

**BAZI GIDA VE SU ÖRNEKLERİNDE LİTYUM  
DÜZEYLERİNİN SPEKTROSKOPİK  
YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

**İlknur DEMİR**



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZI GIDA VE SU ÖRNEKLERİNDE LİTYUM DÜZEYLERİNİN  
SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

**İlknur DEMİR**

Doç. Dr. Belgin İZGİ

(DANIŞMAN)

YÜKSEKLİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

BURSA – 2015

HER HAKKI SAKLIDIR

## TEZ ONAYI

İlknur DEMİR tarafından hazırlanan “Bazı Gıda ve Su Örneklerinde Lityum Düzeylerinin Spektroskopik Yöntemlerle Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman :** (Doç. Dr. Belgin İZGİ)

**Başkan :** Doç. Dr. Belgin İZGİ **İmza**  
Uludağ Üniversitesi  
Fen-Edebiyat Fakültesi  
Kimya Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Elif Tümay ÖZER **İmza**  
Uludağ Üniversitesi  
Fen-Edebiyat Fakültesi  
Kimya Anabilim Dalı

**Üye :** Doç. Dr. Ömer KOZ **İmza**  
Bursa Teknik Üniversitesi  
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve  
Mühendislik Fakültesi  
Kimya Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**  
**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**  
**Enstitü Müdürü**  
**.././....(Tarih)**

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
  - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
  - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
  - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

.././.....

**İmza**

**Ad ve Soyadı**

**İlknur DEMİR**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAZI GIDA VE SU ÖRNEKLERİNDE LİTYUM DÜZEYLERİNİN SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

**İlknur DEMİR**

Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Belgin İzgi

Bu çalışmada, alevli atomik emisyon spektrometresi (FAES) ile içme suyu ve ekmek örneklerinde lityum tayini yapılmıştır. Bursa'nın dört farklı bölgesinden on bir noktadan, direkt mutfak çeşmesinden alınan içme suyu örnekleri ile Bursa'da ticari olarak satılan dört farklı markanın beyaz, kepekli ve çavdar ekmek türlerinde lityum düzeyleri incelenmiştir. İçme suyu örnekleri alındıktan sonra yirmi dört saat içerisinde % 0,2 HNO<sub>3</sub> içerecek şekilde asitlendirilmiştir. İçme suyu örnekleri direkt okuma ve buharlaştırma ile 25-30 kat zenginleştirilerek okuma ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ekmek örnekleri kurutulduktan sonra homojen hale getirilmiş daha sonra açık sistem yaş çözünürleştirme işlemi uygulanmıştır. İçme suyu ve ekmekte bulunabilecek element, anyon ve asitlerin lityum tayinine girişim etkileri incelenmiştir. Ekmek örneklerinde analizler sırasında alev başlığında karbonlaşmayı önlemek için örneklere uygun oranlarda Triton X-100 çözeltisi eklenmiştir. Çalışmada, içme suyu ve ekmek örneklerinde AES ile lityum (Li) tayini için elde edilen tayin sınırı (LOD) 0,001 mg/L ; tayin miktarı ise (LOQ) 0,003 mg/L olarak belirlenmiştir. Her iki örnek türü için standart ekleme metodu ile analiz metodunun doğruluğu saptanmıştır. İçme suyu örneklerinde standart ekleme metodu ile geri kazanım % 89-91 iken, ekmek örneklerinde % 96-115 aralığında bulunmuştur. İçme suyu örnekleri için AES ile direkt okuma ve zenginleştirme sonrası okuma ile belirlenen Li düzeyleri birbiriyle uyumlu ve 0,01- 0,03 mg/L arasında olduğu belirlenmiştir. Ekmek örnekleri için Li düzeyleri beyaz ekmek çeşitlerinde 0,11-0,31 (mg/kg) ; kepek ekmeği çeşitlerinde 0,14-0,31 (mg/kg); çavdar ekmeği çeşitlerinde 0,17-0,33 (mg/kg) olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lityum, içme suyu, ekmek, atomik absorpsiyon spektroskopisi, atomik emisyon spektroskopisi

**2015, x + 49 sayfa**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### DETERMINATION OF LITHIUM LEVELS IN SOME FOOD AND WATER SAMPLES BY SPECTROSCOPIC TECHNIQUES

**İlknur DEMİR**

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Belgin İZGİ

In this study, lithium has been determined in drinking water and bread samples by flame atomic emission spectroscopy (FAES). In the analysis, drinking water samples which were collected from eleven points and white, wholemeal and rye bread samples which were bought from four brands in Bursa city were used for the determination of lithium. For the analysis of drinking water samples, the results of direct runs of the samples and 25-30 times enrichment of samples by vaporization were compared. Bread samples were dried, homogenized and prepared by open wet digestion procedure. The possible interfering effects of the elements, anions and acids to lithium emission signal were investigated. Triton X-100 solution was added to the bread samples, for suppressing the carbonization in the burner head. For both methods which used for drinking water and bread samples; the limit of determination (LOD) and the limit of quantification (LOQ) of the methods were determined as 0.001 mg/L ; 0.003 mg/L respectively. Standard addition method was used for the accuracy of the methods. The results of the recoveries for drinking water samples were found as 89-91 % and for bread samples were 96-115 %. For the analysis of drinking water samples by FAES, the results for the direct runs of the samples and the 25-30 times enrichment of samples by vaporization were compatible with each other and were in the 0.01- 0.03 mg/L level. The lithium levels of white bread, wholemeal bread and rye bread samples were found as 0.11-0.31 (mg/kg); 0.14-0.31 (mg/kg); 0.17-0.33 (mg/kg) respectively.

**Key Words:** Lithium, drinking water, bread, atomic absorption spectroscopy, atomic emission spectroscopy

**2015, x + 49 pages**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden beri beni tanıyan, gelişimimi takip eden, fikirleriyle ufkumu açan, tez çalışmalarım da maddi manevi desteğini gördüğüm tez danışmanım, değerli hocam sayın Doç. Dr. Belgin İZGİ' ye sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım da fikir ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Şeref GÜÇER' e, beni yetiştiren Kimya Bölümü'ndeki değerli hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım da manevi desteğini gördüğüm değerli arkadaşım Zeynep Tekdemir' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan, eğitimimde yüreklendirici olan sevgili ailem; annem Emine DEMİR, babam Talip DEMİR ve kardeşim Hacer DEMİR' e sonsuz destek ve fedakarlıkları için ötürü teşekkür ve saygılarımı sunarım.

**Adı Soyadı**  
**İlknur DEMİR**  
..../.../....

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	2
2.1. Lityumun Özellikleri.....	2
2.2. Lityumun Doğada Bulunuşu ve Lityum Kaynakları.....	3
2.3. Lityumun Biyolojik Önemi ve Vücuttaki Fonksiyonları.....	4
2.4. Lityumun Alımı ve Kaynakları.....	5
2.5. Lityum Eksikliği ve Toksisitesi.....	7
2.6. İçme Suyu ve Ekmekte Lityumun Önemi.....	8
2.7. Lityum Tayininde Kullanılan Metotlar.....	10
2.7.1 Temel bilgiler.....	10
2.7.1.1. Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS).....	10
2.7.1.1.1. AAS temel ilkeleri.....	10
2.7.1.2. Atomik emisyon spektroskopisi (AES).....	11
2.7.1.3. AAS ve AES spektroskopisinin temel bileşenleri.....	12
2.7.1.3.1. AAS 'de ışın kaynakları.....	13
2.7.1.3.1.1. Oyuk katot lambaları.....	13
2.7.1.3.1.1. Elektrotsuz boşalım lambaları (EDL).....	14
2.7.1.3.1.1. Atomlaştırıcılar.....	14
2.7.1.3.1.1. Alevli atomlaştırıcılar.....	14
2.7.1.3.1.1. Elektrotermal atomlaştırıcılar.....	15
2.7.1.4. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP) spektroskopisi.....	15
2.7.1.5. AAS ve AES'de girişimler (engellemeler).....	15
2.7.1.5.1. Fiziksel girişimler (engellemeler).....	15



2.7.1.5.2. Spektral girişimler (engellemeler).....	16
2.7.1.5.3. Kimyasal girişimler (engellemeler).....	16
2.7.1.6. Girişimler etkilerinin giderilme metotları .....	16
2.7.1.6.1. Sürekli ışık kaynağı (D <sub>2</sub> - Döteryum) zemin düzeltme metodu.....	16
2.7.1.6.2. Zeeman etkisi zemin düzeltme metodu.....	16
2.7.1.6.3. Smith-Hieftje zemin düzeltme metodu .....	17
2.7.1.6.3. Kalibrasyon metotları.....	17
2.7.1.6.3.1. Kalibrasyon eğrileri.....	17
2.7.1.6.3.1. Standart ekleme metodu.....	17
3.MATERYAL VE YÖNTEM .....	18
3.1. Materyal .....	18
3.1.1 Kullanılan cihaz ve ekipmanlar.....	18
3.1.1.1 Atomik absorpsiyon spektrometresi.....	18
3.1.1.2 Analitik terazi.....	19
3.1.1.5 Ultrasonik su banyosu .....	19
3.1.1.6 Etüv .....	19
3.1.1.7 Otomatik pipetler .....	19
3.1.1.8 Isıtıcı.....	19
3.1.2 Reaktifler, çözeltiler ve hazırlanmaları .....	19
3.1.2.1 Stok ve ara stok metal çözeltileri .....	20
3.1.2.3. Girişim etkilerinin incelenmesinde kullanılan çözeltiler .....	23
3.1.2.3. Kalibrasyon çözeltileri .....	27
3.1.2.4. Örnek analizinde kullanılan çözeltiler .....	27
3.1.2.5 Yıkama çözeltileri .....	27
3.1.2.5.1. Kromik asit çözeltisi (H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ): .....	27
3.1.2.5.1. Cam malzeme ve kullanılan deney gereçlerini yıkama işlemi.....	27
3.1.2.6. Deneyde kullanılan örnekler .....	28
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Atomik absorpsiyon spektroskopisi çalışmaları.....	28
3.2.1.1. Örneklerin alınması ve analize hazırlanması .....	28
3.2.1.1.1. Numune alma .....	28
3.2.1.1.2. Numunelerin analize hazırlanması:.....	29

4.BULGULAR .....	31
4.1. AES ile Analiz İçin En Uygun Koşulların Belirlenmesi.....	31
4.1.1. Aletsel değişkenlerin belirlenmesi .....	31
4.1.2. Triton X-100 çözeltisinin lityum emisyon şiddetine etkisi .....	31
4.2. AES İle Lityum Tayinine Girişim Etkilerinin İncelenmesi .....	32
4.2.1. İçme suyu ve ekmek örneklerinde AES ile lityum tayinine girişim etkileri .....	32
4.2.1.1. Numune bileşenlerinin girişim etkileri.....	33
4.2.1.2. Asit ve baz girişim etkileri .....	37
4.3. Belirlenen En Uygun Çalışma Koşullarında AES İle Lityum Analizleri .....	38
4.3.1. İçme suyu numunelerinde lityum analizleri.....	38
4.3.2. Ekmek numunelerinde lityum analizleri .....	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	43
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	49

## SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
% .....	Yüzde
%RSD.....	Yüzde bağıl standart sapma
%v/v.....	Hacimce yüzde
°C.....	Santigrat derece
µg .....	Mikrogram
µL.....	Mikrolitre
λ.....	Dalga boyu
v .....	Işık frekansı
A.....	Absorbans
c.....	Işık hızı
cm <sup>3</sup> .....	santimetreküp
D <sub>2</sub> .....	Döteryum
E.....	Enerji
g .....	Gram
H.....	Hidrojen
h.....	Planck sabiti
I.....	Emisyon şiddeti
kg .....	Kilogram
L.....	Litre
log.....	Logaritma
M .....	Molar
mA.....	Miliamper
mg.....	Miligram
mL.....	Mililitre
ng.....	Nanogram
nm.....	Nanometre
pm.....	Pikometre
ppm.....	Part per million (milyonda bir kısım)
T.....	Geçirgenlik

**Kısaltmalar****Açıklama**

AA.....	Araşidonik Asit
AAS.....	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
Abs.....	Absorbans
AES.....	Atomik Emisyon Spektroskopisi
ATPaz.....	Adenozin trifosfataz
CK.....	Kreatin Kinaz
FAAS.....	Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
FAES.....	Alevli Atomik Emisyon Spektroskopisi
GB.....	Görünür Bölge
GFAAS.....	Grafit Fırın Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
GSK3 $\beta$ .....	Glikojen Sintaz Kinaz-3beta
ICP.....	İndüktif Eşleşmiş Plazma
IR.....	İnfrared
MAO.....	Monoamin Oksidaz
OKL.....	Oyuk Katot Lambası
SRM.....	Standart Referans Madde
UV.....	Ultraviyole

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Atomik absorpsiyon spektrometresi (AAS) cihazının temel bileşenleri.....	12
Şekil 2.2. Atomik emisyon spektrometresi (AES) cihazının temel bileşenleri.....	12
Şekil 2.3. Oyuk katot lambasının şematik yan kesiti.....	13
Şekil 3.1. Atomik absorpsiyon spektrometre (AAS) Cihazı.....	18
Şekil 3.2. Bursa ili içme suyu örnekleme noktaları.....	29
Şekil 4.1. Triton X-100 çözeltisinin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	31
Şekil 4.2. Şekil Na, K derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	33
Şekil 4.3. Şekil Ca, Mg derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	34
Şekil 4.4 Zn,Ba,Sr derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	34
Şekil 4.5. Cu, Pb derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	35
Şekil 4.6. Cd, Mn derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	35
Şekil 4.7. Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	36
Şekil 4.8. PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	36
Şekil 4.9. İçme suyu zenginleştirme örneklerinde Na <sup>+</sup> ve Cl <sup>-</sup> girişim etkileri.....	37
Şekil 4.10. HNO <sub>3</sub> , HCl derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	37
Şekil 4.11. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi.....	38
Şekil 4.12. AES ile içme suyu örnekleri için Li kalibrasyon grafiği.....	39
Şekil 4.13. İçme suyu örneklerinde Li standart ekleme kalibrasyon grafiği.....	40
Şekil 4.14. Ekmek örnekleri için lityum standart kalibrasyon grafiği.....	41
Şekil 4.15. Ekmek örneklerinde Li standart ekleme kalibrasyon grafiği...	42

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Diyetle lityum kaynakları.....	6
Çizelge 2.2. Lityum içeren bazı gıda kaynakları.....	6
Çizelge 2.3. Çeşitli ülkelerde gıdalardan lityum alınimleri ( $\mu\text{g/gün}$ ) .....	6
Çizelge 2.4. Bazı ülkelerde içme suyunda bulunan lityum düzeyleri .....	9
Çizelge 2.5. Bazı ülkelerde ekmekte bulunan lityum düzeyleri.....	9
Çizelge 4.1. Ekmek örneklerinde FAAS ile belirlenen en düşük ve en yüksek element miktarları.....	32
Çizelge 4.2. İçme suyu örneklerindeki element ve anyon derişimi .....	32
Çizelge 4.3. AES ile içme suyu numunelerinde belirlenen lityum düzeyleri.....	39
Çizelge 4.4. İçme suyu örneklerinde Li standart ekleme yöntemi ile yüzde geri kazanım sonuçları.....	40
Çizelge 4.5. İçme suyu örneklerinde Li tayin sınırı ve tayin miktarı değerleri.....	40
Çizelge 4.6. AES ile ekmek numunelerinde belirlenen lityum düzeyleri.....	41
Çizelge 4.7. Ekmek örneklerinin AES ile analizinde Li tayin sınır, tayin miktarı ve yüzde geri kazanım değerleri.....	42
Çizelge 5.1. Farklı ülkelerde içme suyunda bulunan lityum düzeylerinin karşılaştırılması.....	44
Çizelge 5.2. Farklı ülkelerde ekmekte bulunan lityum düzeylerinin karşılaştırılması.....	44

## 1. GİRİŞ

Lityum besin açısından eser bir element oluşunun yanında doğal olarak içme suyu ve gıdalarda bulunmasının insanda ruh sağlığı üzerinde olumlu etkileri olabileceği düşünülmektedir (Blüml ve ark. 2013). Lityum başta duygudurum bozuklukları olmak üzere psikiyatrik rahatsızlıklarda ilaç olarak lityum karbonat formunda kullanılmaktadır. Lityum alımını yaşanan bölgeye ve alınan gıda türlerine göre çeşitlilik göstermektedir. 70 kg'lık bir yetişkin için 1 mg Li/gün alımı önerilmektedir (Schrauzer 2002).

