Atomlaştırıcının en önemli işlevi, örnekteki molekül veya iyonlardan temel haldeki element atomlarını oluşturmaktır. Bu, tüm atomik absorpsiyon olayında en kritik işlemdir. Bir analizin başarılı olup olmaması atom etkinliğine bağlıdır; tayinin duyarlılığı incelenen elementin atomlaşma derecesi ile doğrudan orantılıdır. Kullanılan atomlaştırıcıları iki başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar alevli ve alevsiz atomlaştırıcılar olarak adlandırılır. Atomik absorpsiyon spektroskopisinde ,atomlaştırıcı için üzerine en çok çalışılan ve geliştirilen yöntem, örneğin çözelti halinde aleve püskürtülmesi olmuştur. Daha sonraki yıllarda alevsiz atomlaştırıcılar geliştirilmiş ve büyük önem kazanmışlardır (84).

### 2.5.2.1.2.1. Alevli Atomlaştırıcılar;

Bir alev atomlaştırıcıda, atomlaşmanın olduğu bir alev içine numune çözeltisi yanıcı gaz ile karışan yükseltgen gaz akışıyla taşınır ve püskürtülür. Şekil 2.3 de gösterildiği gibi alevde, birbiriyle bağlantılı olarak oluşan karmaşık bir grup süreç söz konusudur.

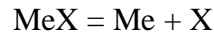


**Şekil 2.3.** Atomlaşma sırasında oluşan süreçler.

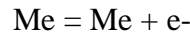
Örnek çözeltisi alev ortamına bir sisleştiriciyle püskürtüldüğünde önce çözücünün buharlaşması ile çözelti damlacıkları kurur. Buharlaşma hızı, damlacıkların boyutuna ve çözücü cinsine bağlıdır. Oluşan katı tanecikler, alev sıcaklığının etkisi ile çeşitli değişikliklere uğrayabilirler. Organik maddeler yanar, inorganik bileşenler ayrışırlar, birbirleri ile veya alev gazları ile tepkimeye girerler. Taneciklerin buharlaşması ile oluşan gaz molekülleri ısıl olarak atomlarına ayrılmaya başlar. Bu bir denge tepkimesidir ve buna paralel olarak yürüyen birçok tepkime de söz konusu olduğundan alevdeki olaylar genellikle çok karmaşıktır.

Bir alevde, incelenen atomlardan başka çeşitli yanma ürünleri ( CO<sub>2</sub>, CO, C, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, O, H<sub>2</sub>, H, OH, NO, N<sub>2</sub> vb.) de vardır ve bazı durumlarda bunlar aşırı miktarda olabilir. Ayrıca çözücünün ve örnekte bulunabilecek öteki maddelerin ayrışma ürünleri de göz önüne alınmalıdır (71,84).

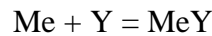
Alevde sıcaklığa bağlı denge tepkimeleri ile atomlar, radikaller, iyonlar vb. oluşurlar. Eğer incelenen metalik bileşiğin anyonu (X), alevdeki başka bir denge tepkimesinin sonucu olarak yüksek derişimde (yüksek kısmı basınçta) oluşursa, incelenen metalin (Me) ısısal ayrışması, kütlelerin tesiri kanunu gereğince, kuvvetle azalacaktır:



bundan başka, oluşan metal atomlarının sayısı, metal atomlarının iyonlaşması:



veya başka bir bileşenle (Y) tepkimeye girmesiyle,



etkilenebilir.

Alev, optik geçirgen olmalıdır. Yani, alevin kendisi herhangi bir absorpsiyon yapmamalı ve eğer mümkünse, atomlaşma nicel olmalıdır. Tam olmayan atomlaşma, yalnız daha az atom oluşması değil fakat aynı zamanda ışık saçılmasına yol açabilecek katı veya sıvı taneciklerin halen alevde ve dolayısıyla ışık yolunda bulunması demektir. Ayrışmamış moleküller, geniş bir spektral aralıkta absorpsiyon yaptıklarından spesifik olmayan iş kayıplarına neden olurlar (84).

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde iki tür yakıcı kullanılır.

### 2.5.2.1.2.1.a. Turbülent (Ön-karıştırmasız) Yakıcılar;

Turbulent yakıcılarda yanıcı ve yakıcı gazlar ayrı ayrı taşınarak yakıcı kapağının hemen altında karışırlar. Örnek çözeltisi aerosol oluşturur ve bu aerosol yolu üzerindeki plakalara çarparak çeşitli büyüklükteki damlacıklara dönüşür ve örnek çözeltisi yakıcının merkezinden geçen dik bir kapilerden püskürtülerek doğrudan alev sis şeklinde verilir (71,84).

### 2.5.2.1.2.1.b. Laminer (Ön – karıştırmalı) Yakıcılar;

Laminer yakıcılarda (premix burners) ise yakıcı ve yanıcı gazlar karıştırma bölmesinde iyice karıştırılır. Örnek çözeltisi, karışma bölmesine havalı sisleştirici ile püskürtülür ve gaz karışımı ile bir aerosol oluşur. Aerosol alev girmeden önce belli bir yol kateder ve bu sırada daha büyük örnek damlaları dışarı akıtılır (çözeltinin ancak % 5-20'si alev ulaşır. Karıştırma bölmesi bir laminer yakıcıda gerçekleştirilir ve örneğin nicel olarak atomlaştırılması oldukça iyi sağlanır. Çünkü bu yakıcıda çok ince zerrecikler oluşur ve yanma hızı turbülent yakıcıya göre yavaştır. Her iki tür yakıcı ile ulaşılan sıcaklıklar birbirine yakındır. Laminer yakıcının geçirgenliği pratik olarak idealdir, turbülent alev ise optik olarak uniform değildir. Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde kullanılacak alevler Tablo 2.5 de verilmiştir (71,84).

**Tablo 2.5.** Çeşitli alevlerin sıcaklıkları ve gaz karışımları.

Yakıcı Gaz (Yükseltgen)	Yanıcı Gaz	Sıcaklık (°C)	Maksimum Yanma Hızı (cm.s <sup>-1</sup> )
Hava	Doğalgaz	1840 (1700 – 1900)	39 - 43
Hava	Metan	1875	
Hava	Hidrojen	2045 (2000 – 2050)	300 - 440
Hava	Asetilen	2300 (2125 – 2400)	158 - 266
Azot Oksit	Asetilen	2750 (2650 – 2800)	285
Oksijen	Hidrojen	2660 (2550 – 2700)	900 – 1400
Oksijen	Asetilen	3100 (3060 – 3155)	1100 - 2480
Oksijen	Doğalgaz	2700 - 2800	370 - 390

En yüksek absorpsiyon elde etmek ve girişimleri önlemek için tayin edilecek elemente göre alev seçimi önemlidir. Yakıcı – yanıcı gaz oranı da alevdeki atom oluşumunu etkiler. Tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek için yakıcı ve yanıcı gaz akışları denetlenmelidir.

**Hava-Propan:** Alev sıcaklığı 1925 °C. Özellikle alkali metal tayinlerinde kullanılır. Bunların iyonlaşma potansiyelleri oldukça düşük olduğundan yüksek sıcaklıkta iyonlaşırlar. Bu alevin yanma hızı düşük olduğundan yumuşak bir alevdir ve hava hareketlerinden kolayca etkilenir. Bu da aletin hassasiyetine tesir eder (84).

**Hava-Asetilen:** Elementlerin büyük bir kısmının tayininde bu alev kullanılır. Bir çok element uygun bir ortam ve atomlaşma için yeterli sıcaklık sağlar. Ortalama olarak sıcaklığı 2300 °C dir. Bu alev geniş bir spektral aralıkta geçirgendir, 230 nm ye kadar self – absorpsiyonu yoktur ve ayrıca emisyonu çok düşüktür. Yüksek sıcaklığından dolayı alkali ve bazı toprak alkalimetallerinin iyonlaşmasına sebep olur. Bunu önlemek için hava- asetilen ile bu elementleri tayin ederken çözeltiye iyonlaşma potansiyeli düşük elementler ilave edilir (84).

**Azot Oksit- Asetilen:** Alev sıcaklığı oldukça yüksek olduğundan (2955 °C), bu alev kolayca ayrışmayan dayanıklı oksitler meydana getiren elementlerin ( Ca, Si, Sc, Ti, V, Be, B, Al, Ge, W, Os v,s,) tayininde kullanılır (84).

**Hava-Hidrojen:** Alev sıcaklığı 2000-2050 °C dir. Soğuk bir alevdir fakat yanma hızı yüksek olduğu için hava hareketlerinden kolayca etkilenmez. Geçirgen bir alev olduğundan dalga boyu 220 nm nin altında olan elementlerin (Se, Sn,As gibi) tayininde kullanılır (84).

#### 2.5.2.1.2.2. Alevsiz Atomlaştırıcılar;

Atomik absorpsiyon spektrometresinde örneklerin atomlaştırılmasında alev en çok kullanılan ortam olmuştur. Ancak daha iyi bir duyarlık ve gözlenebilme sınırı elde etme isteği, örneklerin daha ekonomik olarak kullanılabilmesi ve alev tekniğinin

temel sınırlamaları alev karşı çeşitli elektro termal atomlaştırıcıların geliştirilmesine yol açmıştır. Elektro termal atomlaştırma için grafit fırınlar, karbon çubuk ve filamanlar, örnek kayıkçıkları ve metal filamanlar kullanılmaktadır (84).

Elektro termal atomlaştırıcıların yapımı daha zor ve pahalıdır, daha büyük ve gelişmiş güç kaynağı gerekli olduğundan fiziksel olarak daha fazla yer kaplarlar. Buna karşılık , en çok kullanılan elektro termal atomlaştırıcılar (grafit küvet ve çubuklar) alev göre birçok üstünlükler sunarlar (84).

- Elektro termal atomlaştırıcılarda küçük örnek hacimleri kullanılır(5 - 100 $\mu$ L),
- Alevde sisleştirmesi zor olan viskoz sıvılarla kolaylıkla çalışabilir,
- Vakum UV bölgeye düşen örneklerin analizi , oksijenin şiddetli absorpsiyonundan dolayı alevde önlenmesine rağmen ,elektrotermal atomlaştırıcılarla (havadan arıtılmış bir sistem kullanılarak) mümkündür,
- Elektro termal atomlaştırıcılarda zemin değer sinyalinin düşük olması sinyal-gürültü oranını artırır: yani daha iyi gözlenebilme sınırı elde edilir,
- Atomik buharın kimyasal ve ısıl çevresi daha iyi denetlenebilir,
- Elektro termal atomlaştırıcılarda buharlaşma ve atomlaşma verimleri alev göre genellikle daha üstündür; özellikle termal olarak kararlı oksitler oluşturan elementler durumunda. Bu, elektro termal atomlaştırıcının hacminin daha küçük olmasının, analitin alev gazları ile seyrelmemesinin, akkor halindeki grafit fırın içinde kuvvetli bir indirgen ortam olmasının ve buharlaşma ve ayrışmanın daha verimli olmasının bir sonucudur,
- Yukarıdaki karakteristikler ve atomik buharın analitik hacim içerisinde kalma süresinin artması nedeniyle duyarlılıkta  $10^4$  -  $10^5$  mertebesinde artma olur,
- Katı örneklerin doğrudan analizi mümkündür (84,86).

Bu yöntemde, numune çözeltisi alev püskürtülerek değil, bir grafit tüpün içinde enjekte edildikten sonra elektrik akımı ile ısıtılarak atomlaştırılır. Elektro termal atomlaştırıcıya yerleştirilen 10 – 20  $\mu$ L örnek, sırasıyla kurutma, kül etme ve atomlaştırma işlemlerine tabi tutulur. Kurutma aşamasında, örnek, 20 – 30 s  $110^{\circ}$ C de ısıtılarak çözücüler ve uçucu matriks bileşenleri buharlaştırılır (86).

Kül etme basamağında, 500 °C gibi bir ara sıcaklıkta, yüksek kaynama noktalı matriks bileşenleri uçuculaştırılır ve matriks maddeler kömürleştirilerek piroliz edilir. Kül etme sıcaklığı çok yüksek olduğundan bu sıcaklıkta uzun süre bekletildiğinde analit kaybı meydana gelir. Bunun için Tablo 2.6 da bazı elementler için kül etme sıcaklıkları verilmiştir (86).

**Tablo 2.6.** Grafit fırında kül etme sıcaklıkları

Element	Kül etme sıcaklığı, °C	Kül etme sıcaklığı, °C ( Pd modifier kullanıldığında)
Antimon	800	1400
Arsenik	800*	1500
Bizmut	500	1100
Kadmiyum	300	550
Krom	1300	1300
Kobalt	900	1200
Bakır	900	1100
Altın	700	1100
Demir	800	1300
Kurşun	400	1000
Manganez	800	1200
Civa	120	450
Nikel	900	1200
Selenyum	700*	1100
Gümüş	500	950
Tellür	500	1300
Kalay	800	1300
Talyum	400	1500
Çinko	400	900

\* Nikel modifier kullanıldığında



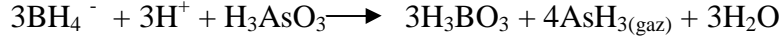
Matriks modifier olarak paladyum (II) nitrat kullanılır. Paladyum (II) nitrat, kül etme sıcaklığının yüzlerce derece üstündeki sıcaklıklarda elementleri stabilize eden kimyasal bir modifierdir. Paladyum, konsantrasyonu önemli bir parametredir. Düşük miktarda paladyum ( $50 - 200 \text{ mg.L}^{-1}$ ) zemin ve kimyasal girişimi engeller. Çok kompleks örnekler için daha yüksek konsantrasyonda ( $200 - 1000 \text{ mg.L}^{-1}$ ) paladyum gerekli olabilir. Paladyum, klorit bileşiği halinde değil nitrat bileşiği halinde kullanılmalıdır. Eğer analit; geç, geniş ve düzensiz pikler veriyorsa daha yüksek atomlaştırma sıcaklığı seçilir. Hidrojen gazı, (% 95 Ar içinde % 5  $\text{H}_2$ ) kurutma basamağından kül etme basamağına geçiş esnasında kullanılarak metalik paladyum oluşumuna yardımcı olur. Kül etme ve atomlaştırma basamaklarında Ar gazı kullanılır. Magnezyum nitrat ( $1000 \text{ mg.L}^{-1}$ ) çeşitli elementlerin analizinde paladyum (II) nitrat ve hidrojen gazı ile kombine halinde kullanılır (86).

Atomlaştırma basamağında, maksimum fırın sıcaklığına veya atomlaştırma sıcaklığına olabildiğince çabuk ulaşmak için maksimum güç uygulanır. Analit kalıntılarını, uçuculaştırılır ve AAS kaynağında gelen ışınları absorplayacak serbest atomlara dissosiyeler. Geçici absorpsiyon ışınları çabucak ölçülür.

Kurutma, kül etme ve atomlaştırma basamaklarından sonra, örnek matriksinin bir sonraki ölçümü etkilememesi için sıcaklık atomlaştırma sıcaklığının  $200 - 300 \text{ }^\circ\text{C}$  üzerine veya maksimum sıcaklığa yükselttilerek grafit küvetin içi temizlenir. Bu dört sıcaklık basamağı sırasında da grafit tüpün içinden ve dışından sürekli inert gaz (Ar veya  $\text{N}_2$ ) geçirilir (86).

**Hidrür atomlaştırma;** bir atomlaştırma yönteminden çok numune gönderme tekniğidir. Özellikle As, Sb, Bi, Ge, Sn, Pb, Se, Te gibi kovalent hidrür oluşturan elementlerin ppb seviyesindeki tayinlerinde kullanılır. Örnek gaz halinde atomlaştırıcıya verilir. Çözeltideki element kuvvetli bir indirgen (genellikle  $\text{NaBH}_4$ ) eklenmesiyle hidrürüne dönüştürülür. Oluşan hidrür/sıvı karışımı bir gaz/sıvı ayırıcıdan geçirilir; sıvıdan ayrılan hidrür bir inert gaz ( $\text{N}_2$ ) ile süpürülerek atomlaştırıcıya gönderilir. Atomlaştırıcı olarak alev veya elektrikle ısıtılan kuvars T-tüp kullanılır. Kuvars tüp içinde ısıtılan hidrür atomlarına ayrışır ve HCL'nin ışığını

absorplar. Element derişimi yukarıda açıklandığı şekilde, ışığın şiddetinin absorpsiyon öncesi ve sonrası ölçülerek orantısının bulunmasıyla belirlenir. Asitlendirilmiş bir numunede As nin HGAAS ile tayininde aşağıdaki tepkime geçerlidir (89):



### 2.5.2.1.3. Dalga Boyu Seçici (Monokromatör)

Analitik bir aletin kalitesi, genellikle doğrudan monokromatörün spektral band genişliğine bağlı olduğu halde atomik absorpsiyon için bu o kadar önemli değildir. Atomik absorpsiyonda, iki elementin birbirinden ayrılması , sadece oyuk katot lambasının emisyon hatlarının yarı-genişliği (yaklaşık 0,002 nm) ile absorpsiyon hatlarının yarı genişliğine (yaklaşık 0,004 nm) bağlıdır. Başka bir deyişle normal bir monokromatörün ayıma gücünün çok altında bir değerlerdir.

Monokromatörün başlıca görevi incelenen elementin rezonans hattını, ışık kaynağının yaydığı hatlardan (non-rezonans çizgilerinden ve öteki gereksiz ışımalarından) ayırmaktır. Analizi istenen elementin iyonlaşmış atomlarından veya çeşitli nedenler ortamda bulunabilecek diğer elementlerin atomlarından dolayı non-rezonans çizgileri meydana gelir. En sıcak alevde bile atomların büyük bir çoğunluğu temel haldedir. Bu durumda rezonans absorpsiyon, non-rezonans absorpsiyondan daha yoğun bir şekilde meydana gelir. Analitik olarak gerekli olan rezonans absorpsiyonudur. Kullanılan rezonans çizgilerinden en hassası , analizi istenen elementin belli bir konsantrasyonu için en yüksek absorbans değeri verenidir. Işık yoğunluğu ve dalga boyu aralığını ayarlayan yarık “slit” genişliği de dalga boyu seçiminin önemli bir değişkenidir.

Alette dalga boyu ayarı, düğmeyi en yüksek absorbans elde edecek şekilde çevirmekle, yarık genişliği ayarı da, aletin üstündeki bir çarkla yapılır. Yarık genişliğinin, istenen dalga boyundaki ışığı geçirecek kadar dar, istenen ışık yoğunluğunu elde edecek kadar geniş olacak şekilde ayarlanması gereklidir (84).

