

T.C.



KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANA BİLİM DALI

**ASMA DALINDAN ELDE EDİLEN YENİ BİR AKTİF
KARBONUN YAPAY MİDE ORTAMINDA BAKIR VE
KURŞUN İYONLARI İÇİN ADSORPSİYON
YETENEĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yusuf İÇTÜZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2019



T.C.

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANA BİLİM DALI

**ASMA DALINDAN ELDE EDİLEN YENİ BİR AKTİF
KARBONUN YAPAY MİDE ORTAMINDA BAKIR VE
KURŞUN İYONLARI İÇİN ADSORPSİYON
YETENEĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yusuf İÇTÜZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ**

KIRŞEHİR / 2019

Bu çalışma 09/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Jüri Başkanı
Doç. Dr. Bekir Sıtkı ÇEVİRİMLİ
Gazi Üniversitesi
Teknik Bilimler M.Y.O



Danışman
Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Tıp Fakültesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ER ÇALIŞKAN
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Ziraat Fakültesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Bu çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri biriminin FEF.A3.17.008 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Yusuf İÇTÜZER

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Çalışmamın tamamlanmasındaki bilgi, birikim, yardım ve desteklerinden dolayı danışman hocam Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ'ye, Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ER ÇALIŞKAN'a ve aktif karbonu sentezleyerek karakterize eden ve çalışmalarımıza katkı sağlayan Prof. Dr. Mehmet ERDEM'e teşekkür ediyorum.

Eylül, 2019

Yusuf İÇTÜZER



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ŞEMA VE TABLO LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Bakır	3
2.1.1. Bakırın Temel Fonksiyonları	4
2.1.2. Bakır Metabolizması.....	5
2.1.3. Bakır Eksikliği	5
2.1.4. Bakır Fazlalığı ve Toksikasyonu	5
2.2. Kurşun	6
2.2.1. Kurşuna Çevresel ve Mesleki Maruziyetler	7
2.2.2. Kurşun Metabolizması.....	8
2.2.3. Kurşun Toksikasyonu	9
2.3. Eser Element Analiz Yöntemleri	10
2.3.1. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (FAAS).....	10
2.3.1.1. Işın Kaynakları	11
2.3.1.2. Atomlaştırıcılar	14
2.3.1.3. Monokramatör	16
2.3.1.4. Dedektör	16
2.3.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisinde Girişimler	16
2.3.2.1. Kimyasal Girişimler	17
2.3.2.2. İyonlaşma Girişimleri	17
2.3.2.3. Spektral Girişimler	18
2.3.2.4. Fiziksel Girişimler	18
2.3.2.5. Zemin Girişimleri	18
2.3.3. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisinde Nicel Analiz.....	20
2.3.3.1. Kalibrasyon Yöntemi.....	21

2.3.3.2..Standart İlave Yöntemi	21
2.4. Ağır Metallerin Sulardan ve Canlı Organizmadan Uzaklaştırılması Yöntemleri	22
2.4.1 Adsorpsiyon	22
2.4.1.1.Adsorpsiyon Kapasitesi, Adsorpsiyon Verimi ve Adsorpsiyon Modelleri	25
2.4.2.Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyonun Karşılaştırılması	26
2.4.3.Katı Faz Ekstraksiyon (SPE) Yöntemi	27
2.4.3.1.Çalkalama Tekniği (Kesikli Sistem)	28
2.5. Literatürde Yapılan Bazı Çalışmalar.....	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Cihazlar ve Malzemeler	34
3.2. Yapay Mide Ortamının Hazırlanması	34
3.3. Adsorbanın (ACVS) Sentezi ve Karakterizasyonu	35
3.4. Aktif Karbonla Yapılan Adsorpsiyon İşlemi	37
4. BULGULAR.....	39
4.1. Cihaz Parametreleri	39
4.2. Metal Tayinleri için Kalibrasyon Eğrisi.....	39
4.3. Cu(II) ve Pb(II) İyonlarının Adsorpsiyonu Üzerine Etki Eden Parametreler	40
4.3.1.Çözelti pH'ı	40
4.3.2.Temas Süresi	41
4.3.3.Adsorban Miktarı.....	41
4.3.4.Karıştırma Hızı	42
4.3.5.Diğer Bileşenler.....	43
4.3.6.Başlangıç Derişimi	43
4.3.7.Doğrusallaştırılmış Langmuir Adsorpsiyon İzotermi.....	44
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	46
KAYNAKLAR.....	50
EKLER	57
Ek 1	57
ÖZGEÇMİŞ	58

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. FAAS cihazının blok akış şeması	11
Şekil 2.2. Oyuk Katot Lambası	12
Şekil 2.3. Alevde Meydana Gelen Olaylar	15
Şekil 2.4. Standart ekleme eğrisi için grafik örneği.....	21
Şekil 3.1. HR CS-FAAS Cihazı	34
Şekil 3.2. ACVS FT-IR spektrumu.....	36
Şekil 3.3. ACVS'nin 700 °C ısıtılma işlemdeki SEM görüntüsü.....	37
Şekil 4.1. Cu(II) için kalibrasyon grafiği.....	39
Şekil 4.2. Pb(II) için kalibrasyon grafiği.....	40
Şekil 4.3. pH'ın Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi	40
Şekil 4.4. Temas süresinin Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi	41
Şekil 4.5. Adsorban miktarının Cu(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi.....	42
Şekil 4.6. Adsorban miktarının Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi.....	42
Şekil 4.7. Karıştırma hızının Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi	43
Şekil 4.8. Cu(II) ve Pb(II) iyonları için başlangıç derişiminin adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisi	44
Şekil 4.9. Cu(II) için Doğrusallaştırılmış Langmuir adsorpsiyon izotermi.....	45
Şekil 4.10. Pb(II) için Doğrusallaştırılmış Langmuir adsorpsiyon izotermi.....	45