Lityum alımındaki kaynaklar açısından tahıllar, sebzeler %66-90 arasında etkili olurken bazı ülkelerde içme suyu kaynaklarının da önemli miktarda lityum içerebildiği bildirilmektedir. Literatürde, bazı çalışmalarda içme suyundan uzun süreli düşük düzeyde lityum alımının insanda davranışlar üzerinde olumlu etkileri rapor edilmiştir (Schrauzer 1989, 2002, Ohgami ve ark. 2009, Kapusta ve ark. 2011). Çalışmamızda Bursa'nın farklı bölgelerinden, direkt mutfak çeşmesinden alınan içme suyu örnekleri ile ticari olarak satılan ekmek örneklerinde (beyaz, kepekli, çavdar türü) lityum düzeyleri atomik emisyon spektroskopisi (AES) ile belirlenmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Lityumun Özellikleri

Petalit minerali bir cevher olarak İsveç'te çıkarılmıştır (Krebs 2006). 1817'de Jakob Berzelius'un laboratuvarında çalışmakta olan İsveç'li kimyager Johan August Arfwedson lityum alüminyum silikat ( $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$ ) içeren petalit mineralini analizlerken yeni bir element keşfetti. Bu elementin sodyum ve potasyumun bileşiklerine benzer bileşikler oluşturan yeni bir alkali olduğunu belirledi. Berzelius yeni elemente, katı bir mineralden izole edildiği için, Yunanca 'da taş anlamına gelen 'lithos' kelimesinden gelen lityum adını verdi (Krebs 2006, Hu 2012). Saf lityum metali, 1821 'de İngiliz kimyager Thomas Brande tarafından lityum hidroksitin elektrolizi ile elde edildi.

Lityum: Atom numarası 3, atomik kütlesi 6,941 g/mol, elektronik konfigürasyonu  $1s^2 2s^1$  ve Mohs ölçüsüne göre sertliği 0,6 olan alkali metallerin en sertidir. Periyodik tabloda Grup 1'in (IA) ilk metalik üyesidir (Kamiński ve ark. 2000). Lityum diğer alkali metaller gibi gümüş beyazı renğinde, oldukça yumuşak ve çelik bir bıçakla kolayca kesilebilir özellik göstermektedir (Hu 2012). Tüm alkali metaller içerisinde lityum; en yüksek erime noktası ( $180^\circ\text{C}$ ), en yüksek kaynama noktası ( $1342^\circ\text{C}$ ), en yüksek ısı kapasitesi ve en düşük iyonik çapa (60 pm) sahiptir (Hu 2012, Kamiński ve ark. 2000). Yoğunluğu  $0,534 \text{ g/cm}^3$  ( $20^\circ\text{C}$ 'de) olan lityum tüm katı elementlerin en hafifidir. Isı ve elektriksel iletkenliği yüksektir (Krebs 2006). Lityum; hidroklorik asit (HCl), fosforik asit ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) gibi birçok inorganik asit ve amonyak ile çözünebilmektedir. Lityum diğer alkali metaller gibi, su ile reaksiyon verir.



## 2.2. Lityumun Doğada Bulunuşu ve Lityum Kaynakları

Lityum doğada geniş bir şekilde dağılmış olup kaya, toprak, tuz gölleri, deniz suyu, petrol sahası suyu, jeotermal sular ve pek çok doğal suda bulunmaktadır (Helvacı 2006, Kamienski ve ark. 2000). Yerkabuğunun lityum içeriğinin 20-70 ppm kadar olduğu tahmin edilmektedir (Kamienski ve ark. 2000). Lityum, tüm toprak çeşitlerinde eser miktarda öncelikli olarak kil fraksiyonu ve ikincil olarak organik toprak fraksiyonunda 7-200 µg/g düzeylerinde bulunduğu bildirilmektedir. Yüzey sularında 1-10 µg/L, deniz suyunda 0,18 µg/L ve yeraltı sularında 500 µg/L düzeylerine ulaşabilmekteyken, dünyada kuzey Şili'nin lityumca zengin bölgelerindeki nehirlerde sırasıyla 1508 ve 5170 µg/L düzeyinde olduğu bilinmektedir (Schrauzer 2002).

Doğal lityum  $^6\text{Li}$  (% 7,59 bolluk) ve  $^7\text{Li}$  (% 92,41 bolluk) olmak üzere iki kararlı izotopa sahip olmasına karşın kısa yarı ömürlü ve kararsız olan  $^4\text{Li}$ ,  $^5\text{Li}$ ,  $^8\text{Li}$ ,  $^9\text{Li}$ ,  $^{10}\text{Li}$ , ve  $^{11}\text{Li}$  izotopları da bilinmektedir (Krebs 2006, Kamienski ve ark. 2000). Lityum doğada elementel halde bulunmazken, çeşitli bileşik ve mineralleri halinde bulunmaktadır. Lityum içeren mineraller en çok granit yataklarında bulunmaktadır. Spodümen ( $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ ), petalit ( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ ), lepidolit ( $(\text{KLi}_2\text{Al}(\text{Al},\text{Si})_3\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$ ), ve amblygonit ( $(\text{Li},\text{Na})\text{AlPO}_4(\text{F},\text{OH})$ ) bunlardan en önemlileri iken spodümen ve amblygonit sırasıyla yaklaşık % 8 ve % 10 ile bağlı olarak en yüksek lityum içeriğine sahip katı kaynaklardır. Lepidolit ve petalit ise daha yüksek bollukta bulunmakla birlikte daha düşük lityum içeriğine sahiptir (~ % 4) (Hu 2012).

Bolivya ve Şili dünya genelinde en yüksek lityum rezervlerine sahiptir. Bu ülkeleri takiben Arjantin, Çin ve Avustralya gelmektedir (Hu 2012). Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu'na göre lityum ülkemizde bugüne kadar işletilebilir hiçbir yatağı bulunmayan mineraller sınıfında yer almaktadır (Anonim 2007). Tuz gölü, dünyada göl suyundan lityum üreten büyük üretim bölgelerine yakın düzeyde, 318–325 mg/l lityum içeriğine sahiptir. Fakat göldeki yüksek magnezyum derişimi üretimde probleme yol açmaktadır. Bigadiç borat sahalarındaki hektorit lityum düzeyi ~ % 0.71  $\text{Li}_2\text{O}$  'dir. Bigadiç borat yataklarındaki lityum içeren killer gelecekte talep arttığında ekonomik olabilecektir (Helvacı 2006).

### 2.3. Lityumun Biyolojik Önemi Ve Vücuttaki Fonksiyonları

İnsan vücudunda lityuma bağımlı enzim, protein ve hormonlar ile lityumun fizyolojik fonksiyon mekanizmaları kesin olarak belirlenmemiştir. Lityumun insanlarda muhtemel gereksinimi; embriyo, yenidoğan ve küçük çocuklarda bulunmuş yüksek Li düzeylerinin insan gelişiminin ilk evrelerinde daha yüksek lityum ihtiyacına işaret etmesi bakımından dolaylı olarak belirlenmiştir (Schäfer 2012).

Lityum hücrelere ağırlıklı olarak pasif difüzyonla; sodyum-lityum sayıcı iletim yoluyla salınır. Voltaja-hassas sodyum kanalları gibi iyon kanalları,  $Na^+$ ,  $K^+$  - ATPaz, lityum iyonunu kendi normal iyonik substratları için süstitüe olarak kabul ederler. Lityum iletimi sodyum, potasyum ile yakından ilişkilidir (Nguyen ve ark. 2004).

Çalışmalarda lityumun beyindeki aktivitesi; depresyon, intihar öyküsüne sahip hastaların beyin görüntülerinde intiharın, beynin bazı bölgelerinde gri madde hacminin azaltması ve lityumun aynı bölgelerdeki gri madde hacmini arttırmasıyla ilişkilendirilmiştir. Lityum beyinde, inhibisyonu hücre ölümüne karşı koruyan, serotonini düşüren, biyolojik saati etkileyen, bir çok psikiyatrik hastalığın patofizyolojisine yol açan Glikojen sintaz kinaz-3beta (GSK3 $\beta$ ) enzimini baskılar; glutamin sintaz enzimini aktive eder (Benedetti ve ark. 2011, Assunção ve ark. 2012).

Lityum fare beyinde araşidonik asit (AA) devrini düzenleyebilmiştir. 'Beyin araşidonik asit dizisi' hipotezi, lityumun olası bir aktivite mekanizmasıdır. Çalışmalarda lityum; beyin kültür hücrelerinde meydana gelen hücre hasarlarına karşı nöroprotektif (nöron koruyucu) etki göstermiştir.

Lityum iyonları homeostatik özelliklerinden dolayı; duygudurum bozukluğu hastalıklarının (bipolar bozukluk, depresif bozukluk ve mani) tedavisinde, intihar davranışın önlenmesinde güçlü bir ajan olmakla birlikte; bağışıklık ve merkezi sinir sistemi bozukluklarını da düzenleyebilmektedir (Schäfer 2012). Lityum iyonları (Lityum karbonat  $Li(CO_3)_2$  halinde) bipolar bozukluk hastalıklarının tedavilerinde temel yöntem olarak elli yıldan fazladır kullanılan bir psikiyatrik ilaçtır.

Bipolar bozukluk ve depresif hastalıklarda lityum tedavisi iyi belirlenmiş fakat karmaşıktır. Ayrıca antisüidal (intihar önleyici), antiagresif, ve ruh hali-stabilize etkileri vurgulanmakla birlikte, lityum, bağışıklık fonksiyon bozukluğunda, nörolojik hastalıklarda genel düzenleyici olabilmektedir (Schäfer 2012).

Mineral metabolizması açısından lityum; sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyumla yarışır ve bu sıralamada onları hücre içi ve kemik bölgelerinden çıkararak onlarla yer değiştirir (Aral 2008). İnsan vücudundaki lityum miktarı yaklaşık 7 mg'dır. Lityum insanda mide-bağırsak kanalından emilir ve yaklaşık 24 saati içinde böbrekler yoluyla vücuttan atılır. Lityumu ilaç olarak kullanan (lityum karbonat olarak,  $\text{Li}(\text{CO}_3)_2$ ) hastalarda ağız yoluyla alımından 30 dakika sonra kan serumunda lityum derişimleri maksimuma erişir, 12-24 saat arası sabit bir seyir izler. Lityum iyonları hücre duvarını yavaş geçer; bu sadece lityumun uzun atılımını, aynı zamanda insanlarda tedavide tam cevap için 6-10 gün gecikmeyi açıklar.

#### **2.4. Lityumun Alımı ve Kaynakları**

Lityum kayalardan hava etkisiyle aşınma yoluyla toprağa taşınır ve bitkiler tarafından alınarak besin zincirine katılır. Tüm bitkiler tarafından alınmakla birlikte asidik topraklarda alınımı daha fazladır. Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından insanlarda tahmin edilen Li alımın düzeyleri; 70 kg'lık bir yetişkin için 650-3100  $\mu\text{g}$  düzeyindedir. Diyetle birincil Li kaynaklarını, toplam alıma % 66- 90'ından fazlasına katkısı ile tahıllar ve sebzeler oluştururken, geri kalan kısım hayvansal gıdalardandır. (Çizelge2.1.)

Farklı ülke populasyonlarında lityumun diyetle tahmini alınımı geniş bir aralıkta değişmektedir. İçme suyu ve içecekler alınan toplam lityuma önemli ölçüde katkı yapmaktadır. Örneğin; A.B.D.'de Teksas'ın bazı bölgelerinde, gıdalardan 340  $\mu\text{g}$  günlük lityum alımına ek olarak, içme suyu Li düzeyleri 170  $\mu\text{g}/\text{L}$ 'ye ulaşır. Gıda kaynaklarının diyetle lityum alımına katkısı ve bazı ülkelerde diyetle lityum alımın düzeyleri Çizelge 2.2. ve 2.3.' te verilmiştir (Schrauzer 2002).

**Çizelge 2.1.** Diyetle lityum kaynakları (Schrauzer 2002).

Gıda grubu	Tüketilen miktar kg gıda/gün	Li düzeyi mg/kg gıda	Toplam µg/gün
Tahıl ve sebzeler	0,85	0,5-3,4	430-2900
Süt ürünleri	0,44	0,5	222
Et	0,21	0,012	2,5
toplam			650-3100

**Çizelge 2.2.** Lityum içeren bazı gıda kaynakları (Leblanc ve ark. 2005)

Gıda	Li (mg/kg yaş madde)
Ekmek	0,027
Peynir	0,010
Et	0,002
Yumurta	0,014
Süt	0,006
Meyve	0,007
Sebze	0,014
Şeker	0,002
Balık	0,030
Kahve	0,006
Fındık ve ayçekirdeği	0,022
Çikolata	0,021
İçme suyu	0,100

**Çizelge 2.3.** Çeşitli ülkelerde gıdalardan lityum alınımları (µg/gün), (Schäfer 2012)

Ülke (yıl)	Ortalama ± standart sapma (aralık) (µg/gün)
Avusturya, Viyana	348 ± 290
Belçika (1992)	8,6 ±4,6 (1,2-15,2)
Kanada	21,6 ±2,1
Çin, Xi'an	1560 ±980
Danimarka, Kopenhag	1009 ±244
Almanya (1988)	417 ±434
Almanya (1992)	706 ± 732
Almanya, Münih	406 ± 383
İtalya	27,8 ±8,2 (16,2-44,6)
Japonya, Tokyo	812 ±383
Japonya (1990-1995)	14 ±53

**Çizelge 2.3.** Çeşitli ülkelerde gıdalardan lityum alınimleri ( $\mu\text{g/gün}$ ), (Schäfer 2012)

Ülke (yıl)	Ortalama $\pm$ standart sapma (aralık) ( $\mu\text{g/gün}$ )
Japonya	6 1
Meksika. Tijuana, B.C.	1485 $\pm$ 1009
Meksika, Culiacan	940 $\pm$ 928
Sırbistan	456 $\pm$ 227 (184-1616)
İspanya	53,5 $\pm$ 25,3 (10,9-104,7)
İsviçre, Stokholm	1090 $\pm$ 325
Birleşik Krallık (1966/1967)	107 $\pm$ 539
Birleşik Krallık	18,1
A.B.D, Galveston, Teksas	928 $\pm$ 684
A.B.D, San Diego, Kaliforniya	429 $\pm$ 116
A.B.D, New York Bölgesi	650 $\pm$ 740 (100-2645)
Türkiye	39,3 $\pm$ 10,3 (29,3-50,9)

## 2.5. Lityum Eksikliği ve Toksisitesi

Sağlıklı insanlarda lityum eksikliğinden oluşabilecek belirtiler, gıda kaynakları lityumun diyetteki potansiyel ihtiyacını karşıladığından dolayı bilinmemektedir. Fakat böbrek yetmezliği ve diyaliz hastalarında eksiklik belirtileri görülmektedir (Schäfer 2012). Diğer taraftan uzun süreli normal düzeylerde lityum alımı, davranış bozukluklarını düzeltebilir veya önleyebilir.