#### 2.5.2.1.4. Elektronik Sinyallerini Alan Kısım (Fotodedektör)

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde ışık sinyalinin elektrik sinyaline dönüştürülmesinde başlıca fotoçoğaltıcılar kullanılır. Fotoçoğaltıcının kullanacağı spektral aralık katot üzerindeki ışığa duyarlı tabakaya ve tüpün pencere malzemesine bağlıdır. Atomik absorpsiyonun incelendiği tüm spektral aralıkta yeterli duyarlılığa sahip bir fotoçoğaltıcı bulmak çok zordur. Fotoçoğaltıcılarda çoğunlukla UV ve Görünür Bölgenin kısa dalga boylarında Cs-Sb, görünür bölge için ise Se katot kullanılır.

Yoğunluğu ölçülecek ışın metal katoda gelir. Yüzeydeki elektronlar, fotonlar tarafından koparılır. Bu elektronlar ilk dinot tarafından çekilir. Kinetik enerjileri artan elektronlar oradan daha fazla elektron koparır böylece çoğalan elektronlar son dinot (anot) tarafından toplanır.

Elektronik sinyal alıcısındaki voltaj değeri, alettaki "EHT" düğmesine basmak suretiyle okunabilir. Bu değer çok yüksek olması yükseltecin doygun hale gelmesine ve hatalı sonuçlar eldesine yol açar (84).

#### 2.5.2.1.5. Elektronik Yükselteç ve Okuma Sistemi

Burada, elektronik sinyal alıcıdan gelen elektrik akımı elektronik bir devre yardımıyla yükseltilir, ve okuma skalasına veya kaydediciye sinyal olarak verilir. Sinyaller çeşitli çalışma modları seçilerek gözlenebilir.

Çalışma modları:

**ABS:** Bu mod seçildiğinde 0 - 1,0 arası absorpsiyon okumaları gözlenir.

**TRANS:** Bu mod da % 0 - 100 transmisyon değerleri gözlenir.

**CONS:** Bu mod seçildiğinde doğrudan doğruya konsantrasyon okumaları elde edilir.

Çok düşük absorpsiyon veren konsantrasyonlarda skala genişletilmesi yaparak okuma elde etme olasılığı vardır.

Okuma modları:

**DAMP:** Okuma yaparken bu mod seçilerek hızlı sinyal değişiklikleri gözlenir. Alette A,B,C olmak üzere üç tane DAMP modu vardır. A dan C ye doğru sinyal alma süresi uzar. Bu modda READ düğmesi kullanmaksızın sinyal alınır.

**INT:** Belli bir süre içinde alette elde edilen sinyallerin sayısal ortalamasını alıp tek bir okuma veren moddur. Bu süre alette 10 ve 3 sn olmak üzere 2 tanedir. Bu modda READ düğmesi yardımıyla okuma elde edilir.

**PEAK:** Belli bir sürede alette elde edilen sinyallerin en yüksek değerini okumak için kullanılan bir moddur. Bu süre alette 10 sn'dir. Okumalar READ düğmesi yardımıyla yapılır (84).

### 2.5.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopide Girişimler

İzlenen absorpsiyon sinyali sadece aranan elementten ileri gelirse ve absorpsiyon, numune çözeltinin kimyasal ve fiziksel özelliklerine değil sadece söz konusu elementin konsantrasyonuna bağlı olursa Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kimyasal analizler için ideal bir uygulamadır. Ancak bu ideal durum girişimler nedeniyle her zaman düşünülemez. Girişim, Atomik Absorpsiyon sinyalini etkileyen veya yanlış sinyale yol açan ve numune çözeltinin fiziksel özelliğinden veya analizi yapılan elementten başka bir kimyasal bileşiminin etkisinden ileri gelen durum diye tanımlanabilir (84).

Girişimler kaynaklarına göre başlıca beş gruba ayrılırlar. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- 1) Kimyasal
- 2) Fiziksel
- 3) Spektral
- 4) İyonlaşma
- 5) Zemin

### 2.5.2.2.1. Kimyasal Girişimler

Kimyasal girişim, elementin nicel olarak atomlaşmasını önleyen herhangi bir bileşik oluşumu olarak tanımlanır. Kimyasal girişimlerin ortaya çıkmasının başlıca iki nedeni vardır; zor eriyen veya buharlaşan tuz oluşması ve bu oluşan moleküllerin tam olarak ayrışmaması yada serbest atomlar ortamda bulunan öteki atom veya radikallerle tepkimeye girerek başka formlara dönüşmeleridir. Alevde karşılaşılan kimyasal girişimlerden en önemlisi, serbest atomların ortamda bulunan öteki atom veya radikallerle kendiliğinden tepkimesidir. Serbest metal atomları ile alevin yanma ürünlerinin birleşmesi sonucu oksitler, hidroksitler, karbürler veya nitrürler oluşur. Bu tür girişimin sonucu olarak, 30 kadar metalik element hava / asetilen alevinde kararlı oksitler oluşturduklarından tayin edilemezler. Örnek matriksinin neden olduğu kimyasal girişimler de söz konusudur. Matriks içinde bulunan bazı elementler veya gruplar tayini yapılacak elementin atomlaşma sıcaklığında atom veya gruplar halinde bulunurlar. Bunlardan birinin atomları veya grupları tayini yapılacak elementin atomlarıyla reaksiyona girerek yeni bir madde meydana getirirler. Bu yeni madde çalışma ortamındaki sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda atomlarına ayrıldığından, tayini yapılan madde noksan bulunur. Meydana gelen yeni madde metal-metal bileşiği olduğu gibi metal-ametel bileşiği de olabilir.

Kimyasal girişimler ikiye ayrılır:

- a)Kasyon girişimleri
- b)Anyon girişimleri

Kasyon girişimlerine metal karışımları da denir. Buna örnek olarak: Magnezyum tayin edilen numunede ayrıca alüminyum varsa, magnezyumun yüzdesi düşük bulunur. Çünkü, magnezyumun tayin sıcaklığında, ortamda magnezyumla birlikte alüminyum da atomlaşır ve magnezyum atomları alüminyum atomlarıyla reaksiyona girer ve yeni bir madde (alaşım) meydana gelir. Bu maddenin atomlarına ayrılması için daha yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulduğundan, magnezyum düşük bulunur.

Anyon girişimleri, yalın veya kompleks anyonlardan olabilir. Kompleks anyon söz konusu sıcaklıkta nötral gruplara veya moleküllere ayrılır. Bunlar da tayini yapılan element atomlarıyla yeni bileşik veya bileşikler meydana getirirler. Ortamda H atomları bulunursa, bu girişim büyük ölçüde önlenir. Bazı anyonlarda metal atomlarının buharlaşmasını önleyerek tayini güçleştirirler. Örneğin, kalsiyum tayini yapılan ortamda fosfor bulunursa, kalsiyumun buharlaşması güçleşir ve eksik bulunur. Bunun önüne geçmek için ortama bir miktar lantan tuzu ilave edilir. Fosfat, lantan iyonu ile lantan fosfat verir ve kalsiyumun atomlaşması kolaylaşmış olur. Birçok kimyasal girişim alev sıcaklığının yükseltilmesiyle uzaklaştırılabilir, bunun dışında girişimler kimyasal olarak da giderilebilir. Bunlar girişim yapan iyon standart çözeltilere eklenir ve bu şekilde örnek matrisi ve standart çözeltiler birbirine benzetilebilir; diğer bir şekilde oluşan girişimin giderilmesinde, girişimi yapan anyon örnek çözeltisine aşırı eklenen başka bir katyonla bağlanabilir veya tayin edilecek katyon kompleks içinde tutularak bu şekilde kimyasal girişim giderilebilir.

Bazen de çok uçucu bir elementin uçuculuğunu azaltmak amacıyla ortama ilaveler yapılır. Örneğin, grafit fırında selenyum tayininde ortama bir miktar nikel nitrat konulur. Bu madde selenyumun uçuculuğunu azaltır ve tayinine ortam hazırlar. Yukarıda açıklandığı şekillerde, bir elementin tayinini gerçekleştirmek amacıyla, ortama başka bir madde ilave etme işlemine matris değiştirme denir. Matris değiştirici olarak kullanılan maddenin; analizi yapılacak elementin uçuculuğunu ayarlaması, analizi yapılacak elementin analiz çizgisinde absorpsiyon yapmaması, tekrarlanabilir sinyaller vermesi gerekir (71,84,94).

#### **2.5.2.2.2. Fiziksel Girişimler**

Fiziksel girişim analizi yapılacak maddenin ve standardın fiziksel hallerinin farklı olmasından ileri gelir. Bu fiziksel haller; çözelti veya standardın;

- 1) Akıcılıklarının farklı,
- 2) Sisleşme oranlarının farklı,
- 3) Yoğunluklarının farklı olmasıdır.

Çözeltilerin sisleşme verimi; yüzey gerilimi, viskozite ve yoğunluğa bağlıdır. Çünkü bu üç özellik damlacık boyutunu tayin eder. Eğer bir çözeltinin viskozitesi fazla miktarda tuz eklemesiyle artarsa daha az örnek emilir ve damlacıklar büyür, aleve ulaşan örnek miktarı azalır. Organik çözücülerin viskozite ve özgül ağırlığı sudan daha az olduğu için bunların püskürtülmeleri kolay olur. Daha düşük yüzey gerilimi sisleşmenin daha iyi olmasını ve dolayısıyla birim zamanda daha fazla örneğin aleve ulaşmasını sağlar. Fiziksel girişimler, örnek ve standart çözeltilerin fiziksel özellikleri birbirine benzetilerek giderilebilir veya standart ekleme yöntemi ile bu problem giderilebilir (70,84).

### 2.5.2.2.3.Spektral Girişimler

Analizi yapılan elementin dışında bir maddenin sinyali etkilemesiyle olur. Daima alevden ileri gelen bir zemin absorpsiyon vardır bu şekildeki bir girişim kör çözelti veya çözücü ile aletin sıfır ayarını yaparak giderilebilir.

Spektral girişimler başlıca ikiye ayrılırlar:

1) Tayini yapılan elementin rezonans çizgisinin bir başka elementin rezonans çizgisiyle çakışması.

Bu girişimin olasılığı çok azdır. Çünkü, kullanılan monokromatörler angstromdan daha küçük farkları ayırt edecek yapıdadır. Örneğin, sodyumun 2852,8 dalga boylu çizgisini, Magnezyumun 2852,1 dalga boylu çizgisinden ayırabilmektedirler.

2) Tayini yapılan elementin rezonans çizgisinin bir başka maddenin verdiği spektral bandın altında kalması.

Bu tip girişimlere daha çok rastlanır. Örneğin, deniz suyunda bulunan yüksek konsantrasyondaki NaCl 2000-3000 Å aralığında geniş bir band verir. Bu aralığa rastlayan her rezonans çizgisi karıştırılır (84).

Spektral girişimler, ışınların saçılmasına neden olan katı tanecikli ürünlerden veya geniş bant absorpsiyonu oluşturan yanma ürünlerinden de ileri gelebilir. Bunlar Zemin Düzeltme yöntemleri kullanılarak giderilebilir. Bu yöntemlerden aşağıda bahsedilmiştir.

#### **2.5.2.2.3.1. Sürekli Işın Kaynağı ile Düzeltme Yöntemi**

Bu zemin düzeltme yönteminde, 180 – 350 nm dalga boyu aralığında elementler için döteryum lamba, 350 – 800 nm dalga boyu aralığındakiler için ise tungsten-halojenür lamba kullanılır. Sürekli ışın kaynağı, spektrometrenin optik yoluna sırasına göre yerleştirilir, böylece sürekli ışın kaynağından ve ana kaynaktan (oyuk katot lambası) gelen ışınlar alev içinden sırayla geçer. Sürekli ışın kaynağı, geniş bantlı emisyon profiline sahiptir ve sadece zemin absorpsiyonundan etkilenir. Halbuki, ana ışın kaynağı, saçılma, zemin absorpsiyonu ve alev içindeki analitin absorpsiyonundan etkilenir. Numune atomları tarafından absorplanan sürekli ışın kesri ihmal edilebilmesi amacıyla slit genişliği, yeterince geniş tutulur. Böylece, atomlaşmış numune içinden geçişi sırasında, sürekli ışının gücündeki azalma, yalnızca numune matriks bileşenleri tarafından saçılma veya geniş bant absorpsiyonunu yansıtır. Sürekli ışın kaynağından sağlanan ışının absorpsiyonu, analit ışının absorpsiyonundan çıkarılır. Sinyal azalımı elimine edilir veya en azından zemin absorpsiyonu etkisi azaltılır. Böylece bir zemin düzeltme yapılır. Ancak, referans ve örnek ışınlarını tam olarak karşılaştırılması, bunların farklı geometrilere ve optik yollara sahip olmalarından dolayı zordur (71,86).

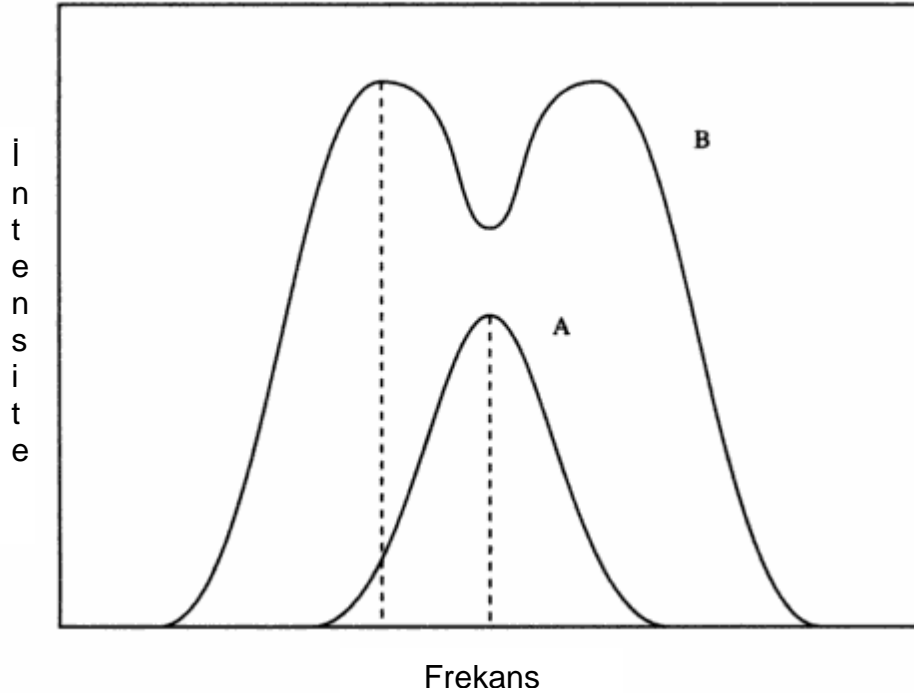
#### **2.5.2.2.3.2. Smith – Hieftje Metodu**

Oyuk katot lambaya (ışın kaynağı), yüksek akım uygulandığı zaman self-absorpsiyona neden olarak emisyon profilinin merkezinde bir çukur oluşturarak emisyon profilinin genişlemesine neden olur (Şekil 2.4).

Oyuk katot lamba düşük akımda çalıştırıldığında elde edilen emisyon çizgisi, hem analit hem de zemin absorpsiyonunu ölçmede kullanılır. Yani, standart düşük



akımda, hem analit hem de zemin absorpsansı ölçülür. Yüksek akımda çalıştırıldığında ise sadece zemin absorpsansı ölçülür (90,94).

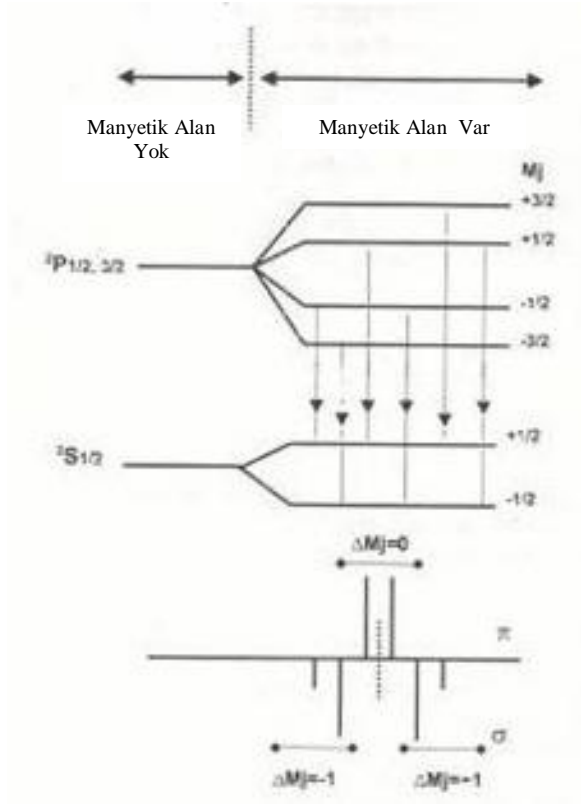


**Şekil 2.4.** Smith – Hieftje zemin düzeltme temel prensibi, (A) düşük akım, (B) yüksek akım.

Veri algılama sistemi, düzeltilmiş değer vermek üzere toplam absorpsandan, zemin absorpsansını çıkarır. Bu yöntemle, görünür ve ultraviyole bölge düzeltilir (86,91,92).

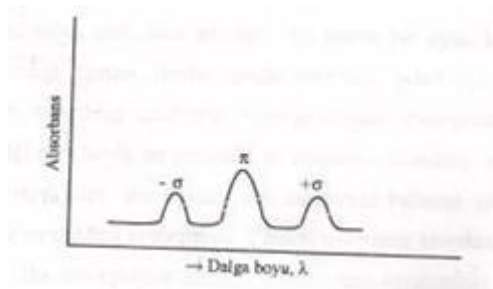
#### 2.5.2.2.3.3. Zeeman Etkisine Dayanan Zemin Düzeltme Yöntemi

Bir atom buharı, kuvvetli bir manyetik alanın (1000 – 10000 gauss gibi) etkisine maruz bırakılırsa, elektronik enerji seviyelerinde değişmeler meydana gelir. Spektral çizgi kendi içinde üç veya daha fazla bileşene ayrılır. Bu yarılmalar, Landé faktörü ( $g$ ) nün,  $g = 2J + 1 - J$ ; toplam elektronik açısal momentum kuantum sayısı - değerindeki manyetik kuantum sayısı ( $M_j$ ) nı kapsar. Manyetik alan etkisinde kalan atomlar, belirli kurallara uyarlar ve bir dereceye kadar enerji içerirler. Yarılmalar, manyetik alanın gücüyle orantılı olarak artar ve çizgiler birbirine eşit uzaklıkta ve simetrik olarak değer alırlar (Şekil 2.5). Düşük ve yüksek enerji seviyeleri arasında



**Şekil 2.5.** Manyetik alan içinde enerji seviyelerinin yarılması

elektronik geçişler,  $\Delta M_j = 0, \pm 1$  durumunda izin verilirse gerçekleşir.  $\Delta M_j = 0$  bileşenleri,  $\pi$  bileşenleri,  $\Delta M_j = \pm 1$  bileşenleri de  $\sigma$  ( $\sigma^-$  ve  $\sigma^+$ ) bileşenleri olarak adlandırılır. Bu ayrılmada merkez  $\pi$  bileşeni orijinal dalga boyunda,  $\sigma$  bileşenleri ise merkez bileşenin iki yanında eşit dalga boyu aralıklarında sıralanmışlardır (Şekil 2.6).