ŞEMA VE TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Çok tüketilen bazı gıdaların içerdikleri bakır miktarları (mg/100g)....	3
Tablo 2.2.	Bakırla ilgili enzimler.....	4
Tablo 2.3.	Bakırla ilişkili proteinler ve fizyolojik görevleri.....	4
Tablo 2.4.	Türkiye’de Kurşunun Kullanım Alanları.....	7
Şema 2.1.	Kurşunun metabolizmadaki Üç-Kompartman Modeli.....	9
Tablo 2.5.	İnorganik kurşuna maruziyetin çocuklardaki etkileri ve bu etkilerin gözlemlendiği en düşük kan kurşun konsantrasyonları.....	9
Tablo 2.6.	İnorganik kurşuna maruziyetin yetişkinlerdeki etkileri ve bu etkilerin gözlemlendiği en düşük kan kurşun konsantrasyonları.....	10
Tablo 2.7.	FAAS’de kullanılan çeşitli alev türleri, sıcaklıkları ve yanma hızları.	15
Tablo 2.8.	Geleneksel metal uzaklaştırma yöntemleri ile bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları	22
Tablo 2.9.	Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki önemli farklar	27
Tablo 3.1.	NIOSH tarafından önerilen detaylı yapay mide ortamının bileşenleri.	35
Tablo 3.2.	ACVS’nin bazı fizikokimyasal özellikleri parametreleri.....	35
Tablo 3.3.	ACVS’nin elementel analiz sonuçları.....	36
Şema.3.1.	ACVS ile adsorpsiyon işleminde izlenen akış şeması.....	39
Tablo 4.1.	Pb(II) ve Cu(II) tayini için cihaz parametreleri.....	39
Tablo 4.2.	YMO’daki bileşenlerin Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi.....	43
Tablo 4.3.	Farklı Cu(II) iyon derişimlerinde adsorpsiyon kapasiteleri ve % adsorpsiyon verimleri	44
Tablo 4.4.	Farklı Pb(II) iyon derişimlerinde adsorpsiyon kapasiteleri ve % adsorpsiyon verimleri	44
Tablo 5.1.	Cu(II)’nın ve Pb(II)’nin adsorpsiyonu için bulunan en uygun deney değişkenleri.....	47
Tablo 5.2.	Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının ACVS üzerindeki adsorpsiyonu için Langmuir izoterm değişkenleri.....	48
Tablo 5.3.	Cu(II) iyonunun adsorpsiyonuyla ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen parametreler.....	49
Tablo 5.4.	Pb(II) iyonunun adsorpsiyonuyla ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen parametreler.....	50

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
C_o	: Başlangıçta Çözeltideki Analit Derişimi
C_d	: Denge Durumunda, Çözeltideki Analit Derişimi
d/d	: Karıştırma Hızı, Devir/Dakika
$dk.$: Dakika
K_L	: Adsorpsiyon Enerjisini İfade Eden Sabit
pH_{pzc}	: Adsorbanların Sıfır Yük Noktalasındaki pH'ı
R^2	: Korelasyon Katsayısı
Q_d	: Denge Durumunda, Birim Adsorbant Üzerine Adsorplanan Analit Miktarı
q_{max}	: Maksimum Adsorpsiyon Kapasitesi

Kısaltmalar	Açıklama
AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
AC	: Aktif Karbon
ACVS	: Asma Dalından Elde Edilen Aktif Karbon
AFS	: Atomik Floresans Spektrometresi
CC	: Kritik Konsantrasyonu
CCD	: Yük Bağdaşımli Aygıt
EKG	: Elektrokardiyografi
EPA	: Avrupa Parlemlenterler Örgütü
ETAAS	: Elektrotermal Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
FAAS	: Aevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
HA	: Humik Asidin
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HR CS-FAAS	: Yüksek Çözünürlüklü Sürekli Işın Kaynaklı Aevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ICP-MS	: İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ICP-OES	: İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
IQ	: Zekâ Katsayısı
M.Ö.	: Milattan Önce
NIOSH	: Amerikan Ulusal İş Güvenliğı ve Sağığı Enstitüsü
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskop
SPE	: Katı Faz Ekstraksiyon
UV	: Ultraviyole
WHO	: Dünya Sağığı Örgütü
YMO	: Yapay Mide Ortamında

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASMA DALINDAN ELDE EDİLEN YENİ BİR AKTİF KARBONUN YAPAY MİDE ORTAMINDA BAKIR VE KURŞUN İYONLARI İÇİN ADSORPSİYON YETENEĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Yusuf İÇTÜZER

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ

Bakır insanın metabolizması için önemli yere sahip olmasına rağmen yüksek dozajlarda toksik etki yapan bir ağır metaldir. Bakırla ilgili en ciddi zehirlenmeler, besin ve içme sularından oral yolla vücuda alınmasından kaynaklanmaktadır.

Kurşun, eser miktarda bile toksik etki yapabilen bir ağır metaldir. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve bu sebeple anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarını ortaya çıkarır.

Gıda ve sulardan veya diğer nedenlerle vücuda geçen bakır ve kurşunun insan vücuduna olan zararlı etkilerini azaltmak için aktif karbon kullanarak metabolizmadan katı faz ekstraksiyon (adsorpsiyon) tekniği ile atılması sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Fakat ağır metallerin düşük pH'daki mide ortamında kullanılan aktif karbona olan adsorpsiyon ilgisinin zayıf olması istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ağır metal zehirlenmelerinde alternatif olarak şelat kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Şelat ajanlarının pahalı olması ve istenmeyen etkilerin ortaya çıkması, düşük pH'da adsorpsiyon

yapan ve şelat ajanlarına göre daha inert olan aktif karbonun bu alanda kullanılmasını önemli kılmaktadır.

Bu çalışmada, ağız yoluyla vücuda giren bakır ve kurşunun, insan sağlığına olan toksik etkisini azaltmak için, katı faz ekstraksiyon tekniği ile yapay mide ortamından uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Adsorban olarak asma dalından elde edilen yeni bir aktif karbon (ACVS) kullanılmıştır. NIOSH (Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü) tarafından önerilen yapay mide ortamı hazırlanarak, kesikli sistemde en uygun adsorpsiyon parametreleri (pH, süre, karıştırma hızı, adsorban miktarı ve diğer bileşenlerin etkisi) incelenmiştir. Ağır metal analizleri Yüksek Çözünürlüklü Sürekli Işın Kaynaklı Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (HR CS-FAAS) ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimleri 10 mg/L ve adsorban miktarı 0,3 g olarak alınan çalışmalarda pH 3,5-6,5 aralığında Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının maksimum adsorpsiyon verimlerinin %100 olduğu belirlenmiştir.