Bitkilerde lityum, düşük derişimlerde büyümeyi ve gelişmeyi uyarmasına karşın, yaşam döngülerini lityum olmadan tamamlayabildiklerinden dolayı bitkiler için lüzumlu element olduğu henüz kanıtlanmamıştır (Schäfer 2012).

Buna karşın keçi ve farelerde Li eksiklik testlerinin sonuçları bu türler için Li gereksinimine kanıt oluşturmaktadır. Yaşam boyu Li eksik diyete tabi tutulan keçilerde; geç büyüme, üreme bozuklukları, azalmış süt üretimi, kısa yaşam süresi, serum enzimleri ve karaciğer (MAO) monoamin oksidaz düzeyinin düşmesi, ancak kreatin kinaz (CK) yükselmesi görülmüştür (Schäfer 2012).

Lityum güçlü bir ajan olmasından dolayı; bitki, hayvan ve insanlarda sayısız yararlı ve zararlı etkileri raporlanmıştır. İnsanda ağızdan alımına göre, metalik lityum hafif

toksiktir, ancak fiziksel tolerans kişiye göre değişmektedir. Lityum için hedef organ merkezi sinir sistemidir. Bu yüzden manik depresyon hastalığının tedavisinde; membran iletim proteinlerinde kullanılır. Kimyasal olarak sodyuma benzemekle birlikte daha toksiktir. 5 g LiCl insanlarda ölümcül zehirlenmeye yol açabilir. Psikiyatride lityum karbonat maksimum alım düzeyine yakın dozlarda uygulanır. Kanda 10 mg/L düzeyinde, kişi hafif lityum zehirlenmesindedir; 15 mg/L düzeyinde konuşma bozukluğu yaşar, 20 mg/L düzeylerinde ölüm riski vardır. Tedavi dozlarında merkezi sinir sistemi ve böbreklerde hasar rapor edilmiştir (Aral 2008).

Lityum zehirlenmesi sonucu kalıcı nörolojik, kalp, karaciğer ve böbrek anormallikleri rapor edilmiştir (Chmielnicka ve ark. 2003).

## **2.6. İçme Suyu ve Ekmekte Lityumun Önemi**

Dünyada içme suyunda lityum düzeyleri A.B.D. Teksas, Japonya, İngiltere’de <1 µg/L – 170 µg/L arasında; Avusturya, Kuzey Şili ve Kuzey Arjantin’de 1000 µg/L ‘i aşan düzeylerde rapor edilmiştir. Fakat düzenli içme suyu kontrolüne tabi olmamakla birlikte yalnızca Rusya ve Ukrayna içme suyunda lityum için standart değerlere (30 µg/L) sahiptir (Khouzam ve ark. 2012).

Ekmek ve diğer gıda ürünlerinin elementel analizi; besleyici değerleri dikkate alındığında; içindeki nütrientlerin artan değerleriyle biyoalınabilirliklerinin arttırılabileceği ya da muhtemel bulaşan toksik elementlerin tayin edilebileceği bir alandır. Bazı mineraller nütrient olarak bilinse de, aşırı maruz kalınması zehirlenmeye neden olabilir (Harari ve ark. 2012).

İdeal olarak, ekme düşük glisemik indekse sahip olmalı, önemli protein kaynağı olmalı, kabul edilebilir düzeyde lif, vitamin, eser element ve antioksidan içermelidir. Ekmeğin elementel bileşimi; buğday unu ve üretim işlemleri sırasında eklenen su, maya ve tuz gibi farklı maddelerin bileşiminden oluşur ve pişirilme kapları ve koşullarından etkilenir. Bazı ülkelerde içme suyu ve ekmekte bulunan lityum düzeyleri Çizelge 2.4. ve 2.5.’te verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Bazı ülkelerde içme suyunda bulunan lityum düzeyleri

Ülke	Ekmekteki Li (mg/kg)	Kaynak	Metot
Birleşik Krallık	0,01 (yaş madde)	Ysart ve ark., 1999	ICP-MS
Fransa	0,027	Leblanc ve ark., 2005	ICP-MS
Lübnan	0,03 ± 0,005(yağmurlu mevsim) 0,02 ± 0,001(yağışsız mevsim)	Lobinski ve ark., 2012	DF-SF-ICP-MS
Kamerun	0,017	Gimou ve ark., 2014	ICP-MS
Fransa	0,068 ± 0,001 0,012 ± 0,002	Khouzam ve ark., 2011	DF-SF-ICP-MS

**Çizelge 2.5.** Bazı ülkelerde ekmekte bulunan lityum düzeyleri

Ülke	İçme suyundaki Li ortalama düzeyi (aralık) (µg/L)	Kaynak	Metot
Japonya, Aomori	0.0–12.9	Sugawara ve ark., 2013	ICP-MS
Japonya, Oita	0,7-59	Takeshi ve ark., 2009	İyon Kromatografi
Fransa	0,1	Leblanc ve ark., 2005	ICP-MS
Avusturya	0,0113	Helbich ve ark., 2012	ICP-OES
A.B.D Teksas	2,8-219,0	Blüml ve ark., 2013	-
Yunanistan	11,10 (0,1-121)	Giotakos ve ark.,2013	ICP-MS
İtalya	2,86 (0,11-60,8)	Dinelli ve ark., 2012	ICP-QMS

## 2.7. Lityum Tayininde Kullanılan Metotlar

### 2.7.1 Temel bilgiler

#### 2.7.1.1. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)

##### 2.7.1.1.1. AAS temel ilkeleri

Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS); belirli bir ışık kaynağının yayınladığı ışınların atomik buhar içeren bir ortamdan geçmesi sonucu absorplanmasından yararlanılarak metal derişimini tespit eden bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak atomların ışık enerjisini soğurma olayından yararlanılmaktadır. (İzgi 2001).

Kuantum teorisi ilk olarak, ısıtılan isimlerden yayılan ışın özelliklerini açıklamak için 1900'da Alman fizikçisi Max Planck tarafından önerildi. Bu teori, daha sonra diğer tip emisyon ve absorpsiyon süreçlerini açıklamak için genişletildi. Kuantum teorisinin iki önemli postulatı şunları içerir:

1. Atomlar, iyonlar veya moleküller, ancak belli enerjiye sahip belli kesikli hallerde bulunabilir. Bir tür bu halini değıştirdiğinde, iki enerji hali arasındaki enerji farkına tam olarak eşit enerjiyi absorplar veya yayar.

2. Atomlar, iyonlar veya moleküller bir enerji halinden ikinci bir hale geçişi sağlamak üzere ışın absorplar veya yayarsa, bu ışını frekansı  $\nu$  veya dalga boyu  $\lambda$ , bu iki hal arasındaki enerji farkıyla aşağıdaki şekilde ilişkilidir.

$$E_1 - E_0 = h\nu = hc\lambda \quad (1.1)$$



Burada  $E_1$ , daha yüksek enerji halinin,  $E_0$  ise düşük enerji halinin enerjisidir.  $c$  ve  $h$  ise, sırasıyla ışık hızı ve Planck sabitidir. Element halindeki atom veya iyonlar için belli bir halin enerjisi, artı yüklü çekirdek etrafında dönen elektronların hareketinden kaynaklanır. Bunun sonucu olarak, çeşitli enerji halleri, elektronik haller olarak tanımlanır. Elektronik hallere ek olarak, moleküllerde atomlar arası titreşim enerjilerine bağlı olarak kuantlaşmış titreşim halleri, moleküllerin kendi ağırlık merkezi etrafındaki dönüşlerinin bir sonucu olarak da yine kuantlaşmış dönme halleri vardır. Bir atom veya molekül için en düşük enerji hali, temel hal'dir. Daha yüksek enerji halleri ise uyarılmış haller olarak tanımlanır. Oda sıcaklığında kimyasal türler genellikle temel hallerinde bulunurlar.

Işın katı, sıvı veya gaz tabakasından geçtiğinde, bazı frekanslar absorpsiyon ile seçici olarak ortamdan alınır; bu süreçte ışın enerjisi numuneyi oluşturan atom, iyon veya moleküllere aktarılır. Absorpsiyon, bu parçacıkları normal oda sıcaklığı hali yani temel halden bir veya daha çok sayıdaki yüksek enerjili uyarılmış hallere çıkarır. Kuantum teorisine göre atom, molekül veya iyonlar yalnız belli değer ve sayıda enerji düzeyinde bulunabilir; ışının absorplanabilmesi için uyarıcı foton enerjisinin, tam olarak absorpsiyon yapan türlerin temel hali ile uyarılmış hallerden biri arasındaki enerji farkına eşit olması gereklidir. Bu enerji farkları ise, her tür için özgün olduğundan, absorplanan ışındaki frekansların incelenmesi, numuneyi oluşturan maddenin bileşenlerinin belirlenmesi için kullanılabilir. Bu amaçla, deneysel olarak dalga boyu veya frekansa bağlı olarak absorbans (absorbans, ışın gücündeki azalmanın bir ölçüsü) değerlerin bir grafiği hazırlanır (Skoog ve ark., 2007).

$$A = -\log T = \log P_0/P$$

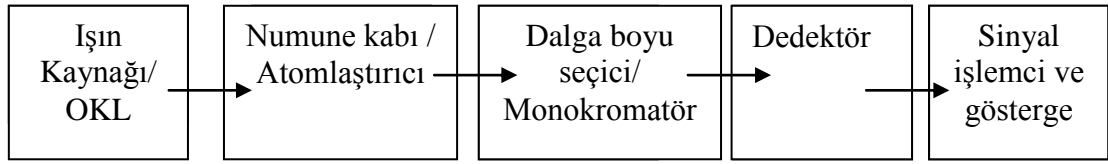
### **2.7.1.2. Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES)**

Uyarılmış parçacıkların (atom, iyon veya molekül) daha düşük enerji düzeylerine doğru durulurken, fazla enerjilerini fotonlar şeklinde vermesiyle elektromanyetik ışın oluşur. Uyarılma çeşitli şekillerde oluşabilir: (1) genellikle elektronlarla veya diğer temel parçacıklarla bombardıman sonucu X-Işınlarının oluşması (2) UV, GB veya IR ışın oluşturacak şekilde bir alev, bir ark, ısıya veya bir elektrik akımına maruz kalma. (3)

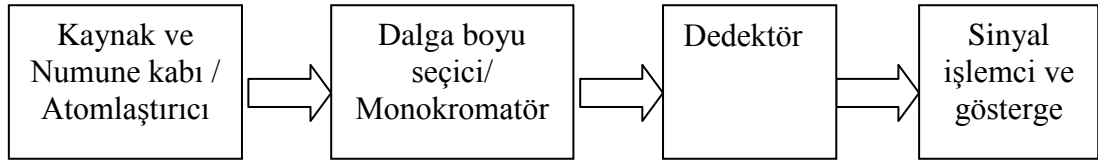
floresans ışını oluşturulacak şekilde bir elektromanyetik ışın demeti ile uyarma; kemiluminesans oluşturan ısı veren bir kimyasal reaksiyon. "Uyarılmış" kaynaktan gelen ışın, genellikle yayılan ışın gücünün dalga boyu veya frekansın bir fonksiyonu olarak verildiği bir grafik olan emisyon spektrumu ile tanımlanır.

### 2.7.1.3. AAS ve AES spektroskopisinin temel bileşenleri

Atomik absorpsiyon spektrofotometrelerinin ana bileşenleri, analitin absorplayacağı ışımayı yayan ışık kaynağı, örnek çözeltisinin atomik buhar haline getirildiği atomlaştırıcı, çalışılan dalga boyunun diğer dalga boylarından ayrıldığı monokromatör ve ışık şiddetinin ölçüldüğü dedektördür. Absorpsiyon ölçümlerinde kaynaktan gelen ışın demeti numune içinden geçtikten sonra doğrudan dalga boyu seçicisine düşerek dedektöre ulaşmaktadır. Emisyon spektroskopisi ise bir dış ışın kaynağına ihtiyaç göstermez; numunenin kendisi ışın kaynağıdır (Skoog ve ark., 2007). Atomik absorpsiyon spektrometresi ve atomik emisyon spektrometresindeki kısımlar şekil 2.1. ve şekil 2.2.'de özetlenmiştir.



Şekil 2.1. Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) cihazının temel bileşenleri



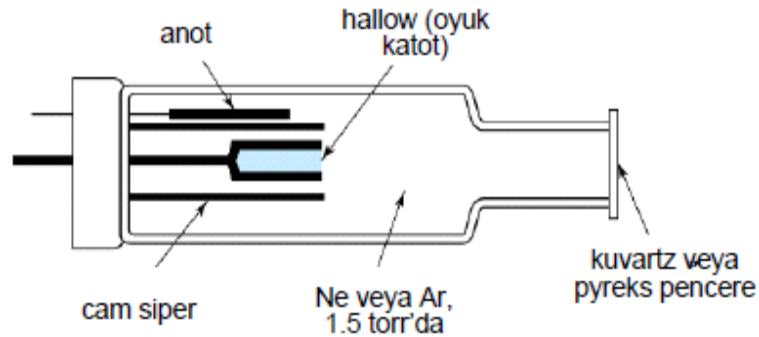
Şekil 2.2. Atomik Emisyon Spektrometresi (AES) cihazının temel bileşenleri

### 2.7.1.3.1. AAS 'de ışın kaynakları

Atomik absorpsiyona dayanan analitik yöntemler, absorpsiyon hatlarının çok dar (0.002- 0.005 nm) ve elektronik geçiş enerjilerinin her element için farklı olması nedenlerinden seçiciliği çok yüksek yöntemlerdir. Analitik sinyal (absorbans) ve derişim arasında doğrusal bir ilişki olması (Beer yasasının geçerli olması) için ışık kaynağının bant genişliğinin bir absorpsiyon pikinden daha dar olması gerekir. Atomik absorpsiyon piklerinin sınırlı genişliğinden oluşan problem, absorpsiyon piklerinden daha dar bant veren çizgi kaynaklarının kullanımıyla çözülmüştür.