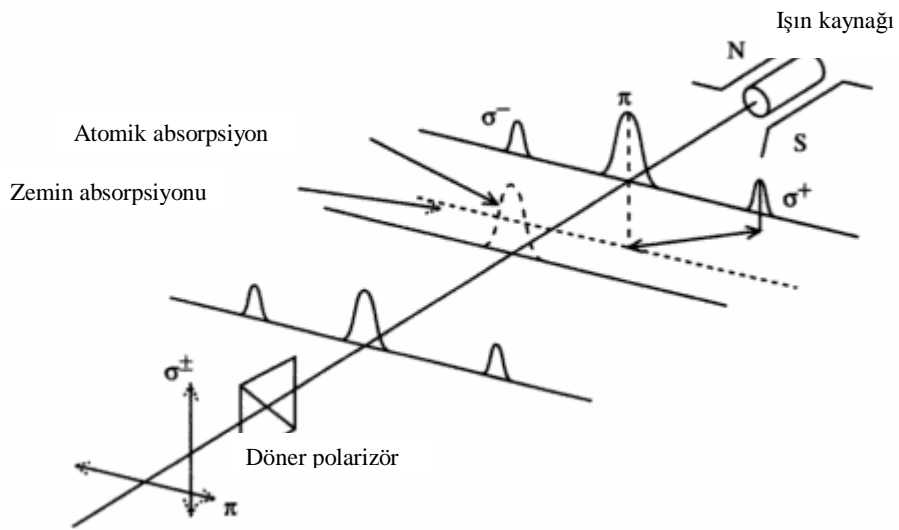


**Şekil 2.6.** Zeeman etkisi,  $\pi$  ve  $\sigma$  absorpsiyonları

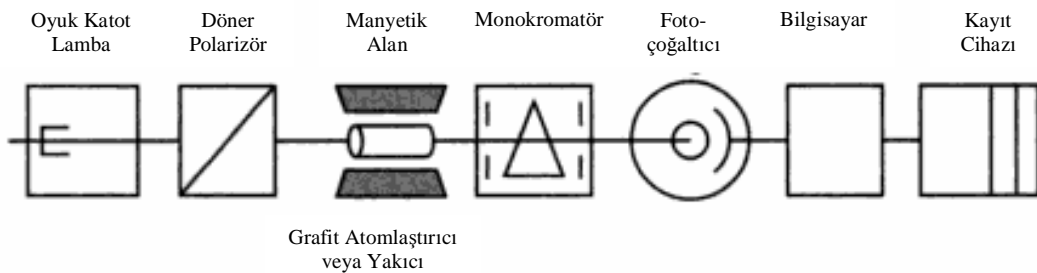
$\pi$  bileşenin absorpsiyonu, iki  $\sigma$  bileşenin absorpsiyonlarının toplamına eşittir. Üç bileşenin şiddetleri toplamı da yarılma olmadığı durumdaki şiddete eşittir.  $\pi$  bileşeni,

yalnızca dış manyetik alana paralel yönde düzlem polarize olan ışını,  $\sigma$  bileşenleri ise alana dik polarize ışını absorplar.  $\pi$  emisyon sinyali, analit rezonans çizgisinde toplam absorpsiyonu,  $\sigma$  sinyalleri ise sadece zemin absorpsiyonunu ölçmek için kullanılır.

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde, manyetik alan ışın kaynağı (Şekil 2.7) veya atomlaştırıcı (Şekil 2.8) etrafında oluşturulur.



**Şekil 2.7** Işın kaynağına manyetik alan etkisi



**Şekil 2.8.** Atomlaştırıcıya manyetik alan etkisi altında

Manyetik alan yokken zemin ve örnek sinyali alınır, manyetik alan oluşturulduğunda ise sadece zemin sinyali alınır. Manyetik alan etkisi altındaki ışın

demeti, bir polarizör içinden geçirildiğinde, döndürülerek merkez bileşene paralel hale getirilir. Lambadan gelen bu emisyon çigisi, alev içinde bulunan analit atomları tarafından absorbe edilir. Halbuki yanlarda çıkıntı halindeki iki bileşen ( $\sigma$  bileşenleri) etkisizdir. Polarizör dikey konuma alındığında örneğin atom buharları tarafından absorpsiyon olmaz. Bununla birlikte, ışın saçılması ve geniş bantlı moleküler absorpsiyon polarizörün her iki konumunda da ölçülür. Böylece, paralel emisyon çizgileri örnek ışını, dikey emisyon çizgileri referans ışın olarak kullanılarak, iki absorbansın elektronik farkı analitin doğru absorbansını verir (71,85,86,91,93,94).

#### 2.5.2.2.3.4. Çizgi – Çizgi Düzeltme Yöntemi

Çizgi – çizgi düzeltme yönteminde referans olarak, kaynaktan gelen çizgi kullanılır. Bu çizgi, analit çizgisine mümkün olduğu kadar yakın olmalı, fakat analit tarafından absorplanmamalıdır. Bu koşul sağlanırsa, kalibrasyon süresince gözlenen referans çizginin gücündeki herhangi bir azalmanın, numune matriks ürünleri tarafından saçılma veya absorpsiyondan ileri geldiği düşünülür. Işığın gücündeki bu azalma, analit çizgisinin absorbansını düzeltmede kullanılır.

Referans çizgisi, lambanın katodundaki bir safsızlıktan, lambadaki neon veya argon gazından gelebilir veya tayin edilmekte olan elementin rezonans çizgisi dışındaki bir emisyon çizgisi olabilir (71).

#### 2.5.2.2.4. İyonlaşma Girişimleri

İyonlaşma girişimleri, tayini yapılacak maddenin iyonlaşmasından ileri gelir. Özellikle alev sıcaklığı yüksek ortamda, bir çok element az veya çok iyonlaşır; bu durumda temel düzeydeki toplam atom sayısı da azalacağından duyarlık da azalır. İyonlaşma girişimi iki yolla giderilebilir. Bunlardan biri, atomlaşma daha düşük sıcaklıktaki bir alevde yapılmasıdır. Ancak bu yöntem, elementlerin çoğu için uygun değildir. Çünkü bu alev sıcaklığında atomlaşma verimi azalır ve kimyasal girişimler ortaya çıkar. İyonlaşan taneciğin spektrumu nötral taneciğin spektrumundan farklı olduğundan, tayini yapılan madde düşük bulunur. Bu girişimi engellemek için ikinci

yol da ortama iyonlaşması daha kolay olan başka bir madde ilave edilir. İlave edilen maddenin iyonlaşması sonucu ortamda elektronlar çoğalacaktır. Bu elektronlar, kütleler tesiri kanunu gereği, tayini yapılacak metal atomlarının iyonlaşmasını azaltır (84,85).

#### **2.5.2.2.5. Zemin Girişimleri**

Zemin girişimleri, dalga boyuna bağlı olmadan geniş bir band şeklinde ortaya çıkar ve tayini yapılan maddenin konsantrasyonunun yüksek çıkmasına neden olur. Standart ilave etmekle bu tip girişimin önüne geçilemez. Bu tip girişimlerde standart ilave yöntemindeki doğrunun eğimi sabit kaldığı halde Y eksenini kestiği nokta(absorpsiyon) büyüdüğünden, doğrunun kayması değişir ve X eksenini daha uzakta keser.Bu girişimin iki nedeni vardır.

- Çalışma ortamında bazı maddelerin (alkali halojenürler gibi) moleküllerden oluşan bir perde meydana getirmeleri ve perdenin kaynaktan gelen ışık demetini absorplaması.
- Çalışma sıcaklığında karbon fırından kopan parçacıkların veya oluşan dumanın kaynaktan gelen ışık demetini dağıtmasıdır.Böylece yapay bir absorpsiyon ortaya çıkar.

Bütün bu girişimleri önlemek için standart ve numunenin aynı şartlarda hazırlanması gerekir. Bunun için numunedeki matriksle aynı matrikse sahip standartlar hazırlanmalıdır. Eğer numune matriksi bilinmiyorsa standart ilaveli çalışmalar yapılabilir. Ayrıca analizi istenen elementi ekstraksiyon yoluyla ortamdan uzaklaştırmak da bir çözüm yoludur (84).

### 2.5.3. Atomik Emisyon Spektroskopisi

Oda sıcaklığındaki bir maddenin atomlarının çoğu temel haldedir. Temel haldeki atomlar bir kaynak ile uyarılarak, uyarılmış enerji düzeyine çıkarlar. Uyarılmış hal kararsız haldir ve uyarılmış atomun ömrü kısadır. Emisyon spektrofotometresi, uyarılmış enerji düzeyine çıkan atomların daha düşük enerjili düzeylerine geçişlerinde yaydıkları UV ve görünür bölge ışımalarının ölçülmesi ilkesine dayanır. Tabiattaki bulunan elementleri atom numaraları ve elektron sayısı farklı olduğu için bunların enerji seviyeleri ve dolayısıyla yaydıkları ışının dalga boyu farklıdır.

Atomik emisyon spektrofotometresi, uyarmayı sağlayan enerji kaynağının türüne göre isimlendirilir. Örneği atomlaştırmak ve uyarmak için alevin kullanıldığı yönteme alev emisyon spektroskopisi, elektriksel boşalım ve plazma gibi yüksek enerji kaynağı kullanılan yönteme ise atomik emisyon spektroskopisi veya optik emisyon spektroskopisi denir (95).

#### 2.5.3.1. Alevli Emisyon Spektroskopisi

Alev emisyon spektrofotometresinde alevin görevi, elementi önce atomlaştırmak daha sonrada ve oluşan atomları uyarılmış enerji düzeyine çıkarmaktır.

Yöntemde analiz için seçilen dalgaboyu, genellikle analiz edilecek elementin en şiddetli emisyon hattıdır. Bu emisyon hattının şiddeti (I) ile, belirli bir uyarılmış enerji düzeyinde herhangi bir andaki atom sayısı ( $N_j$ ) ile, atomun temel enerji düzeyine dönerken yaydığı ışımının enerjisi ( $h\nu$ ) ile ve bu geçişin gerçekleşebilmesinin bir ölçüsü olan Einstein geçiş olasılığı (A) ile gösterilir.

$$I = AN_j h\nu$$

Einstein geçiş olasılığı, elektronun uyarılmış düzeydeki yaşam süresinin tersi olup, saniyedeki ortalama geçiş sayısı olarak düşünülebilir.

$$N_j = N_0 e^{-E_j/kT}$$

Emisyon hattının şiddeti için ,

$$I = A h \nu N_o e^{-E_j/kT}$$

eşitliği elde edilir.

Yöntemin prensibinde analiz edilecek madde önce atomlaştırılır daha sonra uyarılır. Uyarılan atom, temel enerji düzeyine dönerken bir ışımaya yapar. Yayılan bu ışımaya analizi yapılacak elementin karakteristik dalga boyundadır. Yayılan ışınların şiddeti örnek içerisindeki analiz yapılan elementin konsantrasyonu ile doğru orantılıdır (95).

Alev kullanan atomik emisyon spektroskopisi element analizlerinde yaygın bir uygulamaya sahiptir. En önemli kullanım alanları, özellikle biyolojik sıvı ve dokularda sodyum, potasyum, lityum ve kalsiyum tayinindedir. Alevli emisyon spektroskopisi, kullanışlı olması, hızlı ve girişimlerin bağıl olarak azlığı nedeniyle, başka metotlarla tayini zor olan bu elementler için tek tercih haline gelmiştir (83).

#### **2.5.3.1.1. Alevli Emisyon Spektrofotometresinin Kısımları ve Fonksiyonları**

Tasarım açısından alevli emisyon için gerekli cihazlar alevli absorpsiyon için kullanılanlara benzerler, ancak alev ışın kaynağı olarak işlev gördüğü için oyuk-katot lambası ve buna bağlı ışın yolu kesici gereksizdir.

##### **2.5.3.1.1.a Yakıcı (Alev)**

Alevin oluşması için kullanılan yanıcı ve yakıcı gazlar genellikle propan-hava, asetilen – hava veya N<sub>2</sub>O - asetilendir. Bu kısımda öncelikle yakıcıya gelen çözeltilerin çözücüsü buharlaştırılır. Daha sonra örnekteki metaller atomlaştırılır ve uyarılarak ışın yayması sağlanır. Alev sıcaklığının artması ile uyarılmış düzeydeki atom sayısı buna bağlı olarak da yayılan ışımaya şiddeti artar. Fakat çok yüksek sıcaklıklardaki alev, analizi yapılacak elementin iyonlaşmasına neden olabilir. Bu da hataya neden olur (95).

### **2.5.3.1.1.b Aynalar**

Aynalar, sistemde yayılan ışınları alıcıda toplamak için kullanılır. Yakıcı sistemin arkasına bir ayna yerleştirilerek ışınlar yansıtılır. Alevden çıkan ışınlar ve yansıtılan ışınlar ışık yoluna gönderilir (95).

### **2.5.3.1.1.c Yarıklar**

Bu yarıklar monokromatörden önce ve sonra kullanılır. Giriş yarığı ışınmayı çevredeki bütün diğer ışınlardan ayırır. Yalnızca alevden yayılan ve aynadan yansıyan ışınların optik sisteme girmesine izin verir. Çıkışa yerleştirilen yarıktan ise sadece belli bir dalga boyu aralığındaki ışınların alıcıya geçmesine izin verilir (95).

### **2.5.3.1.1.d Monokromatör**

UV ve görünür bölgedeki ışınları ayırmak amacı ile kullanılır. En yaygın olarak prizmalar kullanılır. Sadece belli başlı elementlerin (Na, K, Ca, Li) analizinde kullanılan daha basit bir sistem olan alev fotometresinde ( cihaz sadece emisyon şiddetini ölçer) monokromatör yerine filtreler kullanılır. Bu filtrelerden sadece dedektöre ulaşması istenen ışık geçer (95).

### **2.5.3.1.1.e Dedektörler**

Dedektörler üzerine düşen ışığın şiddetini ölçer. En yaygın olarak kullanılan dedektör foto çoğaltıcı tüplerdir. Bunlar üzerine düşen ışınları elektrik sinyaline dönüştürürler (95).

### **2.5.3.1.2. Girişimler**

Alevli emisyon spektroskopisinde görülen girişimler, atomik absorpsiyon için verilenlerle aynıdır; bununla birlikte aynı hataların meydana geliş şiddeti bu iki spektroskopi dalında farklıdır. Bunlar aşağıda ayrıntılarıyla anlatılmıştır.

**Kimyasal girişimler;** atomik absorpsiyon için verilenlerle aynıdır. Bu girişimler, alev sıcaklığını ayarlayarak, koruyucu ve bastırıcı ayıraçlar kullanılarak bertaraf edilebilir (85).



**Spektral girişimler;** atomik emisyon spektroskopisinde ayırıcılığın tamamen bağlı olduğu monokromatörlerin dalga boylarını iyi ayıramadığı zaman görülür. Bu durumda, spektrumdaki pikler (aslında çizgiler) birbirine yanlardan bildirirler ve simetrik olmayan pikler meydana gelir. Ayrıca spektrumun tabanı şahit deney çizgisinin çok üstünde kalır (85).

**Self-absorpsiyon girişimleri;** bir alevin daha sıcak olan orta kısmında emisyon yapan bir atomun etrafındaki soğuk kısımlarda uyarılmamış atomların sayısının ortadakilerden daha fazla olmasından dolayı, ortadaki uyarılmış atomlardan yayılan rezonans ışınlarının etrafındaki atomlar tarafından absorplanmasından kaynaklanır. Emisyon çizgilerinin Doppler genişlemesi, rezonans ışınları absorpsiyonunun Doppler genişlemesinden daha büyüktür. Çünkü, sıcak bölgedeki atomlar daha hızlı hareket ederler. Bundan dolayı self - absorpsiyonda, bir spektral çizginin, orta kısmındaki ışın etrafındaki ışınlar göre daha çok absorplanır. Bunun sonucu spektral çizginin ortasının şiddeti, etrafının şiddetinden daha düşük olur. Hatta bazen ortadaki ışın tamamen absorplanır ve iki çizgi meydana gelir. Self-absorpsiyon tayini yapılan maddenin konsantrasyonu yüksek olduğu zaman önemli bir problem halini alır. Böyle durumlarda element rezonans ışınından değil, yaydığı bir başka ışıdan yaralanılarak tayin edilir (85).

#### **2.5.4. Atomik Spektroskopik Yöntemlerle Tayin Edilebilen Elementler**

Tablo 2.7 de atomik spektroskopik yöntemlerle tayin edilebilen elementler ve ölçüm yapılan dalga boyları verilmiştir.

**Tablo 2.7.** Atomik spektroskopik yöntemlerle tayin edilebilen elementler ve ölçüm yapılan dalga boyları

Element	Dalgaboyu ( $\lambda$ )nm	Element	Dalgaboyu ( $\lambda$ )nm	Element	Dalgaboyu ( $\lambda$ )nm
Li	670.8	Co	240.7	Mn	279.5
Na	589	Rh	343.5	Re	316.0
K	766.5	Ir	264.0	Fe	248.3
Rb	780.0	Ni	232.0	Ru	349.9
Cs	852.1	Pd	244.8	Pr	495.1
Be	234.9	Pt	265.9	Nd	463.4
Mg	285.2	Cu	324.8	U	351.4
Ca	422.7	Ag	328.1	Sm	429.7
Sr	460.7	Au	242.8	Eu	459.4
Ba	553.6	Zn	213.9	Sb	217.6
Sc	391.2	Cd	228.8	Bi	223.1
Y	407.7	Hg	185.0	Se	196.0
La	392.8	B	249.7	Te	214.3
Ti	364.3	Al	309.3	Tb	432.6
Zr	360.1	Ga	287.4	Dy	421.2
Hf	307.2	In	303.9	Ho	410.3
V	318.4	Tl	377.6	Er	400.8
Nb	405.9	Si	251.6	Tm	410.6
Ta	271.5	Ge	265.2	W	400.8
Cr	357.9	Sn	286.3 / 224.6	As	193.7
Mo	313.3	Pb	217.0 / 283.3		

Tablo 2.8 de bazı elementler için AAS ve alevli emisyon metotları için tayin sınırları verilmektedir. Olağan şartlarda, alevli absorpsiyon analizlerinde bağıl hata % 1 – 2 arasındadır (83).