Eylül 2019, 58 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, Aktif Karbon, Asma Dalı, Bakır, Kurşun, Yapay Mide

ABSTRACT

M. Sc. THESIS

THE INVESTIGATION ON ADSORPTION ABILITY OF NEW ACTIVATED CARBON FROM THE VINE SHOOTS (ACVS) FOR COPPER AND LEAD IONS IN SIMULATED GASTRIC MATRIX

Yusuf İÇTÜZER

Kırşehir Ahi Evran University

Graduate School of Sciences

Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ

Although copper has an important place for human metabolism, it is a heavy metal, which has toxic effects at high dosages. The most serious poisonings related to copper are caused by oral ingestion of food and drinking water.

Lead is a heavy metal that can produce toxic effects even in trace amounts. Lead is a kind of neurotoxin, and therefore it causes abnormal brain and nervous system functions.

In order to reduce the harmful effects of copper and lead to the human body from food and water or other reasons, elimination from metabolism by solid phase extraction technique (adsorption) using activated carbon is often a preferred method. However, the weakness of the adsorption relevance of heavy metals to the activated carbons used commercially in the gastric medium at low pH is an undesirable situation. This case highlights alternative use of chelates in heavy metal poisoning. Because of the high cost of chelating agents and the emergence of undesirable side effects, it is important to use new active carbon types, which are adsorbing at low pH and are more inert than chelating agents in this field.

In this study, it is aimed to remove copper and lead entering the body by mouth from the simulated gastric medium using solid phase extraction technique to reduce toxic effect on human health. A new activated carbon from the vine shoots (ACVS) was used as the adsorbent. The most suitable adsorption parameters (pH, duration, mixing speed, adsorbent amount and effect of other components) in the batch system were examined by preparing simulated gastric medium recommended by NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health). Heavy metal analyzes were performed by High Resolution Continuous Source Flame Atomic Absorption Spectrometry (HR CS-FAAS). In our studies, initial Cu(II) and Pb(II) ion concentrations were taken as 10 mg/L and adsorbent content was 0,3 g. The maximum adsorption efficiency of Cu(II) and Pb(II) ions in the range of pH 3,5-6,5 was determined to be 100%.

September 2019, 58 Pages

Keywords: Adsorption, Vine Shoots, Activated Carbon, Simulated Gastric Matrix, Copper, Lead

1. GİRİŞ

İnsan vücudunda, yüksek dozda çözünebilir bakır tuzlarının alınmasıyla, bakır kontamine olmuş su ve besinlerin kazara tüketilmesiyle veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu bakır zehirlenmesi gerçekleşir. Kronik bakır toksikasyonu ise bakır ile kontamine besin ve suyun tüketimi, bakırdan yapılmış pişirme kaplarından beslenme, dışılıkte çeşitli bakırlı ürünlerin kullanımı, fungusit ve pestisit gibi kimyasalların yiyeceklerde bıraktığı kalıntıların metabolize edilmesi gibi yollarla oluşabilmektedir. Ayrıca bakırca zengin toprakların bulunduğu bölgelerde yaşayan canlılarda ve genetik sebeplere (Wilson hastalığı) bağlı olarak da oluşabilmektedir. Bakırla ilgili en ciddi zehirlenmeler insanlarda ve hayvanlarda oral yolla öncelikle besin ve içme suyuyla bakırın vücuda alınmasından kaynaklanmaktadır.

Kurşun, eser miktarda bile toksik etki yapabilen bir ağır metaldir. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve bu sebeple anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarını ortaya çıkarır. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalara göre kandaki kurşun miktarının artışına bağlı olarak IQ seviyesinin düştüğü saptanmıştır.

Gıda ve sulardan veya diğer nedenlerle vücuda geçen bakır ve kurşunun insan vücuduna olan zararlı etkilerini azaltmak için aktif karbon kullanarak metabolizmadan katı faz ekstraksiyon (adsorpsiyon) tekniği ile atılması yaygın tercih edilen bir yöntemdir. Aktif karbon, sıvı ve gaz fazda bulunan tehlikeli bileşenlerin ortamdan uzaklaştırılmasında ve yok edilmesinde yaygın kullanılmaktadır. Ağız yolu ile oluşan zehirlenmelerde, toksinin vücuttan uzaklaştırılması için aktif karbon uygulamasına sıklıkla başvurulmaktadır. Aktif karbon, gözenekli yapısı nedeniyle kendi hacminin 10 katı toksik madde adsorplayabilir. Aktif karbon bağırsakta emilmeyen bir madde olduğundan toksik maddeyi de adsorplayarak onu emilmeyen bir duruma dönüştürür. Fakat ağır metallerin düşük pH'daki mide ortamında kullanılan aktif karbona olan adsorpsiyon ilgisinin zayıf olması istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ağır metal zehirlenmelerinde alternatif olarak şelat kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Şelat ajanlarının pahalı olması ve istenmeyen etkilerin ortaya çıkması, düşük pH'da adsorpsiyon yapan ve şelat ajanlarına göre daha inert olan aktif karbonun bu alanda kullanılmasını önemli kılmaktadır.

Bu çalışmada, ağız yoluyla vücuda giren bakır ve kurşunun, insan sağlığına olan toksik etkisini azaltmak için, katı faz ekstraksiyon tekniği ile yapay mide ortamından (YMO) uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Adsorban olarak asma dalından elde edilen yeni bir aktif karbon (ACVS - Activated Carbon from the Vine Shoots) kullanılmıştır. Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health) tarafından önerilen yapay mide ortamı hazırlanarak, kesikli sistemde en uygun adsorpsiyon parametreleri (pH, süre, karıştırma hızı, adsorban miktarı ve diğer bileşenlerin etkisi) incelenmiştir. Ağır metal analizleri Yüksek Çözünürlüklü Sürekli Işın Kaynaklı Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (HR CS-FAAS) ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimleri 10 mg/L ve adsorban miktarı 0,3 g olarak alınan çalışmalarda maksimum adsorpsiyona pH 3,5-6,5 aralığında ulaşılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bakır

Bakır doğada sıklıkla bulunan bir metaldir. Tüm canlılar için hayati elementlerin en önemlilerinden biridir. Bakır, insan vücudunda birçok metalloenzimin integral komponenti olan bir iz elementir. En çok karaciğerde bulunmakla birlikte, böbrek, kalp, kemik, kas, beyin ve saçta önemli miktarda bulunmaktadır [1-3].