#### 2.7.1.3.1.1. Oyuk katot lambaları

Atomik absorpsiyon ölçmelerinde en yaygın olarak kullanılan ışın kaynağıdır. Bu tip lambalar 1-5 torr basınçta argon veya neon gazıyla doldurulmuş cam tüp içinde, bir tarafı kapalı silindirik bir katot ve tungsten bir anottan oluşan lambalardır (Şekil 2.3.). Katot spektrumu istenen metalden veya alaşımından yapılmıştır. Elektrotlar arasına, 300 V'luk bir potansiyel uygulanınca, inert gaz atomları iyonlaşır. İyonlar ve elektronlar elektrotlara göçerken, 5-15 mA'lık bir akım oluşur. Potansiyel farkı yeterli ise yüksek hızla katoda çarpan katyonlar, katot yüzeyindeki atomlardan bazılarını koparıp gaz fazına geçirir. Bu süreç sıçratma adını alır. Sıçratılan metal atomlarının çoğu uyarılmış haldedir ve bunla temel hallerine dönerken karakteristik ışın yayarlar. Sonuçta metal atomları geri katot yüzeyine döner veya tüpün cam duvarlarında birikir.



Şekil 2.3. Oyuk katot lambasının şematik yan kesiti

Katodun silindirik yapısı, metal tüpün sınırlı bir bölgesinde ışını yoğunlaştırır. Bu tasarım cam duvarlardan çok katot yüzeyinde atomların birikme olasılığını artırır. Oyuk katot lambasının verimi onun geometrisine ve çalışma potansiyeline bağlıdır. Yüksek potansiyel dolayısıyla yüksek akım daha büyük şiddette ışımaya yol açar. Bu avantaja karşılık lambada oluşan çizgilerin Doppler genişlemesi problemi artar. Yüksek akımlar, atom bulutu içinde uyarılmamış atomların sayısını artırır. Bunun sonucu olarak uyarılmamış atomlar, uyarılan atomlardan yayılan ışınları absorplama yeteneğindedir. Buna self absorpsiyon denir. Self absorpsiyon daha düşük şiddet demektir ve özellikle emisyon bandının merkezinde oluşur.

#### **2.7.1.3.1.1. Elektrotsuz boşalım lambaları (EDL)**

Elektrotsuz boşalım lambaları (EDL), atomik çizgi spektrumlarının yararlı kaynaklarıdır ve oyuk katot lambalarından onlarca hatta yüzlerce kat daha büyük ışın şiddetleri oluşturur. Tipik bir lamba spektrumu ilgilenilen metalin (veya tuzun) küçük bir miktarını ve birkaç torr basınçta argon gibi inert bir gazı içeren kapalı kuvars tptan yapılıdır. Bu lambalar elektrot içermez, şiddetli bir radyo-frekansı veya mikrodalga ışınının sağladığı alanla atomlar uyarılır. nce argon atomları iyonlaşır, bu iyonlar, analit atomlarına çarparak onları uyarır. Ancak bu tür lambaların performansı OKL ler kadar iyi değildir.

#### **2.7.1.3.1. Atomlaştırıcılar**

##### **2.7.1.3.1. Alevli atomlaştırıcılar**

Alev atomlaştırıcılar AAS ve AES'de kullanılır. Bir alev atomlaştırıcıda, atomlaşmanın oluştuğu bir alev içine numune çözeltisi yanıcı gaz ile karışan yükseltgen gaz akışıyla taşınır ve püskürtülür. İlk olarak çözücü buharlaşır ve çok ince dağılmış moleküler aerosol oluşur. Bu olaya “zcnn uzaklaşması” denir. Sonra bu moleküllerin çoğunun ayrışması sonucu, bir atomik gaz yoğunluğu oluşur. Bu şekilde oluşan atomların çoğu, katyonlar ve elektronlar vermek üzere iyonlaşır. Alevdeki moleküller, atomlar, iyonlar uyarılarak emisyon spektrumları oluşur. Alev atomlaşmada aerosol,

yükseltgen ve yanıcı genellikle “5-10 cm uzunluğunda bir alev oluşturan yarıklı bir alev başlığı” içinde yakılır.

#### **2.7.1.3.1. Elektrotermal atomlaştırıcılar**

İlk defa 1970’lerde görülen elektrotermal atomlaştırıcılar kısa sürede tüm numunenin atomlaştırılması ve optik yolda atomların ortalama kalma sürelerinin bir saniye veya daha fazla olması nedeniyle, duyarlılıkta artış sağlar. Elektrotermal atomlaştırıcılarda elektriksel olarak; grafit bir tüpe enjekte edilen numunenin çözücü uçurma, kül etme ve atomlaşma basamakları takip edilmektedir. Kül etme aşamasından sonra yaklaşık 2000–3000 °C’ye yükselen sıcaklığa neden olan akım hızla birkaç yüz ampere arttırılır numunenin atomlaştırılması birkaç milisaniyen saniyelere kadar değişen periyotta oluşur. Atomlaşmış taneceklerin absorpsiyonları ısıtılmış yüzeyin hemen üzerindeki bölgede ölçülür.

#### **2.7.1.4. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP) spektroskopisi**

Plazma, önemli derişimde katyon ve elektron içeren elektriksel olarak iletken gaz karışımı olarak tanımlanır. En çok kullanılan plazma türü, İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma (ICP) ‘dır. İndüktif eşleşmiş plazma kaynağı (hamlaç), argon gaz akımının içinden geçtiği eş merkezli üç kuvars borudan yapılmıştır. Argon gazı akışıyla hamlaç içine numuneler taşınır. Numune vermede en yaygın kullanılan düzenekler sisleştiricilerdir. Burada numune sisleştirilir ve oluşan küçük damlacıklar plazmaya taşınır (Skoog ve ark., 2007).

#### **2.7.1.5. AAS VE AES’de girişimler (Engellemeler)**

##### **2.7.1.5.1. Fiziksel girişimler (Engellemeler)**

Absorpsiyon hücresinde ölçüm şartlarını değiştiren fiziksel olayların tümü olarak tanımlanmaktadır. Alevli absorpsiyon hücresinin kullanıldığı sistemlerde, viskozite,

emilim hızı, ve sisileşme sonrasında oluşan yüzey gerilimi gözlenen önemli fiziksel girişim etkileridir (İZGİ, 2001).

#### **2.7.1.5.2. Spektral girişimler (engellemeler)**

Tayini istenen elementin rezonans çizgisinin herhangi bir radyasyon ile çakışması veya etkilenmesi hali olarak tanımlanmaktadır. Girişime neden olabilecek radyasyon, spektral çizgi veya bant yapısında olabilmektedir.

#### **2.7.1.5.3. Kimyasal girişimler (engellemeler)**

Kimyasal girişimler absorpsiyon hücresindeki temel enerji düzeyindeki atom derişiminin değişmesine neden olan reaksiyonların tümü olarak tanımlanmaktadır.

#### **2.7.1.6. Girişimler etkilerinin giderilme metotları**

##### **2.7.1.6.1. Sürekli ışık kaynağı (D<sub>2</sub>- Döteryum) zemin düzeltme metodu**

Sürekli ışın kaynağı olarak bir hidrojen (H) veya döteryum (D<sub>2</sub>) lambası kullanılır (UV bölge). Bu teknikte döteryum lamba, ultraviyole bölgesindeki sürekli ışın kaynağını oluşturur (Skoog ve ark., 2007). Hem ışık kaynağı hem de D<sub>2</sub> 'dan gelen ışınlar monokromatörden geçerek aynı dedektör üzerine düşürülmektedir. AAS'de en yaygın düzeltme metodu olarak kullanılmaktadır (İZGİ, 2001). Döteryum ışınının absorpsiyonu, analit ışınının absorpsiyonundan çıkarılır. Görünür bölgedeki döteryum lambasının ışın çıkışı, 350 nm'den daha büyük dalga boylarında, bu düzeltme işlemi kullanımını imkansız kılacak kadar düşüktür (Skoog ve ark., 2007).

##### **2.7.1.6.2. Zeeman etkisi zemin düzeltme metodu**

Toplam absorpsiyon ve zemin absorpsiyonu aynı ışık kaynağından ölçülebilmektedir. Zeeman metodunun kullanılması atomik absorpsiyon ve zemin absorpsiyonunun birbirine çok yakın veya aynı dalga boyunda ölçümüne izin verdiği belirtilmektedir .

### **2.7.1.6.3. Smith-Hieftje zemin düzeltme metodu**

Işık kaynağının emisyon çizgi profilini zemin etkilerinin ölçümü için düzenlemesi prensibine dayanır. Bu amaçla kullanılan ışık kaynağına; düşük akım uygulanmasıyla hem atomik absorpsiyon hem zemin absorpsiyonundan gelen ölçüm yapılmaktadır. Yüksek akım uygulamasında sadece zemin absorpsiyonundan gelen ölçümler yapılmaktadır. İki ölçüm arasındaki farkın örnek için okunan absorpsiyon değerini vereceği bildirilmiştir.

### **2.7.1.6.3. Kalibrasyon metotları**

Analizler sırasında gözlenen girişimleri gidermek için, değişik kalibrasyon metotları uygulanmaktadır (İZGİ, 2001).

#### **2.7.1.6.3.1. Kalibrasyon eğrileri**

Teorik olarak atomik absorpsiyon absorpsiyon spektroskopisinden alınan absorbansın doğrudan derişimle orantılı olduğu Beer yasası ile uyumludur. Gerçekte çoğu zaman doğrusallıktan sapmalar olur. Bu sebeple periyodik olarak, numunede bulunan derişim aralığını kapsayan bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmalıdır (Skoog ve ark., 2007).

#### **2.7.1.6.3.1. Standart ekleme metodu**

Standart kalibrasyon yöntemi kullanılarak yapısı bilinmeyen örnekler için analiz sonucu vermenin mümkün olmadığı belirtilmektedir. Bu nedenle standart ekleme kalibrasyon metodu ile analiz yapılarak örnekten gelen girişim etkileri incelenebilmektedir (İZGİ, 2001).

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1 Kullanılan cihaz ve ekipmanlar

###### 3.1.1.1 Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS)

Bu çalışmada Thermo Solaar S Series Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı (AAS) kullanıldı. Deneylerde kullanılan Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) Cihazı



### **3.1.1.2 Analitik terazi**

Deneyleerde Radwag AS 220 C/2 model, kalibrasyonu yapılmış,  $\pm 0,0001$  g hassasiyette tartım yapabilen, elektronik analitik terazi kullanıldı.

### **3.1.1.5 Ultrasonik su banyosu**

Deneyleerde kullanılan standart çözeltilerin ve numunelerin hazırlanması sırasında Cleanex marka ultrasonik su banyosu kullanıldı.

### **3.1.1.6 Etüv**

Deneyleerdeki ekmek numunelerin kurutulması için Nüve Sterilizer FN 055 marka etüv kullanıldı.

### **3.1.1.7 Otomatik pipetler**

Deneyleer sırasında Volac marka 50-100, 200-1000  $\mu\text{L}$  hacimsel aralıkta otomatik pipetler kullanıldı.

### **3.1.1.8 Isıtıcı**

Deneyleerde yaş çözümlerleştirme işlemleri sırasında ısıtıcı kullanıldı.

### **3.1.2 Reaktifler, çözeltiler ve hazırlanmaları**

Deneysel işlemler sırasında; ilgili metallerin Merck marka 1000 mg/L derişimde standart referans çözeltileri (SRM), stok çözeltileri olarak kullanıldı. Kullanılan kimyasalların hepsi analitik saflıktadır. Deiyonize saf su kullanıldı.

### 3.1.2.1 Stok ve ara stok metal çözeltileri

a) Lityum (Li) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

b) Lityum (Li) ara stok çözeltisi (100 mg/L); 1000 mg/L derişimde lityum (Li) stok çözeltisinden 10 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Li çözeltileri bu ara stok çözeltiden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

c) Potasyum stok (K) çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

ç) Potasyum (K) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde K stok çözeltisinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart K çözeltileri bu ara stok çözeltiden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

d) Sodyum (Na) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

e) Sodyum (Na) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Na stok çözeltisinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Na çözeltileri bu ara stok çözeltiden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

f) Magnezyum (Mg) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

g) Magnezyum (Mg) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Mg stok çözeltisinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük

hazırlandı. Standart Mg çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

h) Kalsiyum stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

ı) Kalsiyum (Ca) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Ca stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Ca çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

i) Stronsiyum (Sr) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

j) Stronsiyum (Sr) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Sr stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Sr çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

k) Baryum (Ba) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

l) Baryum (Ba) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Ba stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Ba çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

m) Çinko (Zn) stok çözeltisi; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltisi kullanıldı.

n) Çinko (Zn) ara stok çözeltisi; (50 mg/L); 1000 mg/L derişimde Zn stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı.

Standart Zn çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

o) Bakır (Cu) stok çözeltileri; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltileri kullanıldı.

ö) Bakır (Cu) ara stok çözeltileri; (100 mg/L); 1000 mg/L derişimde Cu stok çözeltilerinden 10 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Cu çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

p) Kurşun (Pb) stok çözeltileri; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltileri kullanıldı.

r) Kurşun (Pb) ara stok çözeltileri; (100 mg/L); 1000 mg/L derişimde Pb stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Pb çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

s) Kadmiyum (Cd) stok çözeltileri; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltileri kullanıldı.

ş) Kadmiyum (Cd) ara stok çözeltileri; (100 mg/L); 1000 mg/L derişimde Cd stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük hazırlandı. Standart Cd çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

t) Mangan (Mn) stok çözeltileri; 1000 mg/L derişimde Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemine uygun Merck standart stok çözeltileri kullanıldı.

u) Mangan (Mn) ara stok çözeltileri; (100 mg/L); 1000 mg/L derişimde Mn stok çözeltilerinden 5 mL alınarak saf su ile balon jodede 100 mL' ye tamamlandı. Günlük

hazırlandı. Standart Mn çözeltileri bu ara stok çözeltilerden deneyin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

ü) Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) stok çözeltisi, (1000 mg/L);  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  katısından 0,1766 g tartılarak, beherde saf su ile çözüldü, balon jofede son hacmi saf su ile 100 ml'ye tamamlandı.

v) Sodyum Hidroksit (NaOH) stok çözeltisi, (2 M); NaOH katısından 4 g tartılarak, beherde saf su ile çözüldü, balon jofede son hacmi saf su ile 50 ml'ye tamamlandı.

y) Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) stok çözeltisi; % 85'lik (w/w) orto fosforik asit ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) (d=1,71 kg/L) Merck stok çözeltisi kullanıldı.

z) Klorür  $\text{Cl}^-$  stok çözeltisi; % 32'lik (w/w) hidroklorik asit (HCl) (d=1,16 kg/L) Merck çözeltisi kullanıldı.(10,18 M derişimde)

ii) Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) stok çözeltisi; % 96'lik (w/w) sülfirik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (d=1,83 kg/L) Merck stok çözeltisi kullanıldı.