**Tablo 2.8.** Bazı elementler için Atomik Spektroskopi metotlarıyla gözlenebilme sınırları

Element	Absorpsiyon	Absorpsiyon	Emisyon
	Alev (ng/mL)	Elektrotermal (ng/mL)	Alev (ng/mL)
Al	30	0,005	5
As	100	0,02	0,0005
Ca	1	0,02	0,1
Cd	1	0,0001	800
Cr	3	0,01	4
Cu	2	0,0002	10
Fe	5	0,005	30
Hg	500	0,1	0,0004
Mg	0,1	0,0002	5
Mn	2	0,0002	5
Mo	30	0,005	100
Na	2	0,0002	0,1
Ni	5	0,02	20
Pb	10	0,002	100
Sn	20	0,1	300
V	20	0,1	10
Zn	2	0,00005	0,0005

## 2.5.5. Atomik Spektroskopi Tekniklerinde Kullanılan Tanımlar

### 2.5.5.1. Analitik Duyarlılık (Sensitivite)

Duyarlılık, optimum koşullar altında, %1 absorpsiyon sinyali ( $A=0.00436$  absorbans) oluşturan ppm cinsinden element konsantrasyonu olarak tanımlanır. Analizi yapılan maddenin (analit) konsantrasyon değişimine karşı ölçüm sinyalinde meydana gelen değişiktir. Kalibrasyon eğrisinin eğimi, analitik duyarlılığı ifade eder (84).

Duyarlılığı etkileyen faktörler şunlardır:

- 1- Absorpsiyon ışın yolu
- 2- Kullanılan absorpsiyon çizgisinin katsayısı
- 3- Nebulizasyon etkinliği
- 4- Atomatik hücredeki atomizasyon etkinliği.

### 2.5.5.2. Optimum Konsantrasyon Aralığı

Optimum konsantrasyon aralığı, standart çözeltilerin hazırlandığı alt üst limitler arasındaki aralıktır. Bu aralık cihazın duyarlılığı ve çalışan işletme şartlarına göre değişir. Alevli AAS de optimum konsantrasyon aralığının alt sınırı, dedeksiyon limitinin 10 katına eşittir. Bunun anlamı ise, ölçülecek absorbans değerinin 0.1 - 0.8 arasında olması demektir. Eğer absorbans 0.1 in altında ise doğruluk azalır, 0.8 in üzerinde ise ölçü eğrisi doğrusallıktan sapmaya başlar (84).

### 2.5.5.3. Dedeksiyon Limiti

Dedeksiyon limitine tayin sınırı, belirtme sınırını veya dalgalanma konsantrasyonu limiti adı da verilmektedir. Dedeksiyon limiti, örnek çözeltilesindeki bir elementin %95 güvenilirlikle tayin edilebilen (varlığı saptanabilen) minimum miktardır. Blank (kör) düzeyine yakın madde konsantrasyonları ile en az 10 tayin yapıp standart sapma bulunur; bu standart sapma değerinin 2 katı konsantrasyonda

madde içeren örnekler dedekte edilebilir. Bu tanım %95 güvenilirlik sınırına göre verilmiştir. Daha yüksek güvenilirlik istenirse, örn. % 99, standart sapmanın 3 katına eşit absorbans sinyali oluşturulan ppm cinsinden element konsantrasyondur.

$$LOD = X_{bl} + 3S_{bl}$$

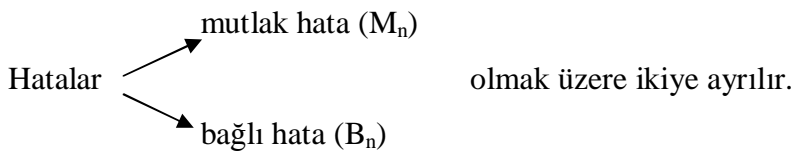
$X_{bl}$  : Blank ortalama değer

$S_{bl}$  : Blank standart sapma

Dedeksiyon limitinin %1 absorpsiyon duyarlılığından farkı, S/N oranına ve dolayısıyla enstrümantal kararlılığa bağlı olmasıdır. Bu bakımdan dedeksiyon limiti, cihazdan cihaza ve ayrıca örnek matrisine ve çözücüye bağlı olarak değişebilir. Sinyaldeki dalgalanma ışık kaynağı, alev sistemi yada dedektör gürültüsünden ileri gelebilir. Işık kaynağından ileri gelen dalgalanma, çift ışınli spektrofotometrelerde, tek ışınlara oranla önemli derecede elimine edilmiştir (84).

#### 2.5.5.4. Doğruluk ve Kesinlik

Doğruluk, bulunan sonuçların gerçek değere olan yakınlığı ifade eder ve hata ile tarif edilir.



$$M_n = B - D$$

$$B_n = (M_n / D) * 100$$

Burada, B: hesaplanan değer, D: doğru değerdir.

Kesinlik, bulunan sonuçların tekrarlanabilirliğini ya da birbirine olan yakınlığını ifade eder. Yani, aynı örnekten yapılan tekrar çalışmalarında metodun aynı sonucu verebilme gücüdür. Bir analizin kesinliği, ortalamadan sapma, orta değerden sapma, dağılım (yayıma), varyans, standart sapma ve bağıl standart sapma terimleri ile ifade edilir.

Ortalama Değer ( $\bar{X}$ ) :

$$(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n X_i / n$$

Ortalamadan sapma : Bir analizde elde edilen sonuçların her birinin işaretine bakılmaksızın ortalama değerden sapma miktarına denir. Bu sapma ne kadar küçükse, kesinlik o kadar iyidir.

Orta Değer (X) : Bir analizde elde edilen sonuçlar, büyüklerine göre sıraya konulduğunda, yapılan analiz sayısı tekse ortaya düşen değere, yapılan sayısı çiftse ortaya düşen iki değer in ortalamasına orta değer denir.

Orta Değerden Sapma : Bir analizde elde edilen sonuçlardan her birinin işaretine bakılmaksızın orta değerden sapma miktarına orta değerden sapma denir.

Dağılım (Yayıma) : Bir analizde elde edilen sonuçlardan en büyüğü ile en küçüğü arasındaki farka yayılma denir. Yayılma ne kadar küçükse, kesinlik o kadar büyüktür.

Popülasyon Varyansı ( $\sigma^2$ ) :

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Numune Varyansı ( $S^2$ ):

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n-1}$$

Burada,  $\sum X_i^2$  : Sonuç değerlerinin karelerinin toplamı

$\sum X_i$  : Değerlerin toplamı

n : Değerlerin sayısı

n-1 : Serbestlik derecesi

Popülasyon Standart Sapması ( $\sigma$ ) :

$$\sigma = \sqrt{S^2}$$

Numune Standart Sapması (S):

$$S = \sqrt{S^2}$$

% Relatif Standart Sapma ( %RSD ) : Bu terim standart sapmadan daha anlamlıdır.

$$\% \text{ RSD} = \frac{S * 100}{\bar{X}} \qquad \% \text{ RSD} = \frac{s * 100}{\bar{X}}$$

Burada;  $\sigma$  : Popülasyon standart sapma

S: Numune standart sapma

$\bar{X}$  : Ortalama değer

İyi bir analiz yöntemde hem kesinliğin hem de doğruluğun yüksek olması istenir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

**Tablo 3.1.** Analiz için alınan meyve ve sebze örnekleri

Örnek Adları	Örnek Adları
1. Armut	5. Elma
- Meyvesi	- Meyvesi
- Yaprağı	- Çekirdeği
2. Ayva	- Yaprağı
- Meyvesi	6. Kiraz
- Çekirdeği	- Meyvesi
- Yaprağı	- Ağaç Kabuğu
3. Ceviz	- Sapı
- Meyvesi	- Zamkı
- Kıkırdak Dokusu	7. Nar
- Yaprağı	- Meyvesi
4. Çilek	- Meyve Kabuğu
- Meyvesi	8. Nane
- Yaprağı	9. Reyhan

Araştırmamızın amacı kapsamında, kullanacağımız materyaller, Tablo 3.1 de verilmiştir. Tabloda yer alan çeşitli meyve ve sebze örnekleri ve bunların kullanılan diğer kısımları Malatya ilinde yetiştirilen meyve ağaçlarından ve sebzelerinden temin edilmiştir.

#### 3.1.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Aletler

Çalışmalar süresince element analizleri için, Perkin Elmer A Analyst 800 Serisi Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinin Cu, Fe, Mg, Mn, Al ve Zn tayini için Alevli-AAS, K için Alevli – AES kısmı kullanıldı.



Bu analizlerde;

- Cr, Cu,, Fe, Mn, Ni elementleri 5’li kombine oyuk katot lambası ile (Perkin Elmer Lumina™ Lamp Operate 30 Max 35)
- K, Na elementleri 2’li kombine oyuk katot lambası ile (Perkin Elmer Lumina™ Lamp Operate 12 Max 12)
- Al, Ca, Mg, elemetleri 3’lü kombine oyuk katot lambası ile (Perkin Elmer Lumina™ Lamp Operate 20 Max 25)
- Zn (Perkin Elmer Lumina™ Lamp Operate 30 Max 35)

Numunelerde element içeriği µg seviyesinde olan Cd, Pb, ve Se gibi elementlerin analizleri GF-AAS de pirolitik kaplı grafit tüpler (pyrolytic-coated graphite tubes, Perkin Elmer part no. B3 000641) yardımı ile yapıldı. Diğer enstrümantal analitik koşullar Tablo 3.2 ve Tablo 3.3 (GF – AAS) de verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Element analizlerinde enstrümantal analitik koşullar

	<b>Lamba Akımı (mA)</b>	<b>Dalga Boyu (nm)</b>	<b>Slit Aralığı (nm)</b>	<b>Gaz Akış Hızı (L/dk)</b>
Cu	30	324.8	0.7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
Fe	30	248.3	0.2	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
K	12	766.5	0.7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
Mg	20	285.2	0.7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
Mn	30	279.5	0.2	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
Zn	15	213.9	0.7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -Hava(2.0-17)
Al	70	309.3	0.7	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> -N <sub>2</sub> O(7.8-16)

**Tablo 3.3.** Element analizlerinde enstrümantal analitik koşullar (GF – AAS)

<b>Enstrümantal Koşullar</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>Se</b>
Dalgaboyu (nm)	228.8	283.3	196.0
Slit Aralığı (nm)	0.7	0.7	2.0
Lamba Akımı (mA)	4	440	290
Argon Akışı (mL/dk)	250	250	250
Matrix Modifier	2 µl Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +1µl Pd	5 µl Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3 µl Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Isıtma Programı, sıcaklık °C (rampa süresi (s), bekleme süresi (s))			
Kurutma 1	110 (1, 30)	110 (1, 30)	110 (1, 30)
Kurutma 2	130 (15,30)	130 (15,30)	130 (15,30)
Kül Etme	500 (10, 20)	850 (10, 20)	1300 (10, 20)
Atomlaştırma	1500 (0, 5)	1600 (0, 5)	2000 (0, 5)
Temizleme	2450 (1, 3)	2450 (1, 5)	2450 (1, 5)

### 3.1.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Diğer Yardımcı Aletler

- Mikromembran Filtre (Membrane Filters mixed Cellulose Ester Micro Filtration Systems, DO45VO47A)
- Mikrodalga Fırın (Milestone Start D, MAO79)
- Homojenizatör (Poly Tron PT – MR 2100)
- Saf Su Cihazı (Milli – Q Millipore )
- Terazı (Sartorius Extend Series, ED224S)

### 3.1.3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

- HNO<sub>3</sub>(%65, Riedel-de Haën, 7697-37-2)
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30, Merck, K35522500 604)
- Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Inorganic Ventures IIV Labs, MM – MG – 10)
- Pd (Inorganic Ventures IIV Labs, MM – PD – 10)
- Standart Maddeler Eser Element ve Mineraller için;  
Al (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, X-ALO4017)

Cu (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-CUO2071)  
 Fe (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-FEO3044)  
 Se (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, X-SEO1106)  
 Mg (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, X-MGO3019)  
 Mn (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-MNO2041)  
 K (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-KO2128)  
 Pb (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-PBO2121)  
 Zn (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-ZNO2022)  
 Cd (Custom-Grade Standart, Inorganik Ventures, Y-QCD01109)

### 3.2. YÖNTEM

Alınan meyve ve sebze örneklerinin içerisindeki kaba safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra, üzerlerindeki çamur, toz... vs kirliliklerin uzaklaştırılması için örnekler saf su ile yıkandı. Yapraklar büküldüğü zaman orta ana damarın kırılmasına ve avuç içinde sıkıldığında topaçlanmayıp dağılıvermesine kadar, sebze örnekleri ise; büküldüğü zaman kırılıncaya kadar güneş ışığı almayan bir ortamda kurutuldu. Kurutulduktan sonra, örnekler agat havanda dövülerek toz haline getirildi. Meyve örnekleri, homojenizatör kullanılarak parçalandı. Parçalanmış meyve örnekleri ve toz haline getirilen doku örnekleri kilitli poşetlere konulup adlandırıldıktan sonra, meyve örnekleri buzdolabında, doku örnekleri de güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde oda ortamında analizleninceye kadar muhafaza edildi. Bütün analizler boyunca bu örnekler kullanıldı.

#### 3.2.1. Çözünürleştirme İşlemleri

Numuneleri çözelti ortamına almak için çeşitli parçalama yöntemleri vardır. Bu çözünürleştirme yöntemlerinden yararlanarak analizi yapılan elementlerin düzeylerini en yüksek verimle tayin edebilmek ve tekrarlanabilirliği yüksek olan parçalama yöntemini belirleyebilmek ayrıca kullanılan aletin duyarlılığına karar verebilmek için standart referans madde (NIST – SRM 1515 Apple Leaves) den yararlanıldı. Bu amaçlar doğrultusunda standart referans maddeyi çözeltiye almak

amacı ile; yaş yakma, kuru yakma ve mikrodalga çözünürleştirme yöntemlerinden yararlanıldı. Analizleri yapılması planlanan meyve ve sebze örnekleri ise, amaçlar doğrultusunda uygunluğuna karar verilen parçalama yöntemi ile çözeltiliye alındı ve analizleri yapıldı.

### 3.2.1.1. Yaş Yakma Metodu ile Çözünürleştirme

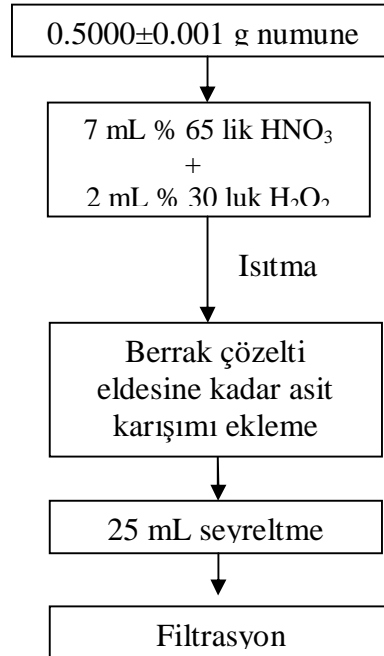
Şekil 3.1 de akış şemasında da belirtildiği gibi;

Standart Referans Maddeden (NIST-SRM 1515 Apple Leaves);

$0,5000 \pm 1,0 \times 10^{-3}$  g tartılarak üzerine

7 mL % 65 lik  $\text{HNO}_3$  ve 2 mL % 30 luk  $\text{H}_2\text{O}_2$

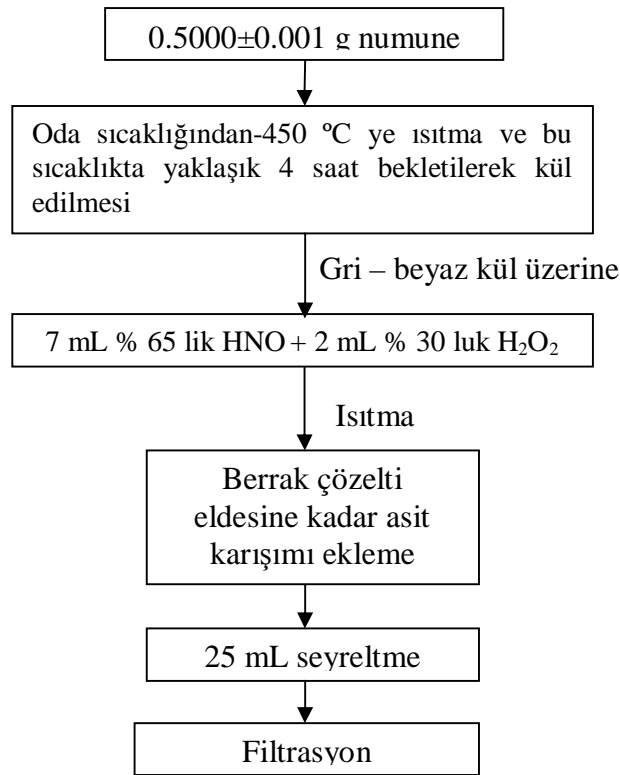
eklenerek düşük sıcaklıkta karıştırıcı ısıtıcı üzerinde çözümleri sağlanmıştır. Berrak çözeltili elde edilinceye kadar asit karışımı eklemeye devam edilmiştir. Daha sonra elde edilen berrak çözeltiler deiyonize su ile 25 mL ye tamamlanmıştır ve 0,45  $\mu\text{m}$  filtrelerden geçirilerek, Perkin Elmer AAnalyst 800 serisi Atomik Absorpsiyon cihazı kullanılarak; Alevli-AAS ile Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Mg elementlerinin, Alevli – AES ile K elementinin, GF-AAS ile Pb, Cd, Se elementlerinin tayini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Yaş yakma metodu ile çözünürleştirme yöntemi akış şeması

### 3.2.1.2. Kuru Yakma Metodu ile Çözünürleştirme

Sabit tartıma getirilmiş porselen krozeler (krozeler kullanılmadan önce bir gece nitrik asit çözeltisinde bekletilmiş ve deiyonize sudan geçirilerek kurutulduktan sonra sabit tartıma getirilmiştir.) içerisine Şekil 3.2 deki akış şemasında da görüldüğü gibi, Standart Referans Maddeden (NIST-SRM 1515 Apple Leaves);  $0,5000 \pm 1,0 \times 10^{-3}$  g tartılmıştır. Fırın sıcaklığı, oda sıcaklığından  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  ye yavaşça arttırılmış ve bu sıcaklıkta yaklaşık 4 saat bekletilerek kül edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen kroze içerisindeki gri - beyaz küller oda sıcaklığına kadar desikatörde bekletilmiştir. Daha sonra küller, 7 mL % 65 lik  $\text{HNO}_3$  ve 2 mL % 30 luk  $\text{H}_2\text{O}_2$  eklenerek düşük sıcaklıkta karıştırıcı ısıtıcı üzerinde çözümleri sağlanmıştır. Berrak çözelti elde edilinceye kadar asit karışımı eklemeye devam edilmiştir. Daha sonra elde edilen berrak çözeltiler deiyonize su ile 25 mL ye tamamlanmıştır ve  $0,45 \text{ }\mu\text{m}$  filtrelerden geçirildikten sonra, Alevli-AAS ile Cu, Mn, Zn, Fe, Al, Mg elementlerinin, Alevli - AES ile K elementinin, GF-AAS ile Pb, Cd, Se elementlerinin tayini gerçekleştirilmiştir.