Sağlıklı bir insan vücudunda toplam bakır miktarı 100-150 g arasındadır. Günlük bakır ihtiyacı erişkinlerde 2-3 mg, genç ve çocuklar da ise 0,8 mg'dır. Sağlıklı beslenen bir kişi bu ihtiyacını günlük gıdalarla rahatlıkla karşılayabilir. Tablo 2.1'de bazı gıdaların 100 gramında bulunan bakır miktarı belirtilmiştir. Tahıllardaki bakır miktarı yetiştirildiği toprağın bakır muhtevasına göre değişir. Sulardaki bakır miktarı ise kaynağa göre değişir [3,4].

Tablo 2.1. Çok tüketilen bazı gıdalardaki bakır düzeyleri (mg/100g) [4].

Gıdalar	Bakır	Gıdalar	Bakır
Kuru maya	4,98	Patates	0,21
Karaciğer	3,40	Pirinç	0,20
Pekmez	1,42	Ispanak	0,11
Taze üzüm	0,90	Makarna	0,11
Et	0,80	Yumurta	0,10
Balık	0,80	Marul	0,09
Maydanoz	0,49	Şeftali	0,09
Kuru kayısı	0,35	Lahana	0,08
Zeytin	0,34	Elma	0,07
Kuru üzüm	0,25	Bal	0,04
Ekmek	0,24	Süt	0,03
Taze fasulye	0,22	Peynir	0,02

Bakır, tabiatta mineral hali ile 200 den fazla formda bulunmakla birlikte bunların yalnızca 20 kadarı cevher olarak sanayi açısından önemlidir [5]. Bakır ve bileşikleri ilaç endüstrisi, elektrik endüstrisi, tarım, tıp, metalürji, inşaat sektörü gibi çok fazla kullanım alanı bulunan bir madendir [6].

Şebeke sularının arıtımında ve depolanmasında bakır tuzları kullanıldığından dolayı şehir şebeke suları, su kaynağına oranla daha fazla bakır içermektedir [7].

2.1.1. Bakırın Temel Fonksiyonları

Canlılarda bakır en çok Cu(II) halinde bulunur. Hemoglobin ve bağ dokunun metabolizmasında, yeni doğanlarda miyelin kılıfının oluşumunda, deri ve kıl pigmentasyonunda oluşumunda önemli fonksiyonlara sahiptir [8,9].

Çok sayıda enzimin yapısında bulunan bakır birçok olayda katalizör olarak görev yapar. Sitokrom C oksidaz bir bakır enzimidir ve elektron transport sisteminin terminal enzimidir. Süperoksitdismutaz bakır içeren bir enzimidir ve antioksidant savunma sistemi için kritik bir değer taşır. Lisiloksidaz tüm vücuttaki bağ dokularının oluşumunda ve fonksiyonunda rol oynayan hücre dışı bakır enzimidir. Trozinaz; saç, deri ve göz rengi, ultraviyole ışınına karşı koruma ve melanin pigmenti sentezinden sorumlu olan enzimidir. Ayrıca pıhtılaşmada görevli pıhtılaşma faktör V'de bakır içermektedir [10,11]. Bakırla ilişkili enzimler ve proteinler Tablo 2.2 ve 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Bakırla ilgili enzimler [12]

Enzim	Fonksiyon
Sitokrom C Oksidaz	Elektron transportu
Süperoksitdismutaz	Süperoksitdismutasyonu
Katesoloksidaz	Melanin sentezi
Protein-lizin 6 oksidaz	Kollojen ve elastinin çapraz bağlanması
Serüloplazmin	Ferooksidaz
Aminoksidaz	Primeraminler deaminasyonu
Dopamin-b-monooksijenaz	Dopamin-norepinefrin
Peptidilglisinmonooksijenaz	Neropeptinlerin amidasyonu

Tablo 2.3. Bakırla ilişkili proteinler ve fizyolojik görevleri [12]

Bakır Bağlayan Protein	Fizyolojik Rolü
Süperoksitdismutaz Metallothionein Ferrokdiaz-I	Radikallerin yok edilmesi
Ferrokdiaz-I Metallothionein Transküprenin Albümin	Metal taşınması
Ferrokdiaz-I Ferrokdiaz-II	Ferooksidaz aktivitesi
Adenozilhomosisteinaz	Adenozin ve homosisteinin sentezi
Faktör V ve VIII	Kan koagülasyonu

2.1.2. Bakır Metabolizması

Besinlerle bakır, midede ve ince bağırsakta emilir. Bağırsak lümenindeki bazı etmenler bu emilimi olumsuz etkilemektedir. Çinko, civa, molibden, gümüş, inorganik sülfatlar, lifli besinler ve fitatlar bağırsak mukozasındaki metallothionein, proteininin bakırı bağlama yeteneğini engellemektedir. Bağırsak tarafından emilen bakır dolaşıma girerken seruloplasmin proteinlere güçlü, seruloplasmin dışındaki proteinlere ise zayıf olarak bağlanır. Bağırsakta emilen bakır, bakır-albümin, bakır-histidin kompleksleri olarak karaciğere gelir. Burada vücudun gereksinimlerine göre ya metalloyonenin benzeri bakırlı bir protein olarak depo edilir ya da plazmada bakır taşıyan protein olan seruloplazmine bağlanarak dolaşıma verilir [2,13].

Bakırın %16'sı dışkı, %4'ü idrar, geri kalan %80'i ise safra yolu ile atılır [13].

2.1.3. Bakır Eksikliği

Bakır eksikliği, genelde erken doğanlarda, çocuklarda, yetersiz beslenenlerde, kronik ishallilerde ve düşük bakır içeren diyetle uzun süre beslenenlerde sık görülür [3].