### **3.1.2.3. Girişim etkilerinin incelenmesinde kullanılan çözeltiler**

Lityum üzerindeki girişim etkilerinin incelenmesi için hazırlanan çözeltiler:

a) Sodyum (Na) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde; Sodyum (Na) ara stok çözeltisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde sodyum (Na) standart çözeltileri hazırlandı.

b) Potasyum (K) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Potasyum (K) ara stok çözeltisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde potasyum (K) standart çözeltileri hazırlandı.

c) Magnezyum (Mg) standart çözeltiler; Magnezyum (Mg) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde magnezyum (Mg) standart çözeltileri hazırlandı.

d) Kalsiyum (Ca) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Kalsiyum (Ca) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde kalsiyum (Ca) standart çözeltileri hazırlandı.

e) Stronsiyum (Sr) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Stronsiyum (Sr) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde stronsiyum (Sr) standart çözeltileri hazırlandı.

f) Baryum (Ba) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Baryum (Ba) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde baryum (Ba) standart çözeltileri hazırlandı.

g) Mangan (Mn) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Mangan (Mn) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,1-0,5-1-5-10-50 mg /L derişimde mangan (Mn) standart çözeltileri hazırlandı.

h) Çinko (Zn) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Çinko (Zn) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; ; 0,5-1-5-10-50-100-200-400-800 mg/L derişimde çinko (Zn) standart çözeltileri hazırlandı.

j) Kadmiyum (Cd) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Kadmiyum (Cd) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,1-0,5-1-5-10-50 mg /L derişimde kadmiyum (Cd) standart çözeltileri hazırlandı.

k) Kurşun (Pb) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Kurşun (Pb) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,1-0,5-1-5-10-50 mg /L derişimde kurşun (Pb) standart çözeltileri hazırlandı.

l) Bakır (Cu) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Bakır (Cu) ara stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,1-0,5-1-5-10-50 mg /L derişimde bakır (Cu) standart çözeltileri hazırlandı.

m) Sodyum Hidroksit (NaOH) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Sodyum Hidroksit (NaOH) stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,01-0,05-0,1-0,5 M derişimde sodyum sodyum Hidroksit (NaOH) standart çözeltileri hazırlandı.

n) Hidroklorik asit (HCl) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Hidroklorik asit (HCl) stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,05-0,1-0,5-1-3-5 M derişimde hidroklorik asit (HCl) standart çözeltileri hazırlandı.

o) Nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,1-0,5-1-3-5-10 M derişimde nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) standart çözeltileri hazırlandı.

p) Hidrojen Peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Hidrojen Peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,01-0,05-0,1-0,5 M derişimde hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) standart çözeltileri hazırlandı.

r) Klorür (Cl<sup>-</sup>) ara stok çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Klorür (Cl<sup>-</sup>) stok çözeltilisinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 1000 mg/L ve 50 mg/L derişimde klorür (Cl<sup>-</sup>) ara stok çözeltileri hazırlandı.

s) Klorür ( $\text{Cl}^-$ ) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Klorür ( $\text{Cl}^-$ ) ara stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-3-5-10-50-100 mg/L derişimde klorür ( $\text{Cl}^-$ ) standart çözeltileri hazırlandı.

t) Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ara stok çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek; 1000 mg/L ve 50 mg/L derişimde sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ara stok çözeltileri hazırlandı.

u) Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ara stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,05-0,1-0,5-1-3-5-10-50-100 mg/L derişimde sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) standart çözeltileri hazırlandı.

ü) Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ara stok çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ara stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 1000 mg/L ve 50 mg/L derişimde fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ara stok çözeltileri hazırlandı.

v) Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ara stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-3-5-10-50-100-200-400 mg/L derişimde fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) standart çözeltileri hazırlandı.

y) Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ara stok çözeltisi; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek 50 mg/L derişimde karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ara stok çözeltisi hazırlandı.

z) Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) standart çözeltiler; içerisinde 10 ppm Lityum (Li) olacak şekilde Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ara stok çözeltilerinden saf su ile uygun oranlarda seyreltilerek sırasıyla; 0,5-1-3-5-10-50-100-200-400 mg/L derişimde karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) standart çözeltileri hazırlandı.



### 3.1.2.3. Kalibrasyon çözeltileri

Çalışmada Atomik Absorpsiyon Spektrometresinde Li elementinin tayinde oluşturulan kalibrasyon eğrisinde kullanılan standart Li çözeltileri; Li ara stok çözeltisinden; saf suyla uygun oranda seyreltilerek sırasıyla 0,01-0,05-0,1-0,5-1-3-5 mg/L derişiminde analizin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı.

### 3.1.2.4. Örnek analizinde kullanılan çözeltiler

a) Triton X-100 ( $C_8H_{17}C_6H_4(OCH_2CH_2)_nOH$ ) ara stok (% 1'lik (v/v)), Triton X-100 kimyasalından 1 mL alınarak balon jode saf su ile 100 mL son hacmine tamamlandı. Ekmek örneği çalışmalarında bu çözeltiden uygun oranlarda seyreltilerek alev başlığında karbonlaşmayı önlemek, alev stabilitesini arttırmak amacıyla, ekmek yaş yakma numunelerine spike (ilave) yapılmıştır.

b) Triton X-100 çözeltileri ; (% 0,02 (v/v), (% 0,06 (v/v)) Triton X-100 ara stok (% 1'lik (v/v)) çözeltisinde sırasıyla 1 mL ve 3 mL alınarak son hacmi 50 mL' ye saf su ile tamamlandı.

### 3.1.2.5 Yıkama çözeltileri

**3.1.2.5.1. Kromik asit çözeltisi ( $H_2CrO_4$ ):** 5 g potasyum dikromat  $K_2Cr_2O_7$  500 mL derişik sülfürik asitte ( $H_2SO_4$ ) çözüldü. Bu yıkama çözeltisi, içme suyunda numune alma öncesi organik kirliliğin giderilmesi amaçlı polietilen numune kaplarının yıkamasında kullanıldı. Çeşme suyu ile yıkanan numune kapları kromik asit yıkama çözeltisinden geçirildikten sonra bol çeşme suyu ile durulandı. Daha sonra aşağıda belirtilen şekilde nitrik asit ile yıkama prosedürü uygulandı.

#### 3.1.2.5.1. Cam malzeme ve kullanılan deney gereçlerini yıkama işlemi (Nitrik asit çözeltisi , %2'lik (v/v) ile):

Cam malzeme ve kullanılan deney gereçleri (pipetler, ekmek numunesi tartımında kullanılan plastik kaşıklar vb.) sırasıyla, çeşme suyu, seyreltik deterjan çözeltisi, çeşme

suyu ile yıkanıp, 24 saat nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) %2'lik(v/v) çözeltisinde ( ya da %20'den (v/v) nitrik asitte dört saat bekletme) bekletildi. Tekrar çeşme suyu ve saf su ile beş kez yıkandıktan ve kurumaya bırakıldı.

### **3.1.2.6. Deneyde kullanılan örnekler**

Çalışmada Bursa'nın farklı bölgelerinden alınan içme suyu örnekleri ile ticari olarak satın alınan ekmek örnekleri kullanılmıştır. İçme suyu çalışması için Bursa'nın dört farklı bölgesinden alınan on bir çeşme suyu örneği kullanılmış; ekmekle yapılan çalışmalarda dört farklı markadan beyaz ekmek, kepek ekmeği, çavdar ekmeği kullanılmıştır.

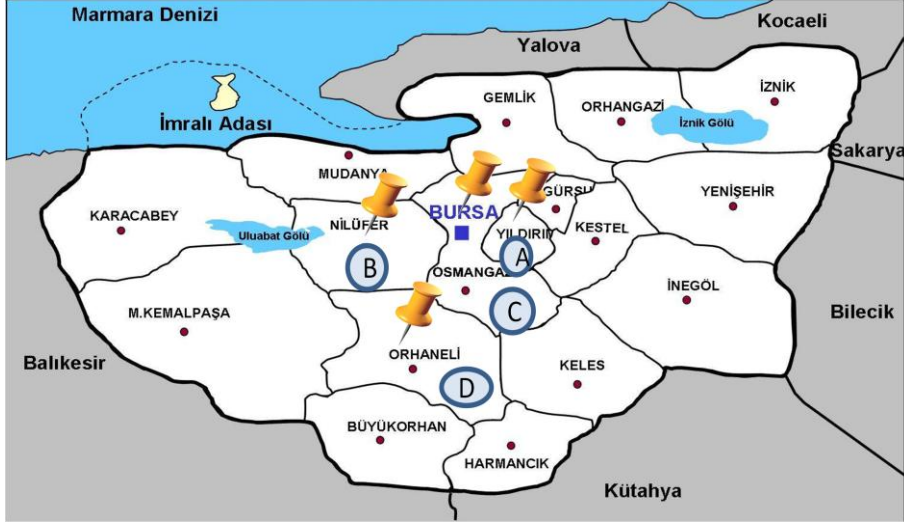
## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi Çalışmaları**

#### **3.2.1.1. Örneklerin alınması ve analize hazırlanması**

##### **3.2.1.1.1. Numune alma:**

**İçme suyu numuneleri:** Bursa ilinin dört farklı ilçesinden toplamda on bir noktadan direkt musluktan alınmıştır. Örnekleme noktaları Şekil 3.2.'de gösterilmiştir. Örneklemede önceden temizlenen polietilen numune şişelerine 500 ml içme suyu örnekleri alındı. Örnekleme içme suyunda kimyasal örnekleme için uygun olacak şekilde yapıldı. Bunun için musluk orta hızda açılarak beş dakika beklendi. Numune alınırken numune kapları üç kez çeşme suyuyla çalkalandıktan sonra numune ile dolduruldu. Numune kabının üst kısmında çalkalamaya izin verecek ölçüde boşluk bırakıldı. Alınan su numuneleri 24 saat içerisinde laboratuvara getirildikten sonra % 0,2 HNO<sub>3</sub> içerecek şekilde asitlendirildi.



Şekil 3.2. Bursa ili içme suyu örnekleme noktaları

**Ekmek numuneleri :** Ticari olarak satılan dört farklı markanın beyaz, kepek ve çavdar türünde ekmekleri alındı. Toplamda on iki ekmek örneği kullanıldı.

#### 3.2.1.1.2. Numunelerin analize hazırlanması:

**İçme suyu numuneleri :** Asitlendirilen numunelerin bir kısmı ayrıldıktan sonra, kalan kısım örnekler buharlaştırma ile yaklaşık 25-30 kat zenginleştirildi. İki kısmında analizleri karşılaştırmalı olarak yapıldı.

**Ekmek numuneleri:** Alınan ekmek numuneleri önce eldiven kullanılarak el ile parçalara ayrıldı. Etüvde 80° C sıcaklık programında, 24 saat süreyle kurutuldu. Kurutulan numuneler mutfak robotu yardımıyla toz haline getirildikten sonra; 850 mikron gözenek büyüklüğünde elekten elendi. Homojenize numuneler etiketlenerek tartıma hazır hale getirildi. (U.Ü. BAP F 2010-25 no'lu projede kullanılan ekmek örnekleriyle çalışılmıştır. Numuneler hazır halde (homojen, toz) kullanılmış, metod ilgili tez çalışmasından alıntılanmıştır. (Ersoy, 2012).)

**Ekmek numunelerinin açık sistem çözünürleştirilmesi:** Her bir ekmek numunesinden üç tekrarlı çalışıldı. 150 mL' lik beher içerisine numuneden yaklaşık 10

g tartım alındı. Üzerine 20 mL derişik nitrik asit (HNO<sub>3</sub>) eklendi. Beherlerin üzeri saat camı ile kapatılarak çeker ocak içerisinde 24 saat bekletildi. Daha sonra ısıtıcıda kuruluğa dek ısıtıldı. Üzerlerine 3'er mL saf su eklenerek tekrar kuruluğa dek ısıtıldı. Numuneler soğumaya bırakıldı. Daha sonra üzerlerine 2'şer mL derişik hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) eklenerek kuruluğa yaklaşıana, saydam bir çözelti elde edilene dek ısıtma yapıldı. Daha sonra önceden temizlenen polietilen numune tüplerine (falcon) alınan numuneler 15 dakika ultrasonik su banyosunda homojenizasyon için bekletildi. Saf su ile 50 mL son hacme tamamlanan numuneler beyaz bant süzgeç kağıdından süzöldü.

## 4.BULGULAR

### 4.1. Atomik Emisyon Spektrometresi ile Analiz İçin En Uygun Koşulların Belirlenmesi

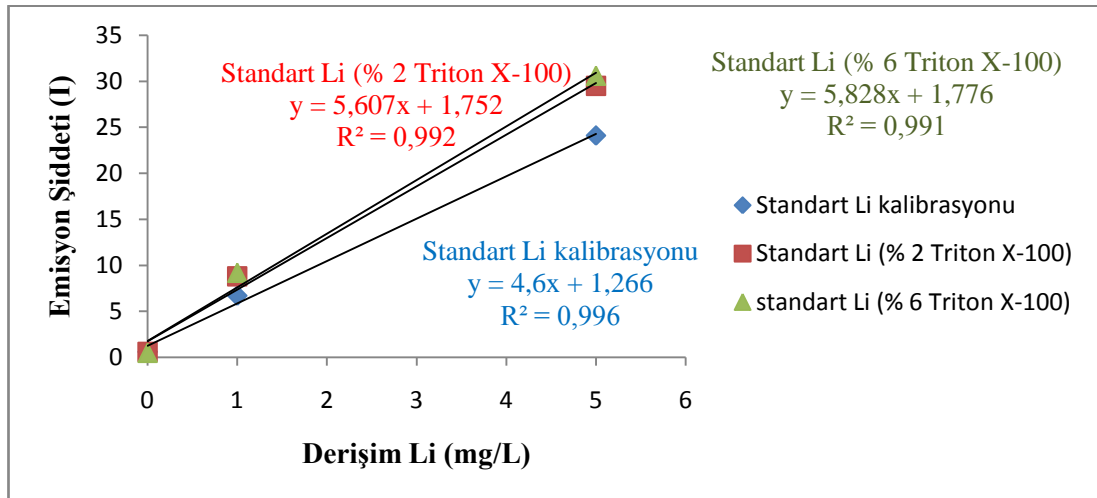
#### 4.1.1. Aletsel değişkenlerin belirlenmesi

Lityum tayini öncesinde Thermo Solaar S Series Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazı (AAS) için aletsel değişkenler denenerek optimum çalışma koşulları belirlendi.

Lityum tayininde emisyon modunda; dalga boyu, 671 nm; yarık aralığı, 7 mm; kullanılan yanıcı–yükseltgen gaz, hava-asetilen; gaz akış hızı: 1,1 L/dk ; alev yüksekliği, 7 cm olarak belirlendi.