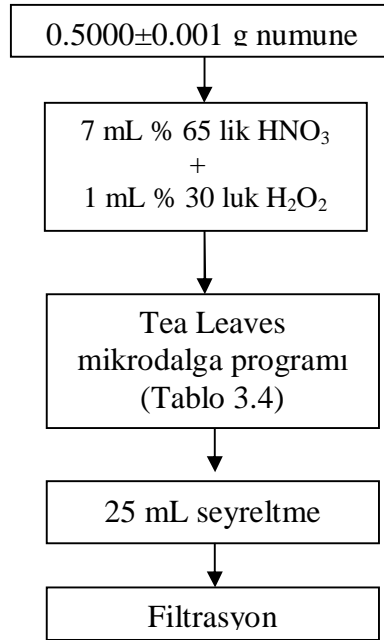


Şekil 3.2. Kuru yakma metodu ile çözünürleştirme yöntemi akış şeması

### 3.2.1.3. Mikrodalga ile Çözünürleştirme Yöntemi

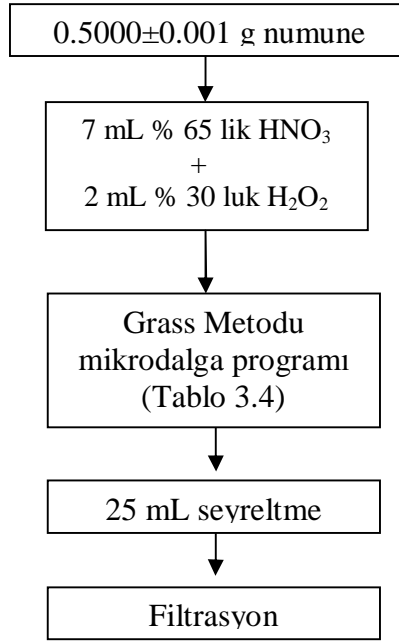
Mikrodalga çözünürleştirme yönteminde, analiz edilecek elementlerin çözelti ortamına en yüksek verimde alınması için dört farklı metot, standart referans madde (SRM, NIST – SRM 1515 Apple Leaves) ye uygulandı. Bu metotlar; üretici firma tarafından önerilen metotlar ( Tea Leaves ve Grass Metodu) ve bizim adlandırdığımız Bekletmeli ve Bekletmesiz metotlardır.

Tea Leaves Metoduna ait akış şeması Şekil 3.3.a da verilmiştir.



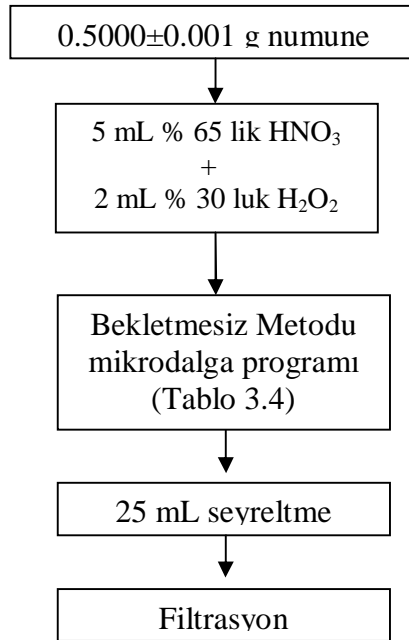
Şekil 3.3.a. Tea Leaves mikrodalga çözünürleştirme yöntemi akış şeması

Grass Metoduna ait akış şeması Şekil 3.3.b de verilmiştir.



**Şekil 3.3.b.** Grass Metodu mikrodalga çözünürleştirme yöntemi akış şeması

Bekletmesiz Metoda ait akış şeması Şekil 3.3.c de verilmiştir.

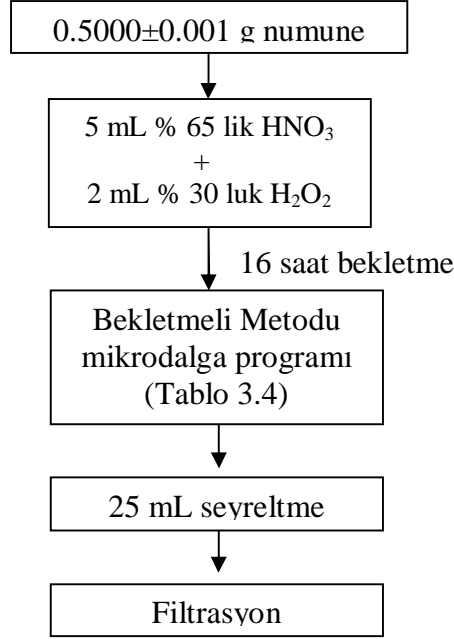


**Şekil 3.3.c.** Bekletmesiz Metot mikrodalga çözünürleştirme yöntemi akış şeması

Şekil 3.3.d de akış şeması verilen Bekletmeli Metot da

$0.5000 \pm 1,0 \times 10^{-3}$  g numune tartılarak üzerine  
5 mL % 65 'lik  $\text{HNO}_3$  ve 2 mL % 30 'luk  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,

eklendi ve ön parçalanma için 16 saat ağzı kapalı şekilde oda sıcaklığında bekletildi.



**Şekil 3.3.d.** Bekletmeli Metot mikrodalga çözünürleştirme yöntemi akış şeması

Her bir metot için uygulanan mikrodalga parçalama yöntemlerine ait parametreler Tablo 3.4 de verilmiştir.

Mikrodalga fırından çıkarılan numuneler (standart referans madde), 25 mL lik balon jöjelere alınarak saf su ile istenilen hacme seyreltildi. Daha sonra numunenin bakır ve alüminyum içeriği; Alevli – AAS kısmı ile belirlendi. % verim değerleri hesaplanarak metotların uygunluğu değerlendirildi. Analiz sonuçları ve verim değerleri Tablo 3.5 te verilmiştir.



**Tablo 3.4.** Uygulanan mikrodalga parçalama yöntemleri parametreleri

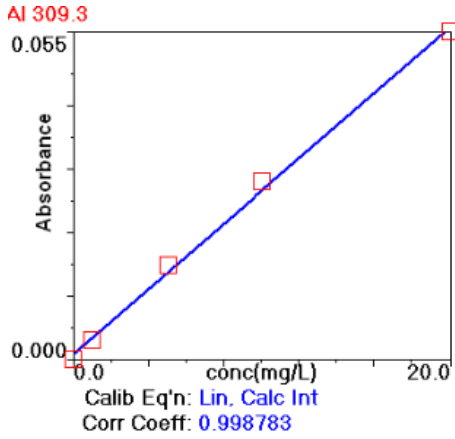
Metotlar	Adım	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)	Power (W)
Tea leaves (Ventilation:10dk)	1	10	200	500
	2	10	200	500
Grass Metodu (Ventilation:10dk)	1	4	85	500
	2	9	145	500
	3	4	200	500
	4	14	200	500
Bekletmesiz (Ventilation:10dk)	1	10	165	500
	2	20	165	500
Bekletmeli (Ventilation:10dk)	1	10	165	500
	2	20	165	500

**Tablo 3.5.** Mikrodalga çözünürleştirme yöntemleri ve % verim

	Cu ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	Al ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
Sertifika Değerleri	5.64 ± 0.24	286 ± 9
Tea Leaves	7.078±1.40	283.20±10.67
% Verim	125	99
Grass Metodu	5.34±0.11	287.38±8.05
% Verim	95	101
Bekletmesiz Metot	5.078±0.11	218.89±11.76
% Verim	90	77
Bekletmeli Metot	4.57±0.18	208.52±19.69
% Verim	81	73

Tablo 3.5 te % verim değerlerine bakılarak bir kıyaslama yapıldığında mikrodalga parçalama için en iyi verimin Grass metodunda sağlandığı

görüldüğünden bundan sonraki deney numunelerinin mikrodalga parçalama yöntemi ile çözünürleştirilmesinde Grass Metodu uygulanmıştır. Deney numunelerinin elementel analizi için, uygun çözünürleştirme metoduna karar verebilmek amacıyla; standart referans madde, yaş yakma, kuru yakma ve mikrodalga çözünürleştirme yöntemleri ile çözeltiye alındı. Elde edilen homojen çözeltilerin alevli, alevli – emisyon ve elektrotermal AAS kullanılarak elementel analizi yapıldı. Bunun için her bir elemente ait; değişik derişim aralıklarında kalibrasyon grafikleri oluşturuldu. Bu kalibrasyon grafiklerinden her bir elemente ait birer kalibrasyon grafiği, eğim, kayma ve korelasyon katsayıları ile kalibrasyon aralıkları aşığıda verilmiştir.



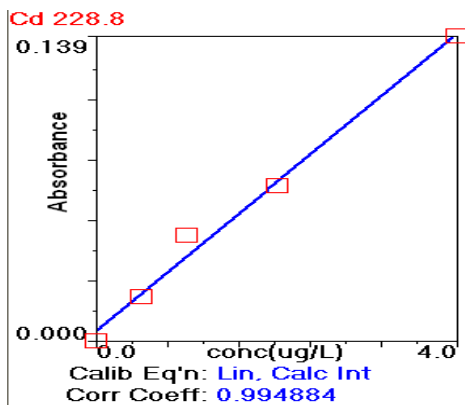
Şekil 3.4. Al; kalibrasyon grafiği

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	-0.361
Kalib Std. 1	0.0032	1.0	0.827
Kalib Std. 2	0.0157	5.0	5.372
Kalib Std. 3	0.0296	10.0	10.493
Kalib Std. 4	0.0547	20.0	19.669

$$\text{Abs} = 0.00273 [\text{Al}] + 0.00099$$

$$R = 0.998783$$

Kalibrasyon aralığı; 1.000 – 20.000 ppm



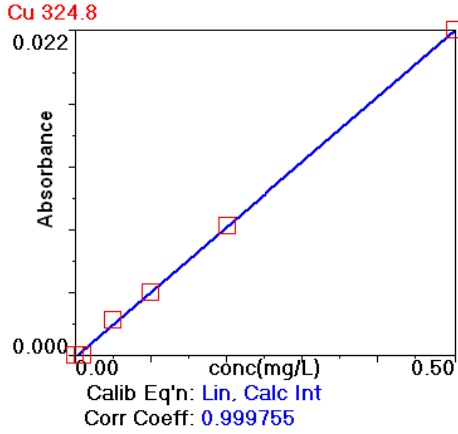
Şekil 3.5. Cd; kalibrasyon grafiği

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	- 0.144
Kalib Std. 1	0.0204	0.5	0.458
Kalib Std. 2	0.0482	1.0	1.276
Kalib Std. 3	0.0710	2.0	1.947
Kalib Std. 4	0.1395	4.0	3.963

$$\text{Abs} = 0.03396 [\text{Cd}] + 0.00489$$

$$R = 0.994884$$

Kalibrasyon aralığı; 0.500 – 4.000 ppb



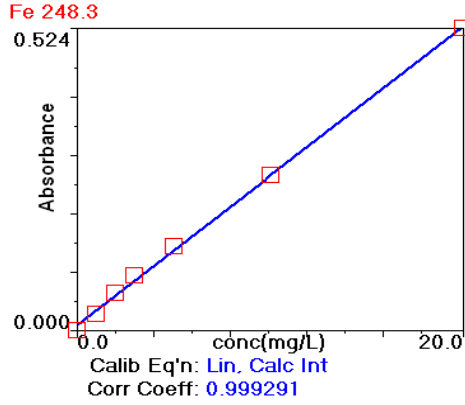
**Şekil 3.6.** Cu; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.04413 [\text{Cu}] - 0.00011$$

$$R = 0.999755$$

Kalibrasyon aralığı; 0.010 – 0.500 ppm

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	0.003
Kalib Std. 1	0.0010	0.01	0.009
Kalib Std. 2	0.0024	0.05	0.056
Kalib Std. 3	0.0042	0.1	0.099
Kalib Std. 4	0.0087	0.2	0.200
Kalib Std. 5	0.0219	0.5	0.500



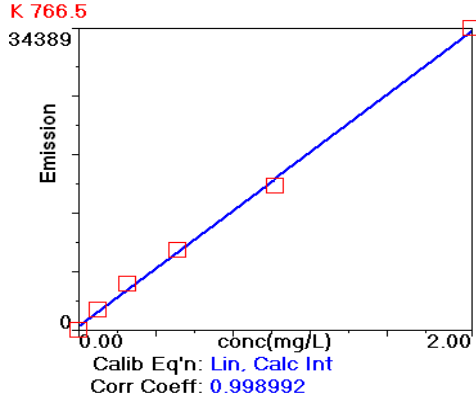
**Şekil 3.7.** Fe, kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.02589 [\text{Fe}] + 0.00987$$

$$R = 0.999291$$

Kalibrasyon aralığı; 0.100 – 20.000 ppm

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	- 0.362
Kalib Std. 1	0.0244	1.0	0.671
Kalib Std. 2	0.0595	2.0	2.132
Kalib Std. 3	0.0873	3.0	3.285
Kalib Std. 4	0.1368	5.0	5.342
Kalib Std. 5	0.2506	10.0	10.075
Kalib Std. 6	0.4855	20.0	19.837



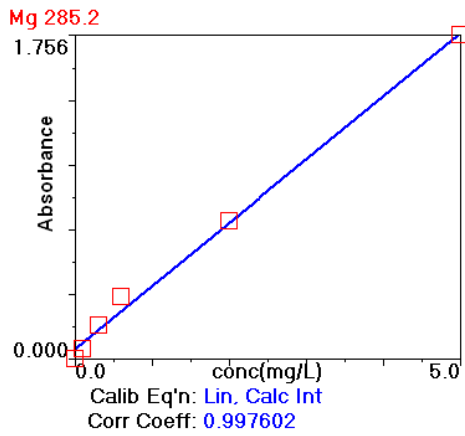
Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0	0.0	- 0.028
Kalib Std. 1	2346	0.1	0.111
Kalib Std. 2	5297	0.25	0.287
Kalib Std. 3	9153	0.50	0.516
Kalib Std. 4	16379	1.0	0.946
Kalib Std. 5	34389	2.0	2.018

Şekil 3.8. K; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 16808,14 [\text{K}] + 475,42$$

$$R = 0.998992$$

Kalibrasyon aralığı; 0.100 – 2.000 ppm



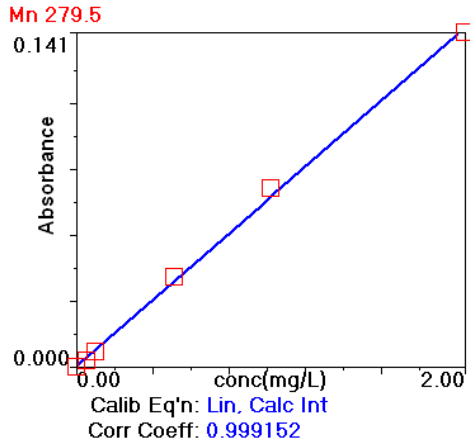
Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	- 0.164
Kalib Std. 1	0.0548	0.1	0.074
Kalib Std. 2	0.1835	0.3	0.373
Kalib Std. 3	0.3352	0.6	0.818
Kalib Std. 4	0.7445	2.0	2.012
Kalib Std. 5	1.7562	5.0	4.965

Şekil 3.9. Mg; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.34229 [\text{Mg}] + 0.05598$$

$$R = 0.997602$$

Kalibrasyon aralığı; 0.100 – 5.000 ppm



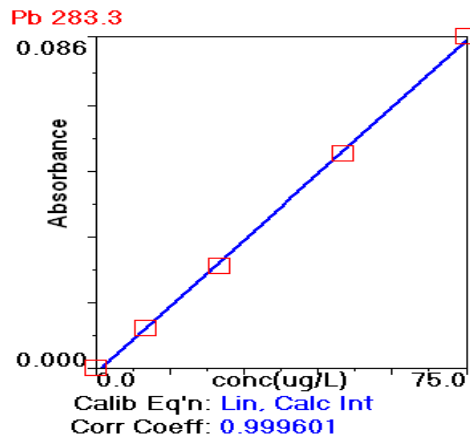
**Şekil 3.10.** Mn; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.07156 [\text{Mn}] + 0.00059$$

$$R = 0.999152$$

Kalibrasyon aralığı; 0.050 – 2.000 ppm

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	- 0.008
Kalib Std. 1	0.0029	0.05	0.033
Kalib Std. 2	0.0062	0.1	0.078
Kalib Std. 3	0.0383	0.5	0.527
Kalib Std. 4	0.0758	1.0	1.051
Kalib Std. 5	0.1415	2.0	1.961



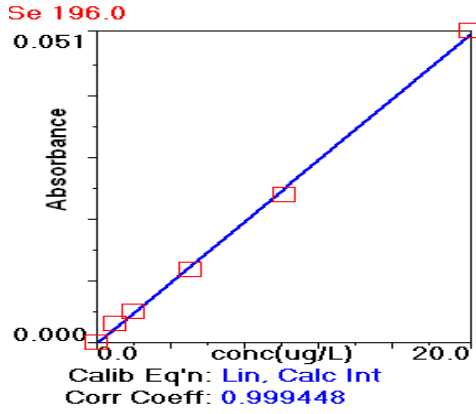
**Şekil 3.11.** Pb; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.00115 [\text{Pb}] - 0.00110$$

$$R = 0.999601$$

Kalibrasyon aralığı; 10.000 – 75.000 ppb

Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	0.959
Kalib Std. 1	0.0103	10.0	9.897
Kalib Std. 2	0.0266	25.0	24.050
Kalib Std. 3	0.0556	50.0	49.290
Kalib Std. 4	0.0860	75.0	75.803



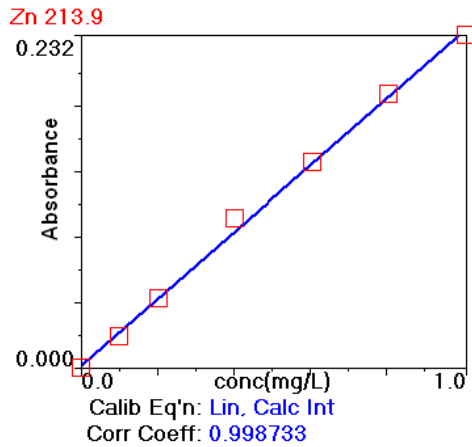
Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	0.079
Kalib Std. 1	0.0030	1.0	1.254
Kalib Std. 2	0.0050	2.0	2.041
Kalib Std. 3	0.0119	5.0	4.777
Kalib Std. 4	0.0241	10.0	9.616
Kalib Std. 5	0.0509	20.0	20.229

Şekil 3.12. Se; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.00253 [\text{Se}] - 0.00020$$

$$R = 0.999448$$

Kalibrasyon aralığı; 1.000 – 20.000 ppb



Örnek ID	ABS	Girilen Konst. mg/L	Hesaplanan Konst. mg/L
Kör	0.0000	0.0	- 0.0009
Kalib Std. 1	0.0216	0.1	0.083
Kalib Std. 2	0.0483	0.2	0.197
Kalib Std. 3	0.1040	0.4	0.437
Kalib Std. 4	0.1431	0.6	0.602
Kalib Std. 5	0.1907	0.8	0.806
Kalib Std. 6	0.2316	1.0	0.980

Şekil 3.13. Zn; kalibrasyon grafiği

$$\text{Abs} = 0.23412 [\text{Zn}] + 0.00197$$

$$R = 0.998733$$

Kalibrasyon aralığı; 0.100 – 1.000 ppm

Uygulanan çözünürleştirme yöntemlerine ait bulunan sonuçlar ve % verim değerleri Tablo 3.6 da verilmiştir.