Menkes hastalığı bakır emilimi ve taşınmasındaki bozukluk ve bakır bağımlı enzimlerin aktivitelerindeki bozukluktan ortaya çıkmaktadır [14]. Yeni doğan bebeklerde cinsiyete bağlı resesif geçişli olarak görülür. Bu hastalık büyüme geriliği, saçlarda defektif keratinasyon ve pigmentasyon, hipotermi, zeka geriliği, nöbetler, vaskülerdefekt ve iskelet değişiklikleri ile karakterizedir [4].

Ayrıca bakır eksikliğinin, ateroskleroz, koroner kalp hastalığı riskini arttırdığı, kardiyak lezyonlara, hipertrofiye, anormal EKG bulgularına, hiperlipidemide ve kan basıncı değişikliklerine neden olduğu ileri sürülmektedir [15].

2.1.4. Bakır Fazlalığı ve Toksikasyonu

Bakır göze temas, sindirim ve solunum yolu ile insana zarar vermektedir. Bakır tozu göze temas ettiğinde, gözde yaşarma, korneada bozulma ve görmede bulanıklaşma gibi olumsuz neticeleri olmaktadır [16].

Havadaki bakır oranı çok düşük olduğundan insana zarar verecek konsantrasyonda değildir. Havada istenen maksimum bakır konsantrasyonu 1 mg/m³ dür. Bu değer ortalama yaşantımızda maruz kaldığımız havada 0,2 mg/m³ dür. Bunun yanında bakır madenlerinde

ve sanayide bakırın işlenmesi gibi bakır sektöründe çalışan kişiler, yüksek oranda bakıra maruz kalmaktadırlar. Bu ve benzeri sebeplerle solumun yoluyla alınan yüksek miktardaki bakır “metal ateşi” bulguları verir [1].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gıdalarda bulunabilecek maksimum bakır miktarını 0,1-5,0 mg/kg olarak belirlenmiştir. Normal beslenen insanlarda bakır eksikliği görülmediği gibi fazlalığı da görülmemektedir. Su şebekesinde bakır ekipman kullanan konutlarda oturan kişiler, bakırın oksitlenmesi sonucu suya geçmesiyle bakıra maruz kalabilmektedirler. Ayrıca mutfakta kullanılan bakır kaplarından da çok iyi bir şekilde kalaylanmadığı takdirde bakır zehirlenmesine yol açabilir [1].

Epotolitiküler dejenerasyon olarak da bilinen Wilson hastalığı, bakırın safrayla atılımının azalması sonucu karaciğer başta olmak üzere dokularda patolojik olarak bakır toplamasıdır. Klinik bulguları tutulan organlara özgüdür [2,13]. Karaciğerde bakır konsantrasyonunun arttığı durumlarda talasemi (Akdeniz anemisi), hemokromatozis, siroz, karaciğer atrofisi (zayıflaması), tüberküloz (verem) ve kanser hastalıkları görülmektedir [17].

Çeşitli klinik bulgular olmasına rağmen bakır fazlalığında kesinleşen bir bulgu, hemolitik anemidir. Hemolizin şiddeti, serum düzeyindeki eritrosit bakır içeriğinin fazlalığı ile ilgilidir [18].

Ayrıca alzhemir hastalıklarında bakırın toksik etkisi halen araştırılmaktadır [19].

2.2. Kurşun

Kurşun gri-beyaz renkli, saf halde parlak görünümlü, nemli havada kolayca oksitlenerek yüzey kısmında mat bir plaka oluşturan, korozyona dayanıklı, kolayca şekillendirilebilen bir ağır metaldir. Çeşitli alaşımlar meydana getirebilme kabiliyetinden dolayı ilk çağlardan beri kullanılan kurşunun, M.Ö. 3000 tarihinden itibaren farklı amaçlar için şekillendirildiği bilinmektedir [20]. Kurşuna olan gereksinimin her geçen gün artmasına bağlı olarak kullanım alanları ve tüketim miktarı artmıştır. Yalnızca Kuzey Amerika’da yıllık 9 milyon ton kurşun arıtılmakta, bu işlem sırasında 600 bin ton kurşunun çevreye salındığı bilinmektedir [21].

2.2.1. Kurşuna Çevresel ve Mesleki Maruziyetler

Doğada az ama yaygın bulunmasından dolayı, kırsal bölgede bulunan insanlar dahi, su ve besinlerle birlikte günlük birkaç yüz mikrogram kurşun alırlar. Kentlerde buna endüstriyel atıklardan yayılan kurşunda eklenir. Bu nedenle, meslek gereği kurşunla ilişkisi bulunmayanlarda bile, kandaki kurşun miktarı üst sınıra ulaşmaktadır [21].

Sosyal Sigortalar Kurumu İstatistik Yıllıklarına bakılacak olursa, meslek hastalıkları yönünden kurşun zehirlenmesi, olgularının hep ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir [22].

Günümüzde kurşun ve bileşikleri başlıca boya, seramik, porselen, vulkanize kauçuk endüstrisinde, matbaacılıkta, kurşun boruların yapımında, insektisit olarak (kurşun arsenat), plastisifiyan olarak ve çocuk oyuncaklarının yapımında kullanılır. En yaygın kullanım alanı kurşunlu akümülatör yapımıdır [20].

Tablo 2.4. Türkiye’de Kurşunun Kullanım Alanları [23]

Kullanıldığı yer	Kullanım Oranı %
Ulaştırma (Akümülatör)	45-65
İnşaat Endüstrisi	16-17
Harp Endüstrisi	5-6
Elektroteknik	5-8
Ambalaj	4-5
Kimya (Boya)	2-3
Diğer Kullanım Alanları	8-16

Kurşunun yiyecek, içecekler ve havadaki varlığı insan sağlığı için ciddi risk oluşturmaktadır. Özellikle 6 yaşından küçük çocuklar, nörolojik ve fizyolojik olarak henüz gelişim döneminde olmalarından dolayı en büyük risk grubunda bulunurlar [20].