#### 4.1.2. Triton X-100 çözeltisinin lityum emisyon şiddetine etkisi

Triton X-100 ara stok (% 1'lik (v/v)) çözeltisinden Triton X-100 çözeltileri ; (% 0,02 (v/v), (% 0,06 (v/v)) 1 mL ve 3 mL alınarak son hacmi 50 mL' ye saf su ile tamamlandı. Aynı oranlarda Triton X-100 içeren, 1 mg/L, 5 mg/L' lik derişimde Li çözeltileri hazırlandı. Bir ekmek numunesi ile aynı Triton X-100 hacimleri ve lityum derişimleri çalışılarak, deneysel işlemlerde çalışılacak Triton X-100 çözeltisi hacmi belirlendi. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1.'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Triton X-100 çözeltisinin lityum emisyon şiddetine etkisi

## 4.2. Atomik Emisyon Spektroskopisi ile Lityum Tayinine Girişim Etkilerinin İncelenmesi

### 4.2.1. İçme suyu ve ekmek örneklerinde lityumun AES ile lityum tayinine girişim etkileri

Ekmek örneklerinde girişim yapabilecek elementlerin FAAS ile belirlenen en düşük ve en yüksek element miktarları verilmiştir. (Çizelge 4.1.) (U.Ü. BAP F 2010-25 no'lu projede kullanılan ekmek örnekleriyle çalışılmış ve numune bileşen verileri ilgili tez çalışmasından eklenmiştir (Ersoy, 2012).)

**Çizelge 4.1.** Ekmek örneklerinde FAAS ile belirlenen en düşük ve en yüksek element miktarları (Ersoy, 2012).

Element	Na	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu
Minimum (mg/g)	3,67	1,59	0,2	0,78	0,001	0,054	0,0009
Maksimum (mg/g)	5,22	2,95	2,38	2,53	0,16	0,11	0,089

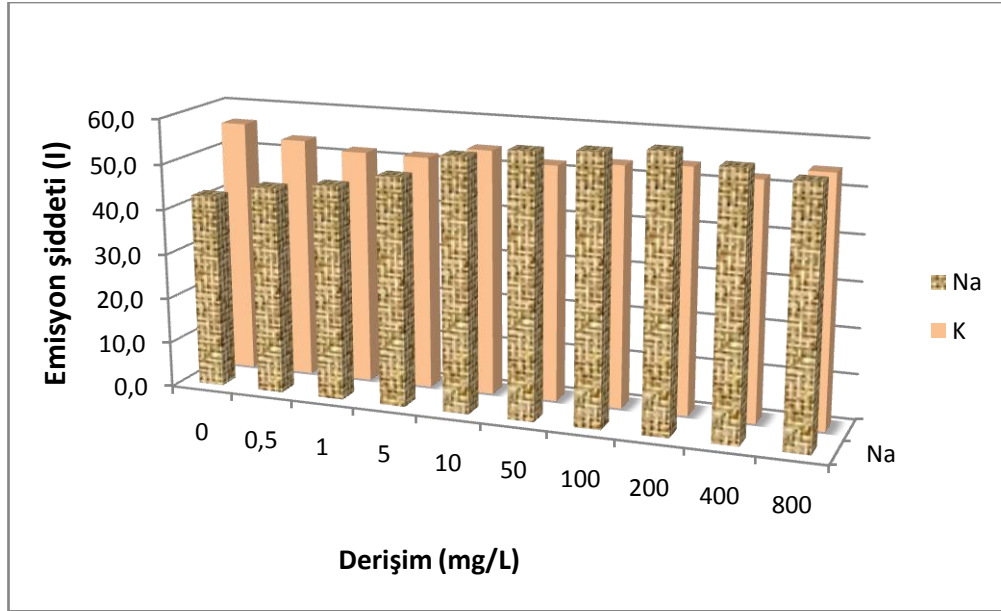
İçme suyu örnekleri Mart 2014'te alınmış numune bileşen verilerine ilişkin veriler çizelge 4.2. 'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** İçme suyu örneklerindeki element ve anyon derişimi (BUSKİ,Mart 2014)

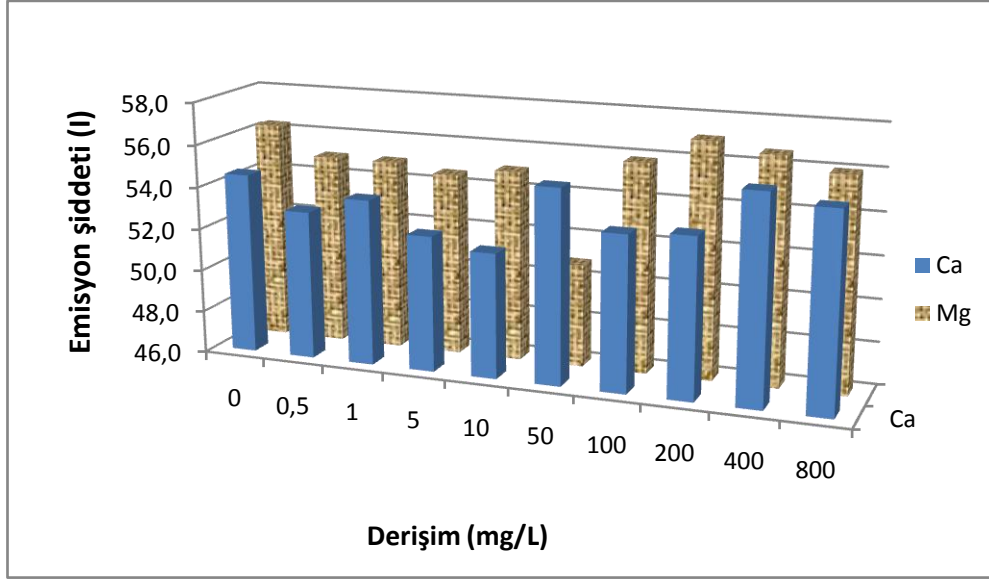
PARAMETRE	BİRİM	DERİŞİM
Mn	mg/L	0,019
Na	mgNa/L	5,94
Cu	µgCu/L	0,53
Cd	µgCd/L	0,01
Pb	µgPb/L	0,01
Cl <sup>-</sup>	mgCl/L	6,7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mgSO <sub>4</sub> /L	36

İçme suyu ve ekmek örneklerinde farklı düzeylerde bulunan, lityum tayinine girişim yapabilecek elementlerin girişim etkisi incelemek amacıyla 10 mg/L Li içeren standart çözeltilere Na, K, Ca, Mg, Zn, Ba, Sr, Cu, Pb, Cd, Mn 'ın artan derişimlerinde çözeltileri hazırlandı. Lityum kalibrasyon grafiği çizilerek her bir element okumasından önce 10 mg/L Li standardı okuması yapıldı. Elde edilen sonuçlar aşağıda şekillerde verilmiştir.

#### 4.2.1.1. Numune bileşenlerinin girişim etkileri

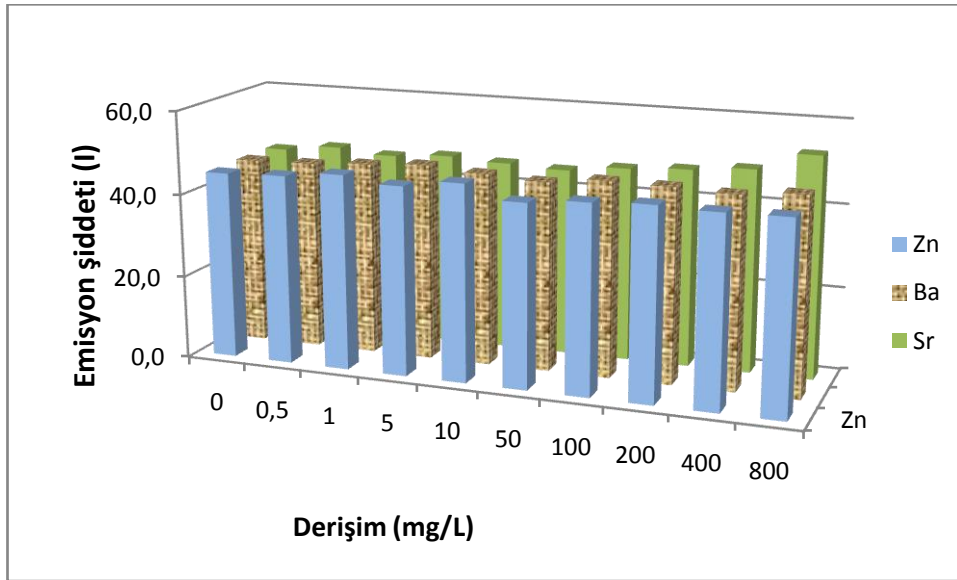


Şekil 4.2. Na, K derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi



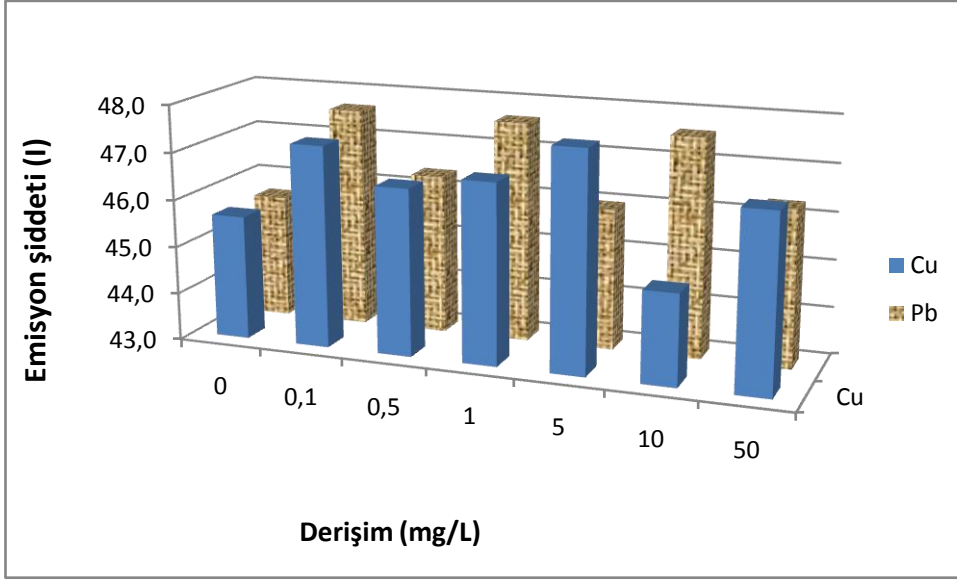
Şekil 4.3. Ca, Mg derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

Numune bileşenlerinin derişim aralıklarını içerecek şekilde girişim yapabilecek metaller ve anyonlar Li standardına eklenerek Li emisyon şiddetine etkisi incelenmiştir. Elde edilen veriler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

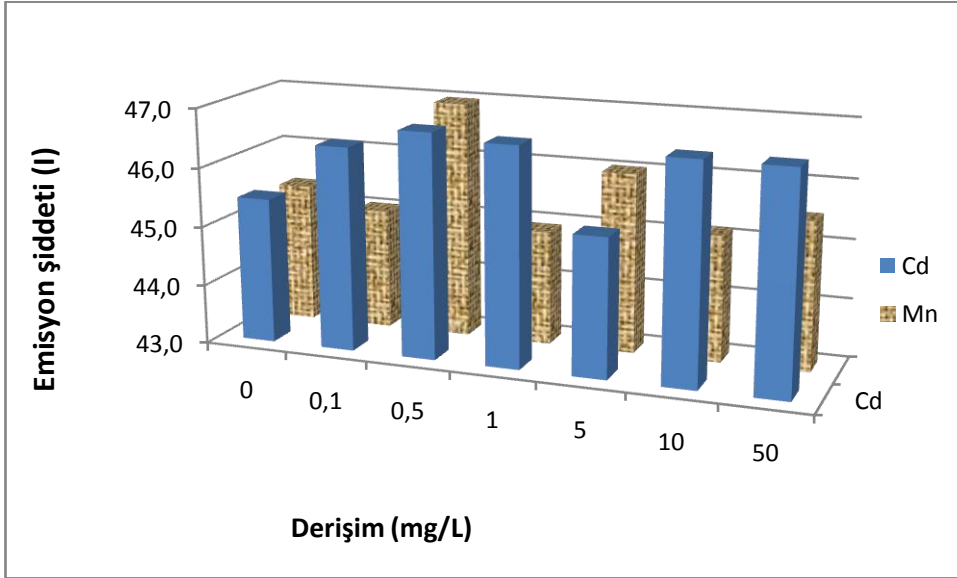


Şekil 4.4. Zn,Ba,Sr derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

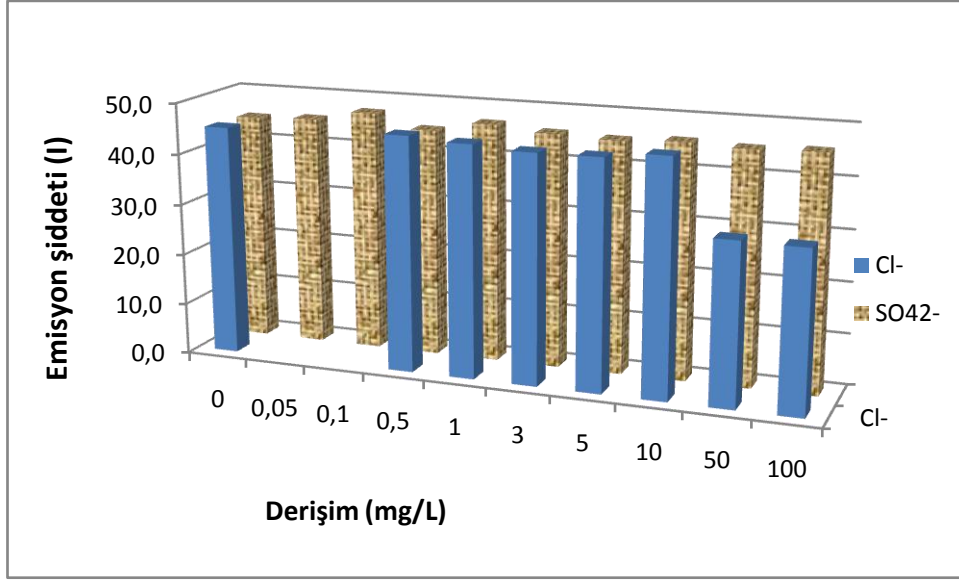




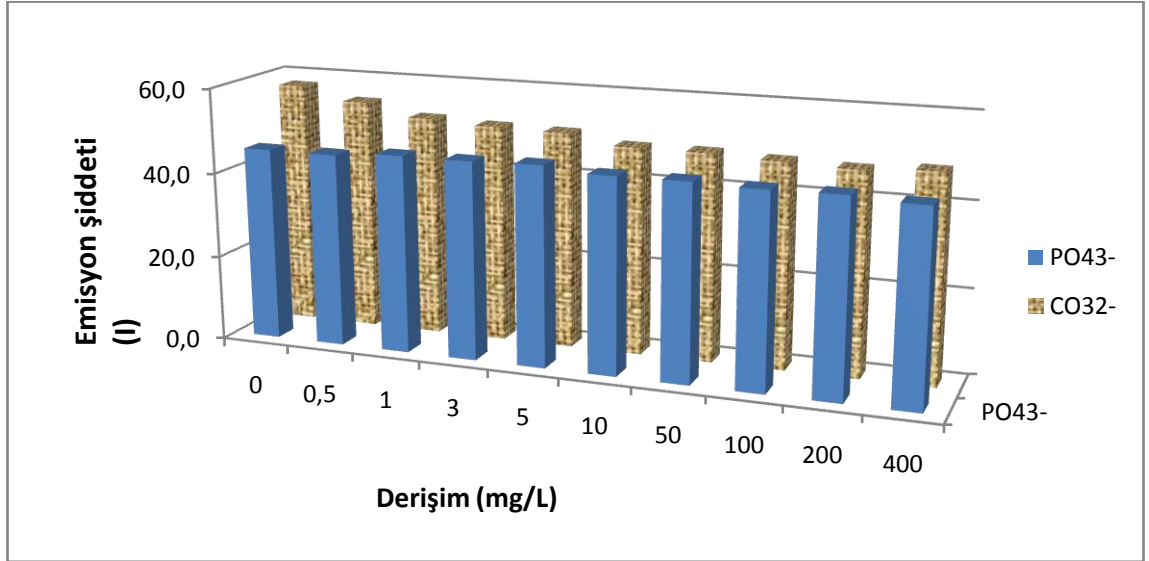
Şekil 4.5. Cu, Pb derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi



Şekil 4.6. Cd, Mn derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

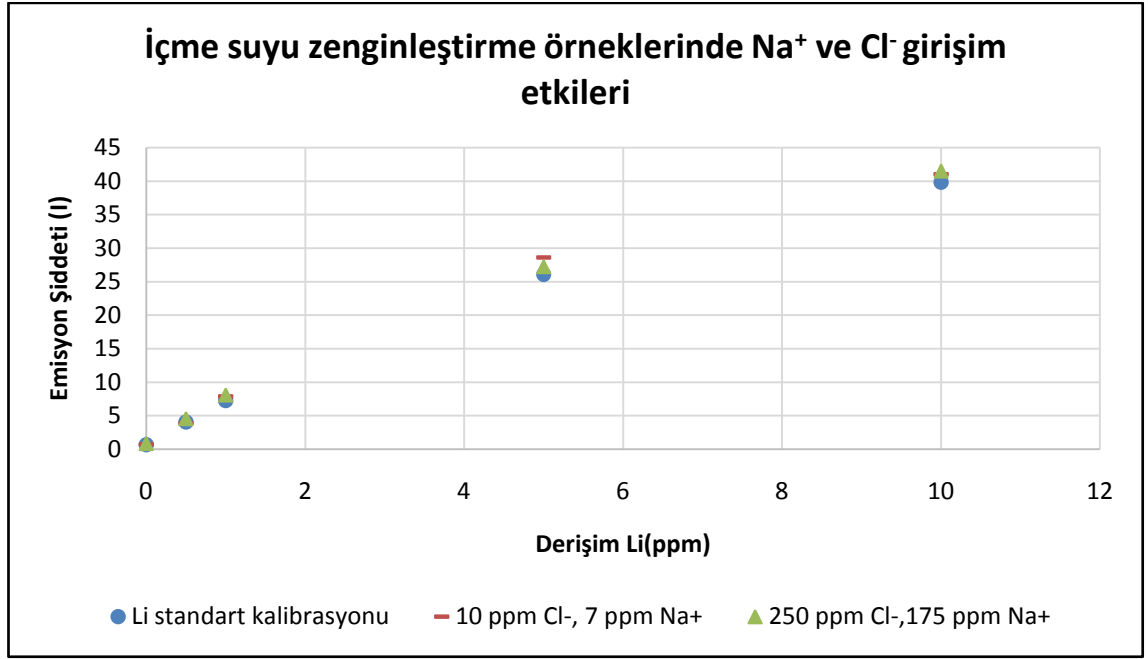


Şekil 4.7.  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi



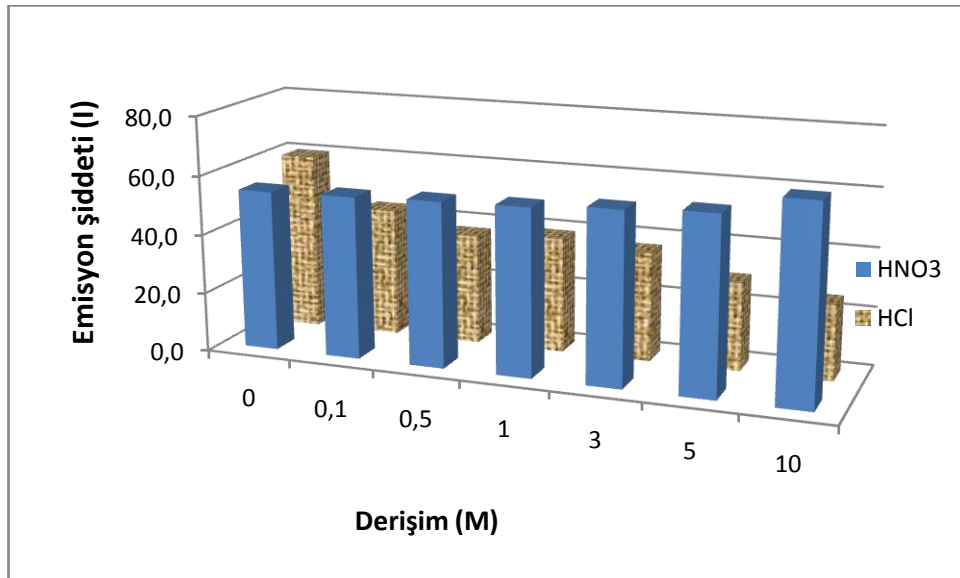
Şekil 4.8.  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$  derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

İçme suyu örneklerine Li kalibrasyon çözeltilerine, örnekteki ve zenginleştirilen örnekteki düzeylerde  $Na^+$  ve  $Cl^-$  iyonları eklenerek Li standart kalibrasyonu ile karşılaştırılmış iyonların birlikte girişim etkileri incelenmiştir (Şekil 4.9).



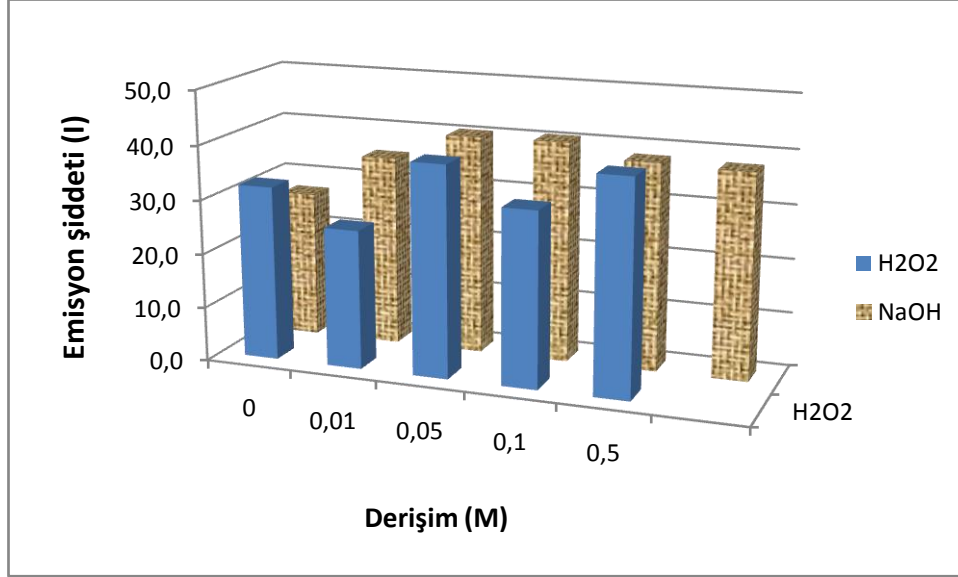
**Şekil 4.9.** İçme suyu zenginleştirme örneklerinde Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> girişim etkileri

#### 4.2.1.2. Asit ve bazların girişim etkileri



**Şekil 4.10.** HNO<sub>3</sub>, HCl derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

Örnekleri koruma ve yaş çözünürleştirme işlemlerinde kullanılan asitlerin lityum emisyonuna etkisi incelenmiştir.

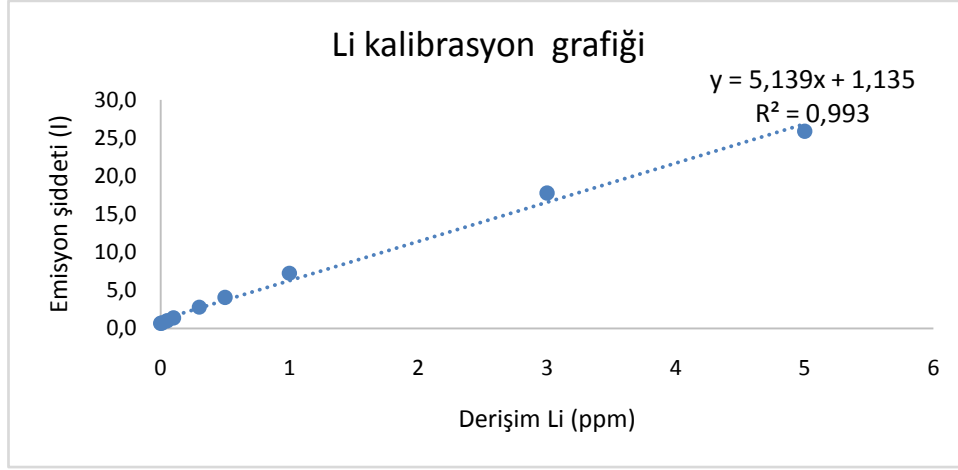


Şekil 4.11. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH derişimin lityum emisyon şiddetine etkisi

### 4.3. Belirlenen En Uygun Çalışma Koşullarında AES İle Lityum Analizleri

#### 4.3.1. İçme suyu numunelerinde lityum analizleri

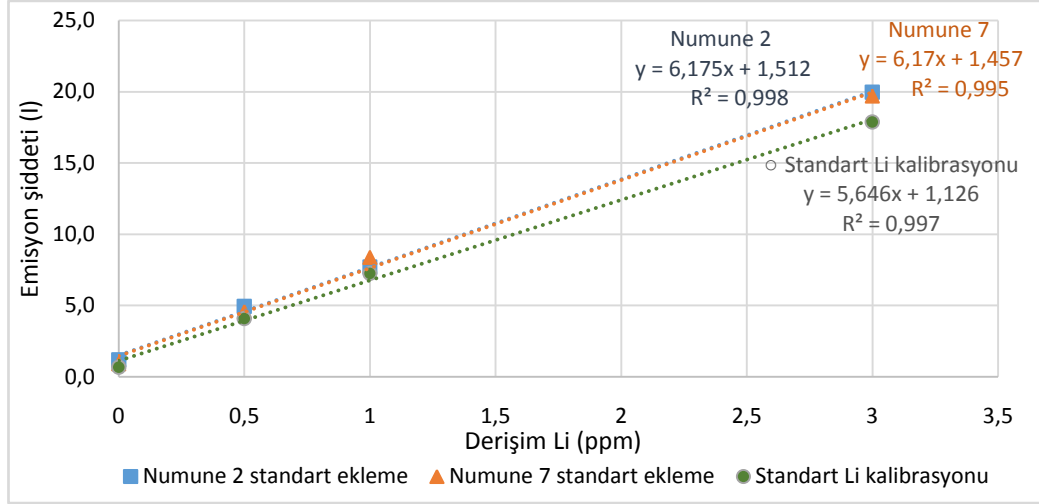
En uygun çalışma koşullarında, koruma için asitlendirilen numuneler ve buharlaştırma ile yaklaşık 25-30 kat zenginleştirilen numunelerin analizleri karşılaştırmalı olarak yapıldı. Çalışmada atomik emisyon spektrometresinde Li elementinin tayinde oluşturulan kalibrasyon eğrisinde kullanılan standart Li çözeltileri 0,01-0,05-0,1-0,5-1-3-5 mg/L derişiminde analizin yapılacağı gün taze olarak hazırlandı. Kalibrasyon standartlarından sonra numune okumaları yapıldı. Elde edilen kalibrasyon grafiği şekil 4.12.' de görülmektedir.



Şekil 4.12. AES ile içme suyu örnekleri için Li kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.3. AES ile içme suyu numunelerinde belirlenen lityum düzeyleri

BÖLGE ADI	ÖRNEK NO	İÇME SUYU (mg/L)	ZENGİNLEŞTİRME NUMUNESİ (mg/L)
A	ÖRNEK 1	0,031 ± 0,001	0,029±0,001
B	ÖRNEK 2	0,016 ± 0,001	0,016±0,001
B	ÖRNEK 3	0,015 ± 0,001	0,015±0,001
B	ÖRNEK 4	0,015 ± 0,001	0,015±0,001
B	ÖRNEK 5	0,015 ± 0,001	0,015±0,001
B	ÖRNEK 6	0,018 ± 0,001	0,018±0,001
C	ÖRNEK 7	0,022 ± 0,001	0,022±0,001
C	ÖRNEK 8	0,031 ± 0,001	0,031±0,001
C	ÖRNEK 9	0,016 ± 0,001	0,016±0,001
C	ÖRNEK 10	0,018 ± 0,001	0,018±0,001
D	ÖRNEK 11	0,011 ± 0,001	0,011±0,001



**Şekil 4.13.** İçme suyu örneklerinde Li standart ekleme kalibrasyon grafiği

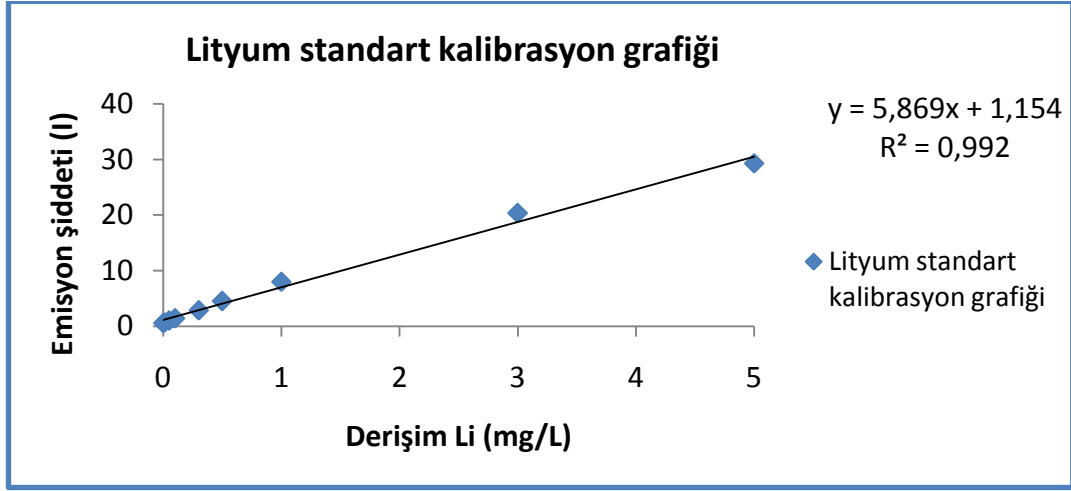
**Çizelge 4.4.** İçme suyu örneklerinde Li standart ekleme yöntemi ile yüzde geri kazanım sonuçları