**Tablo 3.6.** Çözünürleştirme yöntemleri ve % verim değerleri

Element	Metot	Sertifika değeri	Sonuç	% Verim
Al ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$286 \pm 9$	$281.2 \pm 7.1$	98
	b	$286 \pm 9$	$266.6 \pm 10.3$	93
	c	$286 \pm 9$	$251.4 \pm 5.27$	88
Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.013 \pm 0.002$	$0.0119 \pm 0.0007$	92
	b	$0.013 \pm 0.002$	$0.0110 \pm 0.0007$	85
	c	$0.013 \pm 0.002$	$0.0103 \pm 0.0005$	79
Cu ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$5.64 \pm 0.24$	$5.6 \pm 0.15$	99
	b	$5.64 \pm 0.24$	$5.2 \pm 0.103$	92
	c	$5.64 \pm 0.24$	$5.2 \pm 0.094$	92
Fe ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$83 \pm 5$	$81.5 \pm 2.6$	98
	b	$83 \pm 5$	$69.5 \pm 3.32$	84
	c	$83 \pm 5$	$67.75 \pm 12.93$	82
K (%)	a	$1.61 \pm 0.02$	$1.82 \pm 0.016$	113
	b	$1.61 \pm 0.02$	$1.34 \pm 0.069$	83
	c	$1.61 \pm 0.02$	$1.26 \pm 0.068$	78
Mg (%)	a	$0.271 \pm 0.008$	$0.267 \pm 0.0082$	98
	b	$0.271 \pm 0.008$	$0.262 \pm 0.011$	97
	c	$0.271 \pm 0.008$	$0.255 \pm 0.016$	94
Mn ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$54 \pm 3$	$51.9 \pm 1.65$	96
	b	$54 \pm 3$	$46.615 \pm 2.345$	86
	c	$54 \pm 3$	$46.885 \pm 1.83$	87
Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.470 \pm 0.024$	$0.465 \pm 0.024$	99
	b	$0.470 \pm 0.024$	$0.410 \pm 0.009$	87
	c	$0.470 \pm 0.024$	$0.405 \pm 0.006$	86
Se ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.050 \pm 0.009$	$0.045 \pm 0.0125$	90
	b	$0.050 \pm 0.009$	$0.0465 \pm 0.011$	93
	c	$0.050 \pm 0.009$	$0.0375 \pm 0.012$	75
Zn ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$12.4 \pm 0.3$	$11.65 \pm 0.45$	93
	b	$12.4 \pm 0.3$	$10.265 \pm 0.92$	82
	c	$12.4 \pm 0.3$	$9.517 \pm 1.49$	76

a: Mikrodalga Parçalama, b: Yaş Yakma c: Kuru Yakma

Tablo 3.6 da % verimler genel olarak değerlendirildiğinde en yüksek verim, mikrodalga znrleştirme yöntemi ile elde edildiğinden analizi yapılacak deney numunelerine, mikrodalga parçalama yöntemi uygulanarak çözeltiye alındı ve analizleri yapıldı.



#### 4. SONUÇLAR

Mineral ve eser element analizi Analitik Kimya'nın önemli çalışma alanlarından biridir. Eser elementler buldukları ortamda çok küçük derişimlerde olduğundan dolayı bunların basit kimyasal yöntemlerle analiz edilmeleri imkânsızdır. Bundan dolayı eser elementler değişik ilkelerle çalışan aletlerle analiz edilebilmektedir. Biz yaptığımız çalışmada, analizi yapılacak madde üzerine gönderilen ışığın absorblanma miktarının ölçümüne dayanan Atomik Absorpsiyon Spektrometresi cihazını kullandık.

Bir kimyasal analizin en dikkat isteyen, en yorucu ve en uzun basamağı maddelerin analize hazırlanması basamağıdır. Çözünürleştirme işlemlerinin uzun zaman alması, fazla miktarda çözücü kullanılması, analiz sonuçlarını etkileyerek hataların en fazla yapıldığı işlem basamağıdır. Tekrarlanabilir, yüksek verimde sonuçlar elde etmek için bu dezavantajların en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, örneklerin hızlıca çözünürleştirildiği, tekrarlanabilirliğin ve verimin yüksek, minimum enerji ve kimyasal madde sarfiyatının olduğu, uçucu bileşenlerin ortamda tutulduğu ve çözünürleştirilebilir örnek miktarının fazla olması nedeniyle güvenilir mikrodalga çözünürleştirme yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çalışmamızda analizi yapacağımız materyallere uygulanacak çözünürleştirme tekniğine karar verebilmek amacı ile Standart Referans Madde (NIST – SRM 1515 Apple Leaves ) farklı çözünürleştirme teknikleri ile çözelti ortamına alınarak elementel analizleri yapıldı. Bulunan sonuçlar ve % verim değerleri Tablo 3.6 da verilmiştir.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde uyguladığımız farklı çözünürleştirme yöntemlerinde en yüksek verimi, yani; elementlerin geri kazanımının mikrodalga çözünürleştirme yöntemi ile sağlandığı görülmüştür. Sonuçlara bakıldığında, Cu, Mg analizlerinde yaş, kuru yakma ve mikrodalga tekniklerinin her üçünde de verim değerleri yüksektir. Diğer elementlerin analizlerinde mikrodalga tekniğini ile daha yüksek verim elde edilmiştir. Bu üç metodun % verim değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek verim, mikrodalga çözünürleştirme yöntemi ile elde

edildiğinden analizi yapılacak deney numunelerine, mikrodalga parçalama yöntemi uygulamaya karar verdik.

Mikrodalga çözünürleştirme yöntemine karar verdikten sonra, yapmış olduğumuz çalışmamızda sebze ve aynı familyadan gelmesine rağmen farklı cinsten olan örnekleri temsil etmesi açısından üç farklı referans standart maddenin çözelti ortamına alınarak elementel analizleri yapıldı. Elde ettiğimiz sonuçlar ve % verim değerleri Tablo 4.1 de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi elementlerin geri kazanımları oldukça yüksektir. Potasyum analizinde her üç SRM için de % 100 ün üzerinde verim elde edilmiştir.

Yaptığımız bu çalışmada, Malatya ilinde yetiştirilen ve halk arasında hastalıkları iyileştirdiği kanısıyla sıklıkla kullanılan çeşitli meyve ve sebze örnekleri ile bunların tedavi amaçlı diğer kısımları (tohum, yaprak... vb.) nin mineral ve eser element içerikleri kantitatif olarak tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar 100 g kuru ağırlık başına Tablo 4.2 de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Standart referans maddelerin analiz sonuçları (mg/kg)

Element	SRM	Sertifika değeri	Sonuç	% Verim
Al ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$286 \pm 9$	$281.2 \pm 7.1$	98
	b	$598 \pm 12$	$585.5 \pm 73$	98
	c	$249 \pm 8$	$243.35 \pm 6.3$	98
Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.013 \pm 0.002$	$0.0119 \pm 0.0007$	92
	b	$1.52 \pm 0.04$	$1.14 \pm 0.05$	75
	c	$0.026 \pm 0.003$	$0.0235 \pm 0.0006$	90
Cu ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$5.64 \pm 0.24$	$5.6 \pm 0.15$	99
	b	$4.70 \pm 0.14$	$4.18 \pm 0.03$	90
	c	$3.7 \pm 0.4$	$4.05 \pm 0.46$	109
Fe ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$83 \pm 5$	$81.5 \pm 2.6$	98
	b	$368 \pm 7$	$358.8 \pm 55$	98
	c	$218 \pm 14$	$217.4 \pm 18.03$	99
K (%)	a	$1.61 \pm 0.02$	$1.82 \pm 0.016$	113
	b	$2.70 \pm 0.05$	$2.91 \pm 0.11$	108
	c	$2.43 \pm 0.03$	$2.58 \pm 0.06$	106
Mg (%)	a	$0.271 \pm 0.008$	$0.267 \pm 0.0082$	98
	b	1.2	1.18	98
	c	$0.432 \pm 0.008$	$0.421 \pm 0.018$	97
Mn ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$54 \pm 3$	$51.9 \pm 1.65$	96
	b	$246 \pm 8$	$210.8 \pm 9.2$	86
	c	$98 \pm 3$	$91.48 \pm 0.93$	93
Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.470 \pm 0.024$	$0.465 \pm 0.024$	99
	b	-	$1.38 \pm 0.41$	-
	c	$0.87 \pm 0.03$	$0.84 \pm 0.016$	97
Se ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$0.050 \pm 0.009$	$0.045 \pm 0.0125$	90
	b	$0.054 \pm 0.003$	$0.052 \pm 0.004$	96
	c	$0.120 \pm 0.009$	$0.116 \pm 0.02$	97
Zn ( $\mu\text{g/g}$ )	a	$12.4 \pm 0.3$	$11.65 \pm 0.45$	93
	b	$30.9 \pm 0.7$	$28.9 \pm 3.2$	94
	c	$17.9 \pm 0.4$	$17.8 \pm 1.99$	99

a: NIST SRM 1515, Apple Leaves, b: NIST SRM 1573a, Tomato Leaves c: NIST SRM 1547, Peach Leaves

**Tablo 4.2.** Meyve ve sebze örneklerinin eser element ve mineral içeriği  
(ortalama±SD, n=3)

Meyve ve Sebze Örnekleri	Al mg/100g	Cu mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g
<b>Armut</b>					
- Meyvesi	< 0.5*	< 0.05*	0,33±0,027	114±7,41	11,03±0,23
- Yaprığı	53,55±1,13	0,49±0,039	30,94±0,48	1004,08±73,86	589,19±3,12
<b>Ayva</b>					
- Meyvesi	< 0.5*	0,11±0,019	0,44±0,078	176,63±42,00	9,99±1,59
- Çekirdeği	< 0.5*	1,71±0,087	8,95±1,95	818,88±195,92	475,73±17,26
- Yaprığı	28,89±3,68	0,81±0,082	20,59±2,04	1093,75±29,76	609,85±20,20
<b>Ceviz</b>					
- Meyvesi	< 0.5*	1,84±0,15	3,47±0,56	653,83±61,25	263,19±10,32
- Kırıldak Dokusu	< 0.5*	1,38±0,60	1,92±0,47	1091,92±191,82	164,63±29,15
- Yaprığı	92,83±6,41	0,69±0,12	61,54±2,75	2041,67±330,97	583,50±4,22
<b>Çilek</b>					
- Meyvesi	1,45±0,22	< 0.05*	0,46±0,036	146,08±0,74	15,25±0,13
- Yaprığı	32,79±1,56	0,74±0,20	12,73±0,76	1683,33±149,09	637,79±18,45
<b>Elma</b>					
- Meyvesi	< 0.5*	< 0.05*	< 0.5*	119,50±41,76	< 0.5*
- Çekirdeği	6,62±1,68	1,60±0,067	4,83±0,093	697,25±18,40	474,79±6,75
- Yaprığı	19,65±0,76	0,23±0,034	25,99±0,79	2610,42±243,60	594,21±7,46
<b>Kiraz</b>					
- Meyvesi	4,99±0,47	0,32±0,012	0,42±0,0049	248,25±20,26	15,84±0,56
- Ağaç Kabuğu	12,92±5,35	0,46±0,094	146±50,99	230,83±82,14	159,25±20,34
- Sapı	20,61±0,77	1,61±0,12	18,80±3,02	4658,33±1721,37	176,00±16,50
- Zamkı	7,48±1,14	0,51±0,097	2,36±1,09	305,58±10,04	228,13±0,83
<b>Nar</b>					
- Meyvesi	3,84±0,10	0,59±0,024	0,72±0,071	261,00±4,00	24,45±0,52
- Meyve Kabuğu	3,80±0,20	0,30±0,017	0,30±0,045	332,50±37,66	15,93±0,63
<b>Nane</b>					
	19,16±1,55	0,34±0,094	30,00±3,31	2791,67±535,18	508,33±26,46
<b>Reyhan</b>					
	12,80±2,42	1.03±0,090	29,91±3,89	4754,17±574,93	600,69±18,28

\* ; mg/kg hesabına göre çizilmiş kalibrasyon grafiğinin kuru ağırlık olarak mg/100g karşılığı esas alınan değerler.

**Tablo 4.2.Devamı** Meyve ve sebze örneklerinin eser element ve mineral içeriği  
(ortalama  $\pm$  SD, n=3)

Meyve ve Sebze Örnekleri	Mn mg / 100 g	Zn mg / 100 g	Cd x 10 <sup>-3</sup> mg / 100 g	Pb x 10 <sup>-3</sup> mg / 100 g	Se x 10 <sup>-3</sup> mg / 100 g
<b>Armut</b>					
- Meyvesi	0,050 $\pm$ 0,010	0,26 $\pm$ 0,0083	0,20 $\pm$ 0,083	22,25 $\pm$ 1,83	0,60 $\pm$ 0,42
- Yaprağı	6,26 $\pm$ 0,14	1,88 $\pm$ 0,071	2,70 $\pm$ 0,37	49,73 $\pm$ 9,58	21,00 $\pm$ 4,39
<b>Ayva</b>					
- Meyvesi	0,11 $\pm$ 0,015	0,30 $\pm$ 0,011	0,24 $\pm$ 0,18	32,55 $\pm$ 1,88	0,55 $\pm$ 0,35
- Çekirdeği	1,25 $\pm$ 0,0045	6,26 $\pm$ 0,68	1,41 $\pm$ 0,72	18,39 $\pm$ 2,65	2,92 $\pm$ 0,69
- Yaprağı	5,88 $\pm$ 0,58	3,99 $\pm$ 0,38	1,83 $\pm$ 0,18	42,14 $\pm$ 17,19	45,98 $\pm$ 1,15
<b>Ceviz</b>					
- Meyvesi	3,08 $\pm$ 0,39	3,19 $\pm$ 0,0048	< 0.25*	58,42 $\pm$ 28,36	19,58 $\pm$ 0,24
- Kırıldak Dokusu	1,33 $\pm$ 0,83	1,16 $\pm$ 0,42	< 0.25*	23,22 $\pm$ 0,39	3,73 $\pm$ 0,60
- Yaprağı	10,97 $\pm$ 0,37	1,93 $\pm$ 0,074	2,87 $\pm$ 0,51	94,11 $\pm$ 7,58	31,53 $\pm$ 4,80
<b>Çilek</b>					
- Meyvesi	< 0.05*	0,33 $\pm$ 0,0079	< 0.25*	16,64 $\pm$ 2,45	< 5.0*
- Yaprağı	20,83 $\pm$ 0,73	3,18 $\pm$ 0,022	1,50 $\pm$ 0,15	27,27 $\pm$ 10,20	45,45 $\pm$ 7,42
<b>Elma</b>					
- Meyvesi	0,034 $\pm$ 0,012	0,059 $\pm$ 0,019	< 0.25*	10,54 $\pm$ 1,56	< 5.0*
- Çekirdeği	3,84 $\pm$ 0,098	2,57 $\pm$ 0,15	< 0.25*	351,55 $\pm$ 0,07	2,33 $\pm$ 0,71
- Yaprağı	5,49 $\pm$ 0,22	1,40 $\pm$ 0,052	0,98 $\pm$ 0,083	55,03 $\pm$ 3,49	53,4 $\pm$ 9
<b>Kiraz</b>					
- Meyvesi	0,061 $\pm$ 0,0066	0,17 $\pm$ 0,025	0,17 $\pm$ 0,16	23,47 $\pm$ 16,91	< 5.0*
- Ağaç Kabuğu	3,63 $\pm$ 1,88	2,50 $\pm$ 0,51	4,94 $\pm$ 0,78	188,09 $\pm$ 79,04	17,96 $\pm$ 8,87
- Sapı	0,93 $\pm$ 0,037	3,46 $\pm$ 0,38	1,67 $\pm$ 0,44	111,53 $\pm$ 9,92	6,82 $\pm$ 0,33
- Zamkı	< 0.05*	0,56 $\pm$ 0,055	0,13 $\pm$ 0,028	40,09 $\pm$ 5,85	3,59 $\pm$ 0,28
<b>Nar</b>					
- Meyvesi	0,29 $\pm$ 0,020	0,78 $\pm$ 0,043	0,10 $\pm$ 0,066	29,67 $\pm$ 2,22	1,03 $\pm$ 0,28
- Meyve Kabuğu	0,12 $\pm$ 0,013	0,30 $\pm$ 0,011	< 0.25*	8,91 $\pm$ 0,86	2,63 $\pm$ 0,47
<b>Nane</b>					
	5,07 $\pm$ 0,26	2,59 $\pm$ 0,12	< 0.25*	63,22 $\pm$ 7,77	41,9 $\pm$ 3,5
<b>Reyhan</b>					
	5,67 $\pm$ 0,27	4,48 $\pm$ 0,19	6,48 $\pm$ 1,8	115,38 $\pm$ 23,57	56,1 $\pm$ 6,9

\* ; mg/kg hesabına göre çizilmiş kalibrasyon grafiğinin kuru ağırlık olarak mg/100g karşılığı esas alınan değerler.

## 5. TARTIŞMA

Bitkilerin yapısında bulunan eser element ve mineral miktarları; hava - su kaynakları, gübre kullanımı, iklim ve coğrafik şartlara göre değişmektedir. Ayrıca bitkilerin gelişimi için gerekli olan tüm elementler bitki dokularında bulunmaz. Bu durum bitkiler tarafından molekül ve iyonların absorpsiyon mekanizmalarının seçimli olarak yürütülmesinden kaynaklanmaktadır (96).