Yeraltı ve yüzey sularında kurşun oranı genellikle düşüktür. Ancak şehir dağıtım şebekesine girdiği zaman bu oran artabilmektedir. Kurşun içeren soğutucular, pirinç çeşme ve servis hat boruları, bakır borularda kullanılan kurşun lehimler ve diğer eşyalar kurşun kontaminasyonuna sebep olabilmektedir. WHO, 1993’de içme suyunda mücade edilen kurşun oranını 50 µg/L’den 10 µg/L’ye düşürmüştür [23]. WHO verilerine göre bu değer halen güncelliğini korumaktadır [24].

EPA’ya göre havadaki kurşun miktarının üç aylık ölçümlerinin ortalaması 1,5 µg/m³’ü geçmemelidir [20].

Kozmetik amaçlı kullanılan geleneksel ürünler de kurşun içerebilir. Göz makyajı için kullanılan “sürme” veya “kohl” denilen geleneksel ürünler %16-80 civarında kurşun içermektedir [25]. Ülkemizde saç boyalarında kullanılan kurşun asetata %0,6 oranında müsaade edilmektedir [23]. Cilt yoluyla kurşun maruziyetinin solunum ve sindirim yoluyla maruziyete kıyasla daha az önemli olduğu bilinmektedir [26].

2.2.2. Kurşun Metabolizması

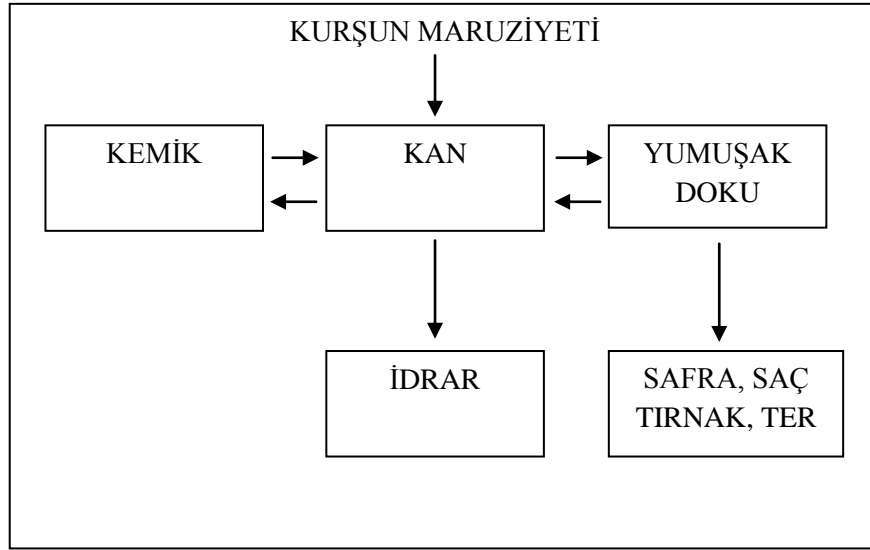
İnorganik kurşun, vücuda özellikle yutarak veya solunum yoluyla girer ve biyolojik transformasyona uğramaz. Buna karşın organik kurşun vücuda solunum yoluyla, yutarak veya deriden girer ve karaciğerde suda eriyen kurşun trialkillere çevrilir. Bunlar sindirim sistemine özel bir afinite gösterir [23].

Kurşunun en önemli giriş yolu solunumdur. Kurşun buharı ve tozları solunum yoluyla akciğere ulaşır ve akciğerden kana karışır. Solunum yoluyla alınan kurşunun kana geçme oranı %30-40 civarındadır [27]. Kurşun tozu partiküllerinin absorpsiyonu partikül büyüklüğüne ve çözünübilirliğine bağlıdır [23]. Bireyin solunum kapasitesi, toz aerosollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri de maruziyetin etkisi için önemlidir [28]. Alveollere kadar inemeyen iri partiküllerin bir kısmı mukozoda erir bir kısmı ise siliaların hareketiyle geri atılır. Kalanlar ise yutulmak suretiyle sindirim sistemine girer [20]. Gastrointestinal kanaldan adsorpsiyon ise vücuttaki kalsiyum, demir, yağ ve protein seviyelerine bağlı olarak değişir. Kalsiyum, D vitamini, bakır ve demir eksiklikleri kurşunun mide-bağırsak kanallarından emilimini artırır.

Besin maddelerindeki veya içme sularındaki kurşunun alınmasıyla ya da kaza ile kurşuna maruz kalınmasıyla kurşun sindirim sistemine girer [27]. Oral yolla alınan kurşunun büyük kısmı feçesle atılır. Bağırsaklardan emilen kurşunun %10'u karaciğerden kan dolaşımına geçerken, %90'ı safra tuzlarıyla safra kanalı aracılığıyla sindirime geri döner ve feçesle atılır [29].

İnorganik kurşun metabolize olamaz ve direk adsorplanır, vücutta dağılır ve atılır. Kurşun kan sistemi, yumuşak doku ve mineralize doku olmak üzere Şema 2.1'de verilen Üç-Kompartman Modeline göre dağılım gösterir.

Kurşun kan sisteminin yanı sıra yumuşak doku olarak böbrek, karaciğer, beyin ve kemik iliğinde; mineralize doku olarak da kemik ve dişlerde bulunur. Dolaşıma karışan kurşunun %90'ından fazlası eritrositlere, az bir kısmı ise plazma proteinlerine bağlanır [20].



Şema 2.1. Kurşunun metabolizmadaki Üç-Kompartman Modeli [20]

2.2.3. Kurşun Toksikasyonu

Kurşun toksikasyonu, akut ve kronik olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilir. Belirtileri spesifik olamamakla birlikte, inorganik kurşuna maruziyet sonrası ortaya çıkan toksik etkiler birçok organ sistemini ve biyokimyasal aktiviteyi etkilemektedir. İnorganik kurşuna maruziyetin çocuklarda ve yetişkinlerdeki etkileri ve bu etkilerin gözlemlendiği kan kurşun konsantrasyonları Tablo 2.5 ve 2.6’de verilmiştir [26].