ÖRNEK	% GERİ KAZANIM
ÖRNEK 2	91,8
ÖRNEK 7	89,3

**Çizelge 4.5.** İçme suyu örneklerinde Li tayin sınırı ve tayin miktarı değerleri

METOT	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
AES	0,001	0,003

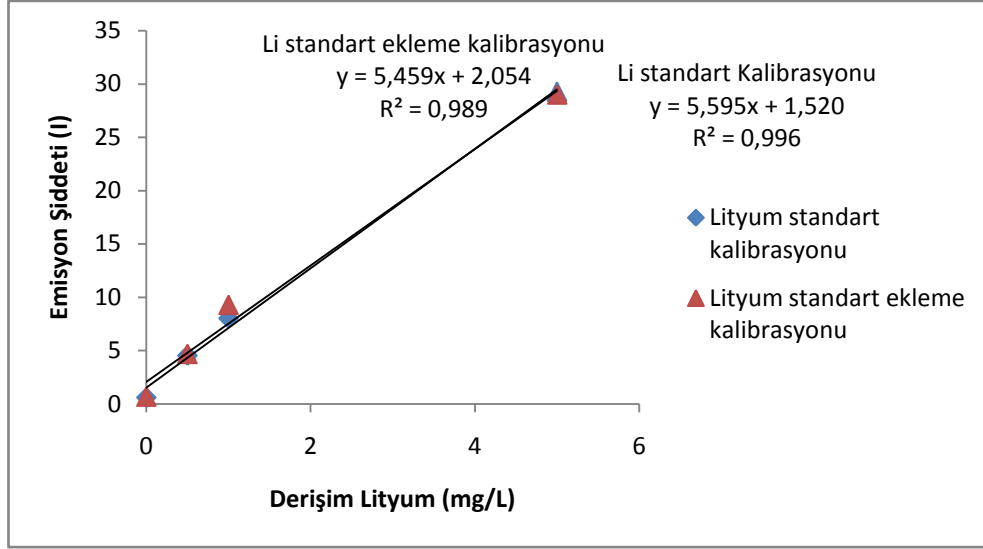
#### 4.3.2. Ekmek numunelerinde lityum analizleri



Şekil 4.14. Ekmek örnekleri için lityum standart kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.6. AES ile ekmek numunelerinde belirlenen lityum düzeyleri

Örnek	Derişim Li (mg/kg)
Beyaz ekmek 1	0,31 ± 0,01
Beyaz ekmek 2	0,21 ± 0,01
Beyaz ekmek 3	0,11 ± 0,01
Beyaz ekmek 4	0,27 ± 0,01
Kepek ekmeği 1	0,31 ± 0,01
Kepek ekmeği 2	0,24 ± 0,01
Kepek ekmeği 3	0,14 ± 0,01
Kepek ekmeği 4	0,25 ± 0,01
Çavdar ekmeği 1	0,33 ± 0,01
Çavdar ekmeği 2	0,17 ± 0,01
Çavdar ekmeği 3	0,22 ± 0,01
Çavdar ekmeği 4	0,26 ± 0,01



**Şekil 4.15.** Ekmek örneklerinde Li standart ekleme kalibrasyon grafiği

**Çizelge 4.7.** Ekmek örneklerinin AES ile analizinde Li tayin sınırı, tayin miktarı ve yüzde geri kazanım değerleri

LOD (mg/L)	0,001
LOQ (mg/L)	0,003
% GERİ KAZANIM	% 96-115



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada AES ile içme suyu ve ekmek örneklerinde Li düzeyleri belirlendi. Alınan su numuneleri % 0,2 HNO<sub>3</sub> içerecek şekilde asitlendirilerek saklandı. Bu örnekler AES'inde direkt okuma yapıldı. Aynı numunelerinden buharlaştırma ile yaklaşık 25-30 kat zenginleştirilerek çalışıldı. İki kısmında analizleri karşılaştırmalı olarak yapıldı. Sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu ve tayin miktarı göz önüne alınarak içme suyunda AES'nde direkt okuma ile Li düzeylerinin belirlenebileceği sonucuna varıldı.

Ekmek örneklerinde Bursa ilinde ticari olarak satılan dört farklı markadan beyaz, kepek ve çavdar toplam on iki numunede Li düzeyleri araştırıldı. Örneklere açık sistem yaş çözünürleştirme işlemi uygulandı. Ekmek örneklerinin AES ile analizlerinde alevde yarıma problemi ile karşılaşıldı. Problemin, örnek yapısından dolayı alev başlığında karbonlaşmadan kaynaklandığı belirlenerek sorunu giderme adına literatür çalışmalarından hareketle ekmek yaş çözünürleştirme örneklerine Triton X-100 çözültisinden eklenerek çalışmalar yürütüldü. Bu sayede alevde yarıma problemi giderilerek alev stabilitesi arttırılmış ve analizin tekrarlanabilirliği sağlanmıştır.

İçme suyu ve ekmek örneklerinde girişime neden olabilecek türler belirlenerek 10 mg/L Li çözültilerine artan düzeylerde eklenmiş ve lityum emisyon şiddetine etkileri belirlenmiştir. Cl<sup>-</sup> ve Na<sup>+</sup> iyonlarının birlikte etkisini görmek üzere gerçek örneklerle uygun düzeylerde eklenmiş ve sonuçlar lityum kalibrasyon grafiği ile karşılaştırılmıştır.

İçme suyu ve ekmek örneklerinin AES ile analizlerinde metotların doğruluğu standart ekleme metodu ile kontrol edilmiş; matriks bileşenlerinin etkisi ve yüzde geri kazanım değerleri belirlenmiştir. Geri kazanım değerleri içme suyu numuneleri için % 89-91, ekmek örnekleri için % 96-115 aralığında bulunmuştur. Çizelge 5.1 ve 5.2.'de farklı ülkelerdeki içme suyu ve ekmek örneklerinde belirlenen lityum düzeyleri verilmiştir.

**Çizelge 5.1.** Farklı ülkelerde içme suyunda bulunan lityum düzeylerinin karşılaştırılması

Ülke	İçme suyundaki Li ortalama düzeyi (aralık) ( $\mu\text{g/L}$ )	Kaynak	
Japonya, Aomori	0.0–12.9	Sugawara ve ark., 2013	ICP-MS
Japonya, Oita	0,7-59	Takeshi ve ark., 2009	İyon Kromatografi
Fransa	0,1	Leblanc ve ark., 2005	ICP-MS
Avusturya	0,0113	Leitner ve ark., 2012	ICP-OES
A.B.D Teksas	2,8-219,0	Kapusta ve ark., 2013	-
Yunanistan	11,10 (0,1-121)	Giakalao ve ark.,2013	ICP-MS
İtalya	2,86 (0,11-60,8)	Dinelli ve ark., 2012	ICP-QMS
Türkiye	11-31	Bu çalışmada -2014	AES

**Çizelge 5.2.** Farklı ülkelerde ekmekte bulunan lityum düzeylerinin karşılaştırılması

Ülke	Ekmekteki Li (mg/kg)	Kaynak	
Birleşik Krallık	0,01 (yaş madde)	Ysart ve ark., 1999	ICP-MS
Fransa	0,027	Leblanc ve ark., 2005	ICP-MS
Lübnan	0,03 $\pm$ 0,005(yağmurlu mevsim) 0,02 $\pm$ 0,001(yağışsız mevsim)	Lobinski ve ark., 2012	DF-SF-ICP-MS
Kamerun	0,017	Gimou ve ark., 2014	ICP-MS
Fransa	0,068 $\pm$ 0,001 0,012 $\pm$ 0,002	Khouzam ve ark., 2011	DF-SF-ICP MS
Türkiye	Beyaz ekme 0,11-0,33 Kepek ekmeği 0,14-0,31 Çavdar ekmeği 0,17-0,33 (kuru madde)	Bu çalışmada -2014	AES

Çalışmada elde edilen sonuçlar içme suyunda Li düzeylerinin bölgeler arası uyumlu; ekmek örneklerinde marka ve ekmek türüne bağlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar ve literatür çalışmaları karşılaştırılarak, ekmek örneklerinde Li düzeyinin toprak, sulama suyundan kaynaklı olarak unun yapısından ve unun üretildiği buğdaydan ve ekmek üretiminde kullanılan unun kepek kısmının bileşiminden etkilenebileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak lityumun alınımı açısından içme suyu ve ekmeğin diyete katkısı büyüktür. Ekmek ve içme suyunda bulunan düzeylerden kıyasla lityum gereksiminin diyetten karşılandığı görülmekle birlikte biyoalınabilirlik çalışmaları da gerekmektedir.

İçme suyunda lityum düzeylerinin insan sağlığı ile ilişkilendirildiği çalışmalar literatürde bulunmakla birlikte bu anlamda lityumun gıdalardan alınımının araştırılması için çalışmalar önem kazanmaktadır.

## KAYNAKLAR

**Anonim, 2007.** DPT, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013), Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Yayın No: DPT 2739- ÖİK 690, Ankara.

**Anonim, 2014.** İçme suyu kalite izleme formu, mart 2014 verileri. <http://www.buski.gov.tr/tr/kaliteizleme> (Erişim tarihi: 10.04.2014).

**Aral, H., Sadus, A.V. 2008.** Toxicity of lithium to humans and the environment—A literature review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70:349– 356.

**Assunção, L. A., Luz, J. M. R, Silva, M. C. S., Vieira, P. A. F., Bazzolli, D. M. S., Vanetti, M. C. D., Kasuya, M. C. M. 2012.** Enrichment of mushrooms: An interesting strategy for the acquisition of lithium. *Food Chemistry*, 134: 1123–1127.

**Benedetti, F., Radaelli, D., Poletti, S., Locatelli, C., Falini, A., Colombo, C., Smeraldi, E. 2011.** Opposite effects of suicidality and lithium on gray matter volumes in bipolar depression. *Journal of Affective Disorders*, 135 :139–147.

**Blüml, V., Regier, M. D., Hlavin, G., Rockett, I. R. H., König, F., Vyssoki, B., Bschor, T., Kapusta, N. D. 2013.** Lithium in the public water supply and suicide mortality in Texas. *Journal of Psychiatric Research* , 47(3):407–411.

**Cauwenbergh, R. V., Hendrix, P., Robberecht, H., Deelstra, H. 1999.**

**Chmielnicka, J., Nasiadek, M., 2003.** The trace elements in response to lithium intoxication in renal failure. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55: 178–183.

**Dinelli, E., Lima, A., Albanese, S., Birke, M., Cicchella, D., Giaccio, L., Valera, P., Vivo, B.D. 2012.** Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, 112:368-389.

**Ersoy, M. 2012.** Ekmek ve bazı unlu mamullerde HG-AAS ile selenyum analizi ve karşılaşılan analitik problemler. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.

**Gimou, M. M., Charrondière, U. R., Leblanc, J. C., Pouillot, R., Noël, L., Guérin, T. 2014.** Concentration data for 25 elements in foodstuffs in Yaoundé: The Cameroonian Total Diet Study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 34 :39–55.

**Giotakos, O., Nisianakis, P., Tsouvelas, G., Giakalou, V. V. 2013.** Lithium in the Public Water Supply and Suicide Mortality in Greece. *Biol Trace Elem Res*, 156:376–379.

**Harari, F., Ronco, A. M., Concha, G., Llanos, M., Grandér, M., Castro, F., Palm, B., Nermella, B., Vahtera, M. 2012.** Early-life exposure to lithium and boron from drinking water. *Reproductive Toxicology*, 34:552– 560.

**Helbich, M., Leitner, M., Kapusta , N. D. 2012.** Geospatial examination of lithium in drinking water and suicide mortality. *International Journal of Health Geographics* ,11:19.

**Helvacı, C., Mordoğan, H., Çolak, M., Gündoğan, İ. 2006.** Presence and Distribution of Lithium in Borate Deposits and Some Recent Lake Waters of West-Central Turkey. *International Geology Review*, 46 (2): 177-190.

**Hu, Q. 2012 .** Lithium: The Literature Regarding Its Uses in Chemistry, Psychiatry, and the Engineering of Materials and Batteries. *Science & Technology Libraries*, 31:190–199.

**İzgi, B. 2001.** Biyolojik ve gıda örneklerinde selenyum tayini ve fraksiyonlama (türlendirme) çalışmaları. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa.

**Kamienski, C.W., Daniel P. McDonald, M. W. Stark, and John R. P. 2000.** Lithium and lithium compounds:*Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. John Wiley & Sons.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0471238961.1209200811011309.a01/abstract>. (Erişim tarihi: 3.11.2014).

**Kapusta, N.D., Mossaheb, N., Etzersdorfer, E., Hlavin, G., Thau, K., Willeit, M., 2011.** Lithium in drinking water and suicide mortality. *British Journal of Psychiatry*, 198:346-350.

**Khouzam, R. B., Lobinski, R., Pohl, P. 2011.** Multi-element analysis of bread, cheese, fruit and vegetables by double-focusing sector-field inductively coupled plasma mass spectrometry, *Anal. Methods*, 3: 2115.

**Khouzam, R. B., Pohl, P., Ayoubi, B. A., Jaber, F., Lobinski R. 2012.** Concentrations of toxic and essential elements in Lebanese bread. *Pure Appl. Chem.*, 84, (2):181–190.

**Krebs, R. E. 2006.** The history and use of our earth's chemical elements: A reference guide. Westport, CT. Greenwood Press, U.S.A.,365 s.

**Leblanc, J. C. , Guérin, T., Noël, L., Tran, G. C., Volatier, J. L., Verger, P. 2005.** Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*, 22(7): 624–641.

**Nguyen, A., Bohle, D. S. 2004.** Selectivity and uptake of lithium . *Comments On Inorganic Chemistry*, 25: 129–146.

**Ohgami, H., Terao, T., Shiotsuki, I., Ishii, N., Iwata, N. 2009.** Lithium levels in drinking water and risk of suicide , *The British Journal of Psychiatry* , 194:464–465.

**Schäfer , U. 2012.** Evaluation of beneficial and adverse effects on plants and animals following lithium deficiency and supplementation, and on humans following lithium treatment of mood disorders .*Trace Elements and Electrolytes*, 29 (2):91-112.

**Schrauzer G. N. 2002.** Lithium: Occurrence, Dietary Intakes, Nutritional Essentiality. *Journal of The American College of Nutrition*, 21(1):14-21.

**Skoog, A. D., Holler, F. C., Nieman, T. A. 2007.** Enstrümental Analiz İlkeleri. Bilim Yayıncılık, Ankara, 849 s.

**Sugawara, N., Furukori, N.Y., Ishii, N., Iwata, N., Terao, T. 2013.** Lithium in Tap Water and Suicide Mortality in Japan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10: 6044-6048.

**Yerevanian, B., Koeka,R. J., Mintz, J. 2003.** Lithium, anticonvulsants and suicidal behavior in bipolar disorder. *Journal of Affective Disorders*, 73: 223–228.

**Ysart , G., Miller, P., Crews, H., Robb, P., Baxter, M., L'Argy, C. D., Lofthouse, S., Sargent, C., Harrison, N. 1999.** Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*, 16(9): 391 -403.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İlknur DEMİR  
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa- 27.09.1990  
Yabancı Dili : İngilizce  
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :  
Lise : Osmangazi Malcılar Lisesi (Y.D.A.)-2004-2008.  
Lisans : Uludağ Üniversitesi Kimya Bölümü – 2008-2012.  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Fen- Bilimleri Ens.- Kimya  
A.B.D. – Analitik Kimya Bilim Dalı -2013-2015.  
İletişim (e-posta) : İlknurdemir08@gmail.com