Öncelikle elde edilen sonuçlar, meyvelerle sebzeler arasında ayrıca meyve ve sebze türlerinin de kendi aralarında element içeriği bakımından farklı olduğunu göstermektedir. Bu değişkenliğin, seçilen meyve ve sebze örneklerinin farklı türlere ve familyalara sahip olmalarından ve ayrıca bunların yetiştiği toprak ve iklim şartlarından kaynaklandığı muhtemeldir. Görüldüğü gibi gıdaların mineral içeriği çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Işık, sıcaklık gibi iklim koşulları, bitkilerin büyüme hızını buna bağlı olarak da mineral iyon kullanım hızını etkiler. Arazi koşullarında, yağmur, kar, çığ, sis bitkilerden mineral kaybına sebebiyet verebilir. Ayrıca bitkinin yetiştiği ortamın kimyasal yapısı da önemlidir. Gübreleme ve yaşlı dokuların ortamda bulunması da toprağın kimyasal yapısını etkiler.

Mineral ve eser element konusunda yapılan araştırmalar, minerallerin işlevlerini yerine getirebilmeleri ve eksiklik bulguları oluşturmamaları için günlük belirli miktarlarda alınması gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu nedenle günlük tükettiğimiz meyve ve sebzelerin mineral içeriklerinin ve miktarlarının açıklığa kavuşturularak elde edilen verilere göre günlük ne kadar tüketilebilecekleri belirlenebilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre meyvelerin yaprak kısımları ve sebzeler daha iyi mineral kaynağıdır.

Meyvelerde; potasyum, K, 114 – 4658 mg/100g lik konsantrasyonla en çok bulunan elementtir. Ayrıca diğer meyve ve meyve dokularında da en yüksek derişimde bulunan element K dır. Bunu 9,99 – 637, 79 mg/100g konsantrasyon

aralığında magnezyum, Mg, takip etmektedir. Al, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Pb ve Se ise farklı meyve türlerinde farklı konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Meyveler ve meyve dokularına ait analiz sonuçları değerlendirildiğinde genel olarak element derişiminin tüm elementler için en fazla yapraklarda olduğu görülmektedir. İstisnai durum ceviz ve ayvada bulunan Cu, yine ayva ve elmada bulunan Zn ve elmada buluna Pb miktarlarında oluşmuştur. Bu durum, bu elementlerin meyvelerin çekirdek kısımlarında daha çok depolandığı şeklinde açıklanabilir. Kiraz için genel olarak element derişimlerinin ağaç kabuğu kısmında yüksek olduğu görülmektedir.

Sebzelerde; tayinini yaptığımız tüm elementlerin derişimi meyvelerdekilerden fazladır. Meyvelerde olduğu gibi, potasyum sebzelerde 2791,67 – 4754,17 mg/100g derişim aralığıyla en çok bulunan elementtir. Bunu Mg takip etmektedir. Diğer elementler de meyvelere nazaran fazla miktarda bulunmaktadır.

Tablo 4.2 de de görüldüğü üzere, armudun meyve, ayvanın meyve ve çekirdek, cevizin meyve ve kıkırdak doku ve elmanın meyve kısmında Al konsantrasyonu gözlenebilme sınırında altında kalmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, meyvelerde en düşük Al konsantrasyonu 1,45 mg/100g olarak çilekde, en yüksek Al konsantrasyonu 92,83 mg/100g olarak ceviz yaprağında bulunmuştur. En yüksek 100 gramında 4,99 mg Al bulunan kiraz en yüksek konsantrasyona sahip meyvedir. Yaman ve Akdeniz (97) çalışmalarında meyvelerde alüminyum miktarını 1.5– 42.0 mg/kg, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Al miktarını 0,5 – 3,2 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,3 – 1,3 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Sonuçların birbirinden farklılığının ana nedenleri; toprak koşulları, yağışlar ve bitkinin genetik yapısı nedeni ile gıdalarda farklı birikmesi neden gösterilebilir. Elde ettiğimiz veriler literatürlerde verilen değerlerle örtüşmektedir.

Elde ettiğimiz sonuçlar günlük 2 – 10 mg a kadar izin verilen Al a kıyasla düşük değerler olup bu meyve ve sebzelerin 100 gramının tüketilmesi sağlık açısından sorun teşkil etmemektedir (33).

Meyve ve sebzelerde yapılan Cu analizinde sadece armut, çilek ve elma gözlenebilir sınırların altında kalmıştır. En düşük Cu konsantrasyonu 0,11 mg/100g olarak ayvada, en yüksek olarak ise 1,84 mg/100g konsantrasyonla cevizde bulunmaktadır. Cu miktarı diğer elementlerin aksine meyve ve dokularında belirgin bir dağılım göstermemektedir. P.R.K. Reddy ve S.J.Reddy (98) çalışmalarında yapraklı tıbbi bitkilerde 17,60 – 57,30 mg/kg Cu tespit etmişlerdir. Onianwa ve ark. (99) çalışmalarında meyvelerde Cu miktarını, 0,25 – 2,40 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Sanchez –Castillo ve arkadaşları (96) meyvelerde bakır miktarını, 0,04 – 3,2 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 0,04 – 0,7 mg/100g aralığında bulmuşlardır. Yaman ve Bakirdere (100) çalışmalarında bakır miktarını elmada 0,8 – 1,6 mg/kg, elma yaprağında 2,7 – 4,2 mg/kg olarak, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Cu miktarını 0,3 – 1,0 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,2 – 0,9 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Cabrera ve ark. (101) analizini yaptıkları meyve örneklerinde Cu konsantrasyonunu 0,316 – 1,094 µg/g aralığında bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda Cu seviyeleri arasındaki farklılık meyve ve sebzelerin farklı ortamlarda yetiştirilmesinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Meyve ve sebzelerin 100 gramında elde ettiğimiz sonuçlar günlük 200 – 1300 µg a kadar izin verilen Cu a yakın değerler içerdiğinden tüketimlerinde dikkat edilmelidir (37).

Tüm meyve ve sebze örneklerinde demir seviyeleri tespit edilmiştir. Demir, 0,30 mg/100g konsantrasyonla en az nar meyve kabuğunda, 61,54 mg /100g konsantrasyonla ceviz yaprağında tespit edilmiştir. Sanchez – Castillo ve arkadaşları (96) meyvelerde demir miktarını 0,1 – 3,2 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 0,2 – 10 mg /100g aralığında bulmuşlardır. Naidu ve ark. (41) çeşitli sebzeler ve yapraklı tıbbi örnekler üzerinde yaptıkları çalışmalarında demir miktarını 30 – 750 mg/kg aralığında, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Fe miktarını 0,9 – 4.8 mg/100g ve sebze örneklerinde 2,4 – 7,3 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Cabrera ve ark. (101) analizini yaptıkları meyve örneklerinde Fe konsantrasyonunu 2,0 – 5,50 µg/g aralığında bulmuşlardır.



Meyve ve sebze örneklerinin 100 gramında elde ettiğimiz sonuçlara göre, günlük 0,27 – 27 mg a kadar izin verilen demire yakın miktarlarda bulunduğundan bu meyve ve sebzelerden günlük 100 g tüketilmesi günlük Fe ihtiyacını karşılayacaktır. Çalışmamızda kullandığımız bu meyve ve sebzeler Fe içeriklerinin fazlalığı nedeniyle demir eksikliğinde kullanılabilirler (37).

K; seviyelerine bakıldığında en düşük konsantrasyon 114 mg/100g olarak armutta, en yüksek 4754,17 mg/100g olarak reyhanda tespit edilmiştir. Lima ve ark. (102) sebze örneklerinde yaptıkları analizlerde K konsantrasyonunu 28,6 – 66,0 mg/g aralığında tespit etmişlerdir. Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde K miktarını 10 - 1910 mg/100g ve sebze örneklerinde 1480 - 4820 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Naidu ve ark. (41) çalışmalarında K miktarını 5,2 – 48,0 mg/g aralığında, Sanchez –Castillo ve arkadaşları (96) meyvelerde K miktarını 87 – 1481 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 94,0 – 994,0 mg /100g aralığında bulmuşlardır. Analiz sonuçlarına bakıldığında yapraklar ve sebzelerde K konsantrasyonu daha yüksektir. Elde ettiğimiz verileri, yapılan diğer çalışmaların verileriyle karşılaştırdığımızda genelde paralel olduğu görülmektedir. Diğer elementlerle kıyaslandığında K konsantrasyonun oldukça yüksek olmasının nedeni toprakların potasyumca zengin olmalarından kaynaklı olduğu söylenebilir.

Meyve ve sebze örneklerinin 100 gramında elde ettiğimiz sonuçlara göre, günlük 0,4 – 5,1 mg a kadar izin verilen potasyuma yakın miktarlarda bulunduğundan bu meyve ve sebzelerden günlük 100 g tüketilmesi günlük K ihtiyacını karşılayacaktır (37).

Meyve ve sebze örneklerinden ayva 9,99 mg/100g konsantrasyonla en düşük Mg içeriğine sahiptir. Mg içeriği en yüksek olan çilek yaprağının konsantrasyonu 637,79 mg/100g dır. Sanchez –Castillo ve ark. (96) meyvelerde Mg miktarını 4,0 – 64,0 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 6,0 – 63,0 mg /100g olarak tespit etmişlerdir. Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Mg miktarını 10 – 160 mg/100g ve sebze örneklerinde 80 - 319 mg/100g aralığında bulmuşlardır.

Sonuçların farklılığının nedenini; analizleri yapılan örneklerin farklı ortamlardaki topraklarda yetiştirilmelerine bağlayabiliriz.

Meyve ve sebze örneklerinin 100 gramında elde ettiğimiz Mg sonuçlarına göre konsantrasyonlar oldukça farklılık gösterdiğinden , günlük 30 - 320 mg a kadar izin verilen Mg un bu meyve ve sebzelerden günlük tüketimine dikkat etmek gerekir (37).

En düşük Mn içeriği elmada 0,034 mg/100g ve en yüksek Mn içeriği ise 10,97 mg/100g olarak ceviz yaprağında bulunmuştur. Tinggi ve ark. (103) meyvelerde Mn miktarını 0,4 – 3,3 mg/kg, sebzelerde ise 0,9 – 6,0 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Sanchez –Castillo ve ark. (96) meyvelerde mangan miktarını 0,02 – 0,25 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 0,05 – 0,47 mg /100g olarak, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde mangan miktarını 0,2 – 28,9 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,8 – 4,7 mg/100g aralığında tespit etmişlerdir.

Günlük olarak 0,003 – 2,6 mg Mn alımına gereksinim duyulmaktadır. Meyve ve sebze örneklerinin 100 gramında elde ettiğimiz sonuçların daha yüksek olduğu gözlemlendiğinden yaş gruplarına göre kullanılması esas alınarak, tüketim miktarına dikkat edilmelidir (37).

Çalışılan meyve ve sebze Zn seviyesi 0,059 – 4,48 mg/100g arasındadır. Sanchez –Castillo ve ark. (96) çalışmalarında kullandıkları meyvelerde Zn miktarını 0,03 – 0,95 mg/100g aralığında, sebzelerde ise 0,07 – 0,89 mg /100g olarak, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde çinko miktarını 0,1 – 2,0 mg/100g ve sebze örneklerinde 1,2 – 4,6 mg/100g aralığında tespit etmişlerdir. Naidu ve ark. (41) çalışmalarında Zn miktarını 3,7 – 59 µg/g aralığında, Onianwa ve ark. (99) meyvelerde 0,16 – 7,40 mg/kg, sebzelerde 1,0 – 17,3 mg/kg olarak bulmuşlardır. Elde ettiğimiz sonuçlarla yapılan diğer çalışmalardaki değerler arasında uyum olduğu görülmektedir. Zn seviyelerinin türe göre farklı olmasında temel neden, yetiştirildikleri toprak yapılarının farklılığıdır. Bunun dışında

miktarların değişkenliğini, iklim koşulları, kullanılan gübre çeşidi, hastalık ve böceklerle mücadelede kullanılan materyaller tarafından etkilenmiş olabileceği kanısındayız(40).

İnsanın günlük olarak gereksinimi olan 2 – 13 mg çinkonun bir kısmı analizini yaptığımız meyve ve sebzelerden karşılanabilir. Elde ettiğimiz sonuçlar, düşük değerler olup bu meyve ve sebzelerin 100 gramının tüketilmesi sağlık açısından sorun teşkil etmemektedir (37).

Cd analizinde, en düşük konsantrasyon değeri  $0,10 \times 10^{-3}$  mg/100g olarak narda, en yüksek konsantrasyon değeri  $4,21 \times 10^{-3}$  mg/100g olarak da kiraz ağacı kabuğunda elde edilmiştir. Yaman ve Bakirdere (100) çalışmalarında elmada Cd düzeyini 0,8 – 1,8 ng/g, elma yaprağında ise 11,2 – 61,5 ng/g aralığında bulmuşlardır. Li ve ark. (104) çalışmalarında kullandıkları meyve örneklerinde Cd konsantrasyonunu 0,92 – 2,15 mg/kg aralığında, Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Cd miktarını 0,001 – 0,005 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,001 – 0,015 mg/100g aralığında, Cabrera ve ark. (101) meyvelerde Cd konsantrasyonunu 0,0003 – 0,020 µg/g aralığında tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında elde ettiğimiz veriler aynı aralıklar içerisindedir. Fakat miktarlar birbirinden farklıdır. Bu farklılıklar, toprağın yapısına (asidik topraklarda yetişen bitkilerde Cd daha yüksektir (46). Bitkinin genotipine, gelişme aşamalarına ve hızına, bitki köklerinin derinliğine ve bitkinin morfolojik karakteristiğine bağlıdır (100). Bunun yanında, madencilik, kadmiyum içerikli çöplerin çevreye atılması, araçların egsoz gazları ve fosfat gübre kullanımı toprakta Cd miktarında artışa neden olur (104).

Günlük olarak 68 µg gereksinim duyulan Cd, analizini yaptığımız meyve ve sebzelerin 100 gramında çok daha az bulunduğundan bu meyve sebzelerin tüketiminde Cd açısından bir sorun yoktur (35).

Meyve ve sebze örneklerinde Pb,  $8,91 \times 10^{-3}$  mg/100g konsantrasyonla en düşük olarak nar kabuğunda, en yüksek olarak da  $351,55 \times 10^{-3}$  mg/100g la elma

çekirdeğinde bulunmuştur. Yaman ve Bakirdere (100) çalışmalarında elmada Pb düzeyini 141,0 – 180,0 ng/g, elma yaprağında ise 331,0 – 866,0 ng/g aralığında bulmuşlardır. Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Pb miktarını 0,005 – 0,015 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,002 – 0,014 mg/100g aralığında, Baytak ve ark. (105) sebze örneklerinde 13,0 – 19,0 µgPb/g aralığında, Cabrera ve ark. (101) meyvelerde Pb konsantrasyonunu 0,050 – 0,396 µg/g aralığında, Sanchez –Castillo ve ark. (96) çalışmalarında kullandıkları meyvelerde Pb miktarını max. 243 µg/100g aralığında, sebzelerde ise max. ortalama 26 µg /100g olarak, Cabrera ve ark. (106) çeşitli meyvelerde Pb konsantrasyonunu 0,20 – 0,40 µg/g aralığında tespit etmişlerdir. Bitkilerdeki Pb konsantrasyonu özellikle egsoz gazlarından dolayı farklılık göstermektedir. Sonuçların farklılığı, trafik yoğunluğundan, toprağın niteliğinden (örneğin pH), toprak içerisindeki ağır metallerin çözünürlüğünden kaynaklanmaktadır (100).

100 gram meyve ve sebzede bulunan Pb miktarı günlük alınması önerilen 240 µg ı aşmadığından Pb içeriği bakımından sağlık açısından herhangi bir sorun teşkil etmemektedir (35).

Tablo 4.2 de görüldüğü gibi en düşük selenyum konsantrasyonu ayvada  $0,55 \times 10^{-3}$  mg/100g iken, en yüksek konsantrasyon  $56,1 \times 10^{-3}$  mg/100g olarak reyhanda bulunmaktadır. Ekholm ve ark. (6) çalışmalarında meyve örneklerinde Se miktarını 0,001 mg/100g ve sebze örneklerinde 0,002 – 0,02 mg/100g aralığında, Cabrera ve ark. (101) meyvelerde Se konsantrasyonunu 0,01 – 0,02 µg/g aralığında, Morris ve Levander (107) sebze örneklerinde 0,006 – 0,141 µgSe/g, meyve örneklerinde 0,002 – 0,014 µgSe/g olarak, Smrkolj ve Stibilj (69) sebze örneklerinde yaş ağırlık başına Se konsantrasyonunu 1,5 – 20,3 ng/g aralığında, Diaz-Alarcon ve ark. (58) çalışmalarında kuru meyve örneklerinde 71,0 – 595,0 ng/g Se tespit etmişlerdir. Çalışmamızda meyve yapraklarında elde ettiğimiz konsantrasyon değerleri meyve ve sebzelerdekilere oranla oldukça yüksektir. Bunun nedeni yapraklarda daha fazla birikmesi olarak açıklanabilir. Selenyum değerlerinin bu kadar çeşitli çıkması bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler; bitkilerin türü,

bitkilerin yetiştirildiği ortamın jeokimyası, toprak pH sı, çevresel sıcaklık ve tuzluluktur.