Tablo 2.5. İnorganik kurşuna maruziyetin çocuklardaki etkileri ve bu etkilerin gözlemlendiği kan kurşun konsantrasyonları [26]

Kandaki Kurşun Konsantrasyonu (µg/dl)	Etkiler
0-10	İşitme Geriliği Gelişme Geriliği Transplental Transfer
10-20	Sinir İletim Hızında Düşme Eritrosit Protoporfirini Yükselmesi Davranışsal Toksikasyon
20-30	IQ Düşmesi
30-40	D Vitamini Metabolizması
40-50	Hemoglobin Sentezinde Azalma
50-100	Kolik
100-150	Ensefalpati Nefropati Anemi Ölüm

Tablo 2.6. İnorganik kurşuna maruziyetin yetişkinlerdeki etkileri ve bu etkilerin gözlemlendiği kan kurşun konsantrasyonları [26]

Kandaki Kurşun Konsantrasyonu (µg/dl)	Etkiler
0-10	Hipertansiyon
10-20	Kadınlarda Eritrosit Protoporfirini
20-30	Erkeklerde Eritrosit Protoporfirini Sistolik Kan Basıncında Düşme İşitme Geriliği
30-40	Periferel Nöropatiler İnfertilite Nerfopati
40-50	Hemoglobün Sentezinde Azalma
50-100	Erken Ölüm Ensefalpati Anemi
100-150	Ölüm

2.3. Eser Element Analiz Yöntemleri

Günümüzde eser metallerin analizleri için güvenilir, doğru, tekrarlanabilir sonuçların alınabildiği, rutin analizler için uygun, seçiciliği yüksek, hızlı ve ekonomik olan yeni analiz tekniklerinin geliştirilmesi çalışmaları yoğun bir şekilde devam etmektedir. Bu tekniklerden en yaygın kullanılanları; Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS), Elektrotermal Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (ETAAS), Atomik Floresans Spektrometresi (AFS), İndüktif olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES), İndüktif olarak Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS), Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC), X-Işını Absorpsiyon Spektrometresi ve X-Işını Floresans Spektrometresi teknikleridir [30].

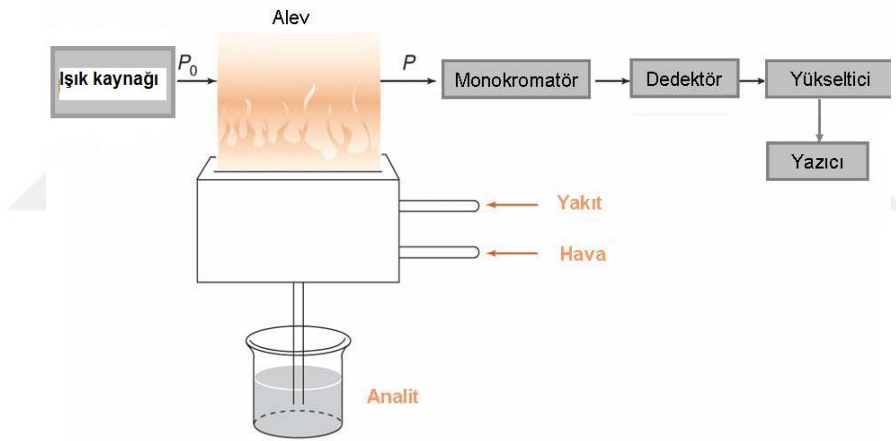
Seçiciliği, basitliği ve kolaylığından dolayı analitik uygulamalarda Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) en çok tercih edilen tekniklerin başında gelmektedir.

2.3.1. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (FAAS)

FAAS; elektromanyetik spektrumun ultraviyole (UV) ve görünür bölgesinden seçilen ışımın, gaz haline getirilmiş temel enerji düzeyindeki atomlar tarafından absorplanması ilkesine dayanır.

Işıma şiddetindeki azalma ortamda absorpsiyon yapan türlerin derişimi ile doğru orantılıdır. Farklı derişimlerdeki bir dizi analit çözeltileri için okunan absorbans değerlerinin derişime karşı grafiğe geçirilmesiyle elde edilen kalibrasyon grafiğinden yararlanılarak nicel analiz yapılır. Atomlar tarafından absorplanan ışının dalga boyu, her element türü için karakteristiktir. Hangi dalga boyunda absorpsiyon yapıldığına bakılarak karışımdaki maddelerin nitel analizi gerçekleştirilir.

70'ten fazla elementin nicel analizi için AAS duyarlı bir yöntem olarak kullanılmaktadır. AAS'nin en önemli kısımları; analite özgü dalga boyunda ışın yayan bir ışın kaynağı, örnek çözeltilisinin atomik buhar haline getirildiği atomlaştırıcı, çalışılan dalga boyunu diğer dalga boylarından ayıran monokromatör ve ışın şiddetinin ölçüldüğü dedektördür. Şekil 2.1'de FAAS cihazının blok akış şeması verilmiştir.



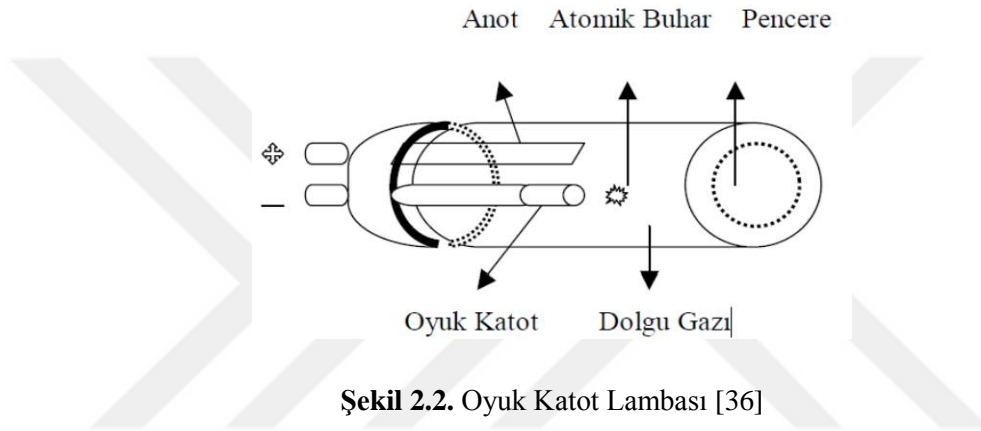
Şekil 2.1. FAAS cihazının blok akış şeması [36]