Selenyumun günlük olarak yaş gruplarına göre 15 – 70 µg alınması önerilir. Meyve ve sebzelerin analiz sonucunda 100 gramında bulunan Se miktarları oldukça düşük olduğundan günlük gereksinimi karşılayacak tüketimi artırılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Karadeniz, T. (2004) *Şifalı Meyveler*. Ordu: Burcan Ofset Matbaacılık Sanayii.
2. Kurbanova, R. , Mirzaoğlu, R. , Özcan, E. , Şeker, R. , Koçak, A. (1998). *Hastalıkların Tedavisinde Kullanılan Meyve ve Sebze Bitkileri*. Konya.
3. Baysal, A. (2004). *Beslenme*. Ankara: Hatiboğlu
4. Bilim ve Teknik Dergisi, Ağustos 2005.
5. El-Rjoob, A. O., Massedeh, A. M. (2008). Evaluation of Pb, Cu, Zn, Cd, Ni and Fe Levels in *Rosmarinus officinalis labaiatae* (Rosemary) Medicinal Plant and Soils in Selected Zones in Jordan. *Environmental Monitoring and Assesment*, 140, 61 – 68.
6. Ekholm, P., Reinivuo, H., Matilla, P., Pakkala, H., Koponen, J., Happonen, A., Hellström, J., Ovaskainen, M. L. (2007). Changes in the Mineral and Trace Element Contents of Cereals, Fruits and Vegetables in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 487 – 495.
7. Ebcioğlu, N. (2003). *Sağlığımızın Yapıtaşları Sebze ve Meyveler*. İstanbul: Remzi Kitabevi
8. Baytop, T. (1999). *Türkiye de Bitkiler ile Tedavi*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri
9. İhvanforum. 05.12.2008. [http:// www.ihvanforum.org/saglikli-hayat/41103-ayva-ve-faydasi/](http://www.ihvanforum.org/saglikli-hayat/41103-ayva-ve-faydasi/)
10. Ivanov, I. I., Lancev, I. I., Neşev, G. K. (2005). *Şifalı Bitkilerle Tedavi Atlası* (B. Makaklı, Çev.). İstanbul: Pamuk Yayıncılık.
11. Grotto, D. (2008). *Hayat Kurtaran 101 Yiyecek* (N. Malikler, B. Çelik ve F. N. Demirgan, Çev.). İstanbul: Martı Yayıncılık.
12. Armutun faydaları. 05.12.2008. [http:// www.sensizasla.net/armutun-faydaları-961.html](http://www.sensizasla.net/armutun-faydaları-961.html)
13. Şifalıbitkiler. 05.12.2008. [http:// en-sifalibitkiler.blogspot.com/ 2008/12/armut-ve-armutun-faydalari.com](http://en-sifalibitkiler.blogspot.com/2008/12/armut-ve-armutun-faydalari.com)
14. Diyadinnet. Erişim: 05.12.2008, <http://www.diyadinnet.com/SaglikBilgisi-236&Saglik=cevizin-yararlar%C4%B1>

15. Mucizeiksirler. Erişim: 05.12.2008, <http://mucizeiksirler.blogspot.com/2008/06/cevizin-faydalari.html>
16. Meyvelerin Faydaları. Erişim: 05.12.2008, [http://meyvelerinfaydalari.blogcu.com/elmanin-faydalari\\_1566412.html](http://meyvelerinfaydalari.blogcu.com/elmanin-faydalari_1566412.html)
17. Mydearbody. Erişim: 05. 12.2008, <http://www.mydearbody.com/tr/sifali-bitkiler/cilek.html>
18. Azadiforum. Erişim: 05.12.2008, <http://www.azadiforum.net/cilegin-faydalari-t11448.html>).
19. Mydearbody. Erişim: 05.12.2008, <http://www.mydearbody.com/tr/sifali-bitkiler/nar.html>
20. Hekimce. Erişim: 05.12.2008, <http://www.hekimce.com/index.php?kiid=3106>
21. Mydearbody. Erişim: 05.12.2008, <http://www.mydearbody.com/tr/sifali-bitkiler/nane.html>
22. Vidpic3. Erişim: 05.12.2008, <http://vidpic3.com/photo/1303/nanenin-faydalari-nanenin-yararlari>
23. Webhatti. Erişim: 05.12.2008, [www.webhatti.com/genel-saglik/80268-feslegenin-faydalari.html](http://www.webhatti.com/genel-saglik/80268-feslegenin-faydalari.html) - 41k -
24. Mydearbody. Erişim: 05.12.2008, <http://tr.mydearbody.com/tr/sifali-bitkiler/feslegen.html>
25. Saldamlı, İ. (1998). *Gıda Kimyası*. Ankara
26. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/index.html>.
27. Khandare, A. L., Rao, G. S. (2006). Uptake of Fluoride, Aluminum and Molybdenum by Some Vegetables from Irrigation Water. *J .Hum. Ecol.*, 19 (4), 283 – 288
28. Narin, A., Tuzen M., Soylak, M. (2004). Aluminium Determination in Environmental Samples by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry After Solid Phase Extraction On Amberlite Xad – 1180 / Pyrocatechol Violet Chelating Resin. *Talanta*, 63, 411 – 418.
29. Zetataalk. Erişim: 03.02.2009, <http://www.zetataalk.com/food/food36w.htm>.

30. Lopez, F. F., Cabrera, C., Lorenzo, M. L., Lopez, M. C.(2000). Aluminium Levels in Spices and Aromatic Herbs. *The Science of the Total Environment*, 257, 191 – 197.
31. Balaji, T., Acharya, R. N., Nair, A. G. C., Reddy, A. V. R., Rao, K.S., Naidu, G. R. K., Manohar, S. B. (2000). Determination of Essential Elements in Ayurvedic Medicinal Leaves by  $k_0$  Standardized Instrumental Neutron Activation Analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 243, 783 – 788.
32. Lenntech. Erişim: 03.02.2009. <http://lenntech.com/Periodic-chart-elements/Al-en.htm>.
33. Biego, G.H., Joyeux, M., Hartemann, P., Debry, G. (1998). Daily Intake of Essential Minerals and Metallic Micropollutants from Foods in France. *The Science of the Total Environment*, 217, 27 – 36.
34. Afzali, D., Mostafavi, A., Taher, M. A., Moradian, A. (2007). Flame Atomic Absorption Spectrometry Determination of Trace Amounts of Copper after Separation and Preconcentration onto TDMBAC – Terated Analcime Pyrocatechol – İmmobilized. *Talanta*, 71, 971 – 975.
35. Rico, L. G., Perez, J. L., Marini, M. E. J. (2007). Content and Daily Intake of Copper, Zinc, Lead, Cadmium and Mercury from Dietary Supplements in Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1599 – 1605.
36. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/bakir-minerali.html>
37. Institute of Medicine. Erişim: 22.03.2009, <http://www.iom.edu/Object.File/Master/21/372/0.pdf>
38. Bhatnagar, S., Natchu, U. C. M. (2004). Zinc in Child and Disease. *Indian Journal of Pediatrics*, 71, 991 – 995.
39. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/çinko-minerali.html>
40. şamil, A., Tezcan, R., Ceylan, N., Erçetin, M. (2005). şarkikaraağaç Yöresinde Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinde Bakır ve Çinko Tayini. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8 (1).



41. Naidu, G. R. K., Denschlag, H. O., Mauerhofer, E., Porte, N., Balaji, T. (1999). Determination of Macro, Micro Nutrient And Trace Element Concentrations in Indian Medicinal and Vegetable Leaves Using Instrumental Neutron Activation Analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 50, 947 – 953.
42. Mucizeiksirler. Erişim: 03.02.2009, [mucizeiksirler.blogspot.com/2008/09/demir-minerali-demirin-faydalar.html](http://mucizeiksirler.blogspot.com/2008/09/demir-minerali-demirin-faydalar.html)
43. Li, S., Deng, N. (2003). Speciation Analysis of Iron in Traditional Chinese Medicine by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 32, 51 – 57.
44. Walji, H. (1992). *Vitaminler*, Ankara: Dost Yayınevi.
45. Lenntech. Erişim: 03.02.2009. <http://lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cd-en.htm>.
46. Donma, O., Donma, M. M. (2005). Cadmium, Lead and Phytochemicals. *Medical Hypotheses*, 65, 699 – 702.
47. Das, P., Samantaray, S., Rout, G. R. (1997). Studies on Cadmium Toxicity in Plants: A Review. *Environmental Pollution*, 98, 29 – 36.
48. Divrikli, U., Horzum, N., Soylak, M., Elci, L. (2006). Trace Heavy Metal Contents of Some Spices and Herbal Plants from Western Anatolia, Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 712 – 716.
49. Food-info. [http:// www.food-info.net/tr/metal/cadmium.htm](http://www.food-info.net/tr/metal/cadmium.htm)
50. Schroeder, H. A., Nason, A. P. (1971). *Trace Element Analysis in Clinical Chemistry*, 17, 461 – 474.
51. Lenntech. Erişim: 03.02.2009. <http://lenntech.com/Periodic-chart-elements/Pb-en.htm>.
52. Baytak, S., Türker, A. R. (2006). Determination of Lead and Nickel in Environmental Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry after Column Solid – Phase Extraction on Amborsorb – 572 with EDTA. *Journal of Hazardous Materials B*, 129, 130 – 136.
53. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/magnezyum-minerali.html>
54. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/manganez-minerali.html>

55. He, F. J, MacGregor, G. A (2001). Beneficial Effects of Potassium. *BMJ*, 323, 497 – 501. Erişim: 4 şubat 2009, <http://www.bmj.com>
56. Food-info. [http:// www.food-info.net/uk/min/potassium.htm](http://www.food-info.net/uk/min/potassium.htm)
57. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/potassium-minerali.html>
58. Diaz – Alarc3n, J. P., Navarro – Alarc3n, M., L3pez – Garcia de la Serrana, H., L3pez – Martinez, M. C. (1996). Determination of Selenium in Cereals, Legumes and Dry Fruits from Southeastern Spain for Calculation of Daily Dietary Intake. *The Science of the Total Environment*, 184, 183 – 189.
59. Mydearbody. Erişim: 03.02.2009, <http://tr.mydearbody.com/mineraller/selenyum-minerali.html>
60. Food-info. [http:// www.food-info.net/uk/min/selenium.htm](http://www.food-info.net/uk/min/selenium.htm)
61. Filgueiras, A. V., Capelo, J. L., Lavilla, I., Bendicho, C. (2000). Comparison of Ultrasound – Assisted Extraction and Microwave – Assisted Digestion for Determination of Magnesium, Manganese and Zinc in Plant Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Talanta*, 53, 433 – 441.
62. Oliva, S. R., Raitio, H., Mingorance, M. D. (2003). Comparison of Two Wet Digestion Procedures for Multi – element Analysis of Plant Samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 2913 – 2923.
63. Kacar, B., İnal, A. (2008). *Bitki Analizleri*. Ankara:Nobel Yayın Dağıtım.
64. Hoenig, M. (2001). Preparation Steps in Environmental Trace Element Analysis – Facts and Traps. *Talanta*, 54, 1021 – 1038.
65. Wu, S., Feng, X., Wittmeier, A. (1997). Microwave Digestion of Plant and Grain Reference Materials in Nitric Acid or a Mixture of Nitric Acid and Hydrogen Peroxide for the Determination of Multi – elements by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 12, 797 – 806.
66. Hoenig, M., Baeten, H., Vanhentenrijk, S., Vassileva, E., Quevauviller, Ph. (1998). Critical Discussion on the Need for an Efficient Mineralization Procedure for the Analysis of Plant Material by Atomic Spectrometric Methods. *Analytica Chimica Acta*, 358, 85 – 94.

67. Sneddon, J., Hardaway, C., Bobbadi, K. K., Reddy, A. K. (2006). Sample Preparation of Solid Samples for Metal Determination by Atomic Spectroscopy – An Overview and Selected Recent Applications. *Applied Spectroscopy Reviews*, 41, 1 – 14.
68. Sastre, J., Sahuquillo, A., Vidal, M., Rauret, G. (2002). Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in Environmental Samples: Microwave – Assisted Total Digestion Versus Aqua Regia and Nitric Acid Extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462, 59 – 72.
69. Smrkolj, P., Stibilj, V. (2004). Determination of Selenium in Vegetables by Hydride Generation Atomic Fluorescence Spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 512, 11 – 17.
70. Yıldız, A., Genç, Ö. (1993). *Enstrümantal Analiz*, Ankara: Hacettepe Üniversitesi
71. Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman, T. A. (1998). *Enstrümantal Analiz İlkeleri* (E. Kılıç ve F. Köseoğlu, H. Yılmaz, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.
72. Zhou, C. Y., Wong, M. K., Koh, L. L. (1996). Microwave – Assisted Dilute Acid Extraction of Trace Metals From Biological Samples for Atomic Absorption Spectrometric Determination. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 11, 585 – 590.
73. Wong, M. K., Gu, W., Ng, T. L. (1997). Sample Preparation Using Microwave Assisted Digestion or Extraction Techniques. *Analytical Sciences*, 13, 97 – 102.
74. Matusiewicz, H. (1994). Development of a High Pressure / Temperature Focused Microwave Heated Teflon Bomb for Sample Preparation. *Anal. Chem.*, 66, 751 – 755.
75. Srogi, K. (2006). A Review: Application of Microwave Techniques for Environmental Analytical Chemistry. *Analytical Letters*, 39, 1261 – 1288.
76. Jin, Q., Liang, F., Zhang, H., Zhao, L., Huan, Y., Song, D. (1999). Application of Microwave Techniques in Analytical Chemistry. *Trends in Analytical Chemistry*, 18, 479 – 484.
77. Kuss, H. M. (1992). Applications of Microwave Digestion Technique for Elemental Analyses. *Fresenius J. Anal. Chem.*, 343, 788 – 793.

78. Burguera, M., Burguera, J. L. (1998). Microwave – Assisted Sample Decomposition in Flow Analysis. *Analytica Chimica Acta*, 366, 63 – 80.
79. Araujo, G. C. L., Gonzalez, M. H., Ferreira, A. G., Nogueira, A. R. A., Nobrega, J. A. (2002). Effect of Acid Concentration on Closed – Vessel Microwave – Assisted Digestion of Plant Materials. *Spectrochimica Acta Part B*, 57, 2121 – 2132.
80. Dolan, S. P., Capar, S. G. (2002). Multi – element Analysis of Food by Microwave Digestion and Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 593 – 615.
81. Kućak, A., Blanuša, M. (1998). Validation of Microwave Digestion Method for Determination of Trace Metals in Mushrooms, *Arh hig rada toksikol*, 49, 335 – 342.
82. Marin, S.R. (2000). *Sample Preparation Techniques for Elementel Analysis in Aqueous Matrices*. R. A. Meyers (Ed.). *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (s. 1 – 21). Newyork: John Wiley & Sons Ltd.
83. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J. (1999). *Analitik Kimya* (E. Kılıç ve F. Köseoğlu, Çev.). Ankara: Bilim Yayıncılık.
84. Kimya Mühendisi. Erişim: 23.11.2008, [http:// www.kimyamuhendisi.com/atomikspektroskopi.pdf](http://www.kimyamuhendisi.com/atomikspektroskopi.pdf)
85. Gündüz, T. (2004). *İnstrümental Analiz*, Ankara: Gazi Kitabevi.
86. Patnaik, P. (2004). *Dean’s Analytical Chemistry Handbook*, Newyork: McGraw-Hill.
87. Boyutpedia. Erişim: 24.03.2009. [http://www.boyutpedia.com/default~ID~1328~aID~42703~link~zeeman\\_etekisi.html](http://www.boyutpedia.com/default~ID~1328~aID~42703~link~zeeman_etekisi.html)
88. Mustafa Altınışik. Erişim: 23.11.2008, <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/45-uzm-02.pdf> (*oyuk katot lamba*)
89. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü. [http://geocen.iyte.edu.tr/teskon/2003/teskon2003\\_06.pdf](http://geocen.iyte.edu.tr/teskon/2003/teskon2003_06.pdf)
90. Wikipedia. Erişim: 31.03.2009. [http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_absorption\\_spectrometer](http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_absorption_spectrometer)
91. Mermet, M., Otto, M., Valcarcel, M. (2004). *Analytical Chemistry*. Ebner & Spiegel GmbH, Ulm.

92. Lajunen, L. H. J. (1992). Spectrochemical analysis by atomic absorption and emission [Elektronik Sürüm]. Great Britain: Royal Society of Chemistry.
93. Cazes, J. (2005). *Ewing's Analytical Instrumentation Handbook*. New York : Marcel Dekker.
94. St. Francis Xavier University. Erişim: 23.03.2009. <http://people.stfx.ca/mleger/chem361/lectures/Lecture%2021%20-%20CHEM361.pdf>
95. Kimyaevi. Erişim: 17.03.2009 <http://www.kimyaevi.org/dokgoster.asp?dosya=560100021>
96. Sanchez – Castillo, C. P., Dewey, P. J. S., Aguirre, A., Lara, J. J. (1998). The Mineral Content of Mexican Fruits and Vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 340 – 356.
97. Yaman, M., Akdeniz, I. (2006). Fractionation of Aluminum in Soil and Relation to Its Concentration in Fruits. *Environmental Monitoring and Assessment*, 115, 279 – 289.
98. Reddy, P. R. K., Reddy, S. J. (1997). Elemental Concentrations in Medicinally Important Leafy Material. *Chemosphere*, 34, 2193 – 2212.
99. Onianwa, P.C., Adeyemo, A.O., Idowu, O.E., Ogabiela, E.E. (2001). *Copper and Zinc Contents of Nigerian Foods and Estimates of the Adult Dietary Intakes*, 72, 89 – 95.
100. Bakirdere, S., Yaman, M. (2008). Determination of Lead, Cadmium and Copper in Roadside Soil and Plants in Elazığ, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 401 – 410.
101. Cabrera, C., Lorenzo, M. L., Lopez, M. C. (1995). Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Determination of Cadmium, Copper, Iron, Lead and Selenium in Fruit Slurry: Analytical Application to Nutritional Toxicological Quality Control. *Journal of AOAC International*, 78, 1061 – 1067.
102. Lima, J. L. F. C., Rangel, A. O. S. S., Souto, M. R. S. (1996). Simultaneous Determination of Potassium and Sodium in Vegetables by Flame Emission Spectrometry Using a Flow – Injection System with Two Dialysis Units. *Analytical Sciences*, 12, 81 – 85.

103. Tinggi, U., Reilly, C., Patterson, C. (1997). Determination of Manganese and Chromium in Foods by Atomic Absorption Spectrometry After Wet Digestion. *Food Chemistry*, 60, 123 – 128.
104. Li, J. T., Qiu, J. W., Wang, X. W., Zhong, Y., Lan, C. Y., Shu, W.S. (2006). Cadmium Contamination in Orchard Soils and Fruits Trees and Its Potential Health Risk in Guangzhou, China, *Environmental Pollution*, 143, 159 – 165.
105. Baytak, S., Koçyiğit, A., Türker, A. R. (2007). Determination of Lead, Iron and Nickel in Water and Vegetable Samples after Preconcentration with *Aspergillus niger* Loaded on Silica Gel. *Clean*, 35, 607 – 611.
106. Cabrera, C., Madrid, Y., Camara, C. (1994). Determination of Lead in Wine, Other Beverages and Fruit Slurries by Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry with On – line Microwave Digestion. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 9, 1423 – 1426.
107. Morris, V.C., Levander, O. A. (1970). Selenium Content of Foods. *J. Nutrition*, 100, 1383 – 1388.

## ÖZGEÇMİŞ

25 Temmuz 1981 de Malatya da doğdum. İlk ve ortaoklu doğduğum kasabada (Konak Kasabası) okudum. Lise öğrenimimi Turgut Özal Süper Lisesi 'nde tamamladım. 2000 yılında İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin Kimya Mühendisliği Bölümü'nü kazandım. 2004 yılında lisans eğitimimi tamamlayarak mezun oldum. 2006 yılında İnönü Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Analitik Kimya Anabilim dalında yüksek lisansa başladım. 2007 yılında İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladım. Şu an İnönü Üniversitesi Petrol Araştırma Laboratuvarında görev yapmaktayım.

### Bildiriler:

1. Tosun, E., Küçükbay, F.Z. *Cydonia Vulgaris* (Yaprak, Meyve, Meyve Kabuğu ve Tohum)'de Eser Element Tayini. 22. *Ulusal Kimya Kongresi*, 2008, Kıbrıs.