2.3.1.1. Işın Kaynakları

Oyuk Katot Lambası; düşük basınçta (bir kaç mmHg) neon veya argon gibi inert bir gaz ile doldurulmuş silindirik bir tüptür. Katot yaklaşık 1 cm çapında oyuk silindir biçiminde olup, ya analiz elementinin çok saf metalinden veya uygun bir alaşımından yapılmıştır. Anot ise nikel veya tungstenden yapılmış bir teldir. Uygulanan gerilim ve akımla oluşan boşalım sonucu lamba içinde yeterli enerjiye sahip inert gaz iyonları meydana gelir. Bu iyonlar katoda çarparak, yüzeyinde metal atomlarını koparırlar ve bir atom bulutu oluştururlar. Bu atomların bir kısmı iyon ve elektronlarla çarpışarak uyarılır ve temel seviyeye dönerken katotdaki elementin karakteristik spektrumunu yayarlar. İntert

gazın cinsi ve basıncı, katot maddesinin seçimi, uygulanan gerilim ve akım, lamba spektrumunun şiddeti, hat genişliği üzerinde önemli rol oynarlar.

Emisyon spektrumu saf olması, yani söz konusu element dışında başka spektrum vermemesi için oyuk katot lambalarının katotları çok saf metalden yapılmalıdır. En saf metal elektroliz ile oluşturulacağından katot muhtemelen biraz absorbe olmuş hidrojen içerebilir özellikle lamba eskidikçe ortamda hidrojen görülmeye başlar. Ortamda hidrojen varsa hidrojenin düşük uyarılma gerilimi ortamın uyarılma enerjisini azaltır ve lambanın parlaklığı azalır. Ayrıca hidrojen UV bölgede çok şiddetli sürekli spektrum verir. Bu zemin ışması tayin elementinin yaptığı ışmayı relatif olarak zayıflattığı için duyarlılık azalır.



Şekil 2.2. Oyuk Katot Lambası [36]

Lambanın emisyon şiddeti, akım şiddeti ile arttığından bu yolla duyarlılığın artırılabilceği düşünülürse de bu mümkün olmaz. Çünkü akım şiddetinin artması ile, uyarılan atomların yaptıkları ışmanın, katodun hemen önünde temel seviyede bulunan metal atomları tarafından zorlanması olayı olan self-absorpsiyon ve Doppler genişmesi artar duyarlılık azalır. Bu sebeple uygun lamba akımı seçilmelidir.

Emisyon şiddetini arttırmak için Sullivan ve Walsh tarafından önerilen yüksek ışımalı oyuk katot lambaları, normal katot yanında, üstü toprak alkali karbonatları ile kaplı yardımcı katot içerirler [31]. Yardımcı katodun görevi ortama elektron vererek uyarılmayan atomları bu elektronlarla uyarmaktır. Bunun sonucunda self absorpsiyon azalmış olur. Yalnız ikinci bir güç kaynağını gerektirmesi, yapım güçlüğü ve kararlılığa geç ulaşması gibi sebeplerle yüksek ışımalı oyuk katot lambalarının kullanımı sınırlıdır.

Buhar Boşaltım Lambaları; lamba içinde buhar halinde bulunan analiz elementinden akım geçirilmesi ile emisyon yaparlar. Civa, talyum, çinko, kadmiyum gibi çok uçucu metaller buhar boşaltım lambaları kullanılarak tayin edilebilir. Uyarma lambaya uygulanan

elektrik akımı ile sağlanır. Uygulanan akım oyuk katot lambasına uygulanandan fazladır. Bu tür lambalarda self-absorpsiyon yüksektir. Bunu önlemek için, uygulanan akım düşürülmesi lambanın kararlılığı bozar. Oyuk katot lambalarının geliştirilmesi ile bu lambalar atomik absorpsiyon analizlerinde önemlerini kaybetmişlerdir.

Elektrotsuz Boşaltım Lambaları; düşük basınç altında 1-2 mg analiz elementi ve inert bir gaz içeren kuartz veya cam tüpten oluşmuştur. Tüp yüksek frekans altına yerleştirilir. Alan etkisi ile, asal gaz da sağlanan boşaltımla oluşan elektronların element atomları ile çarpışmaları sonucu uyarma gerçekleşir. Elektrotsuz boşaltım lambaları emisyon şiddetlerinin yüksek ve genişlemesinin küçük olması kararlı boşaltım vermesi ve vakum UV bölgede kullanabilmeleri gibi üstünlükler gösterir [32]

Sürekli Işın Kaynakları; Son zamanlarda tüm analitlerin tayini için gerekli bütün dalga boylarında ışınlar üretebilen, sürekli ışın kaynağı olarak 185-900 nm arasında şiddetli ışın yayan ksenon ark lambasının kullanıldığı tek lambalı HR CS-FAAS cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar sayesinde lamba maliyetleri düşmüş ve tek lamba ile ardı ardına alevli ve hidrürlü sistemde çoklu element analizleri mümkün olmuştur [33]. Dalga boyuna/piksele karşı absorpsiyon spektrumunda dedektör sistemiyle analitik hattın 0,3 nm'lik alan içerisindeki çevresi görüntülenmekte; böylece yöntem geliştirmede spektral girişimler tespit edilebilmektedir [34]. Çok kısa zamanda oluşup bozulan bazı radyoaktif elementlerin oyuk katot lambaları üretilemediğinden, bu tür elementlerin de tayini ile izotop elementlerin karakteristik dalga boylarında analizleri de HR CS-FAAS ile mümkün olmaktadır. Bazı donanımlar kullanılarak fosfor, kükürt ve halojenler gibi ametallerin tayini gerçekleştirilebilmektedir. Sürekli ışın kaynağı kullanılan sistemlerdeki element tayinlerinde yaşanan en önemli sorun, kaynaktan gelen ışının emisyon hattının, analit absorpsiyon hattından daha geniş olması; bunun sonucunda analit iyonlarının gelen ışının çok az bir kısmını absorplamasıdır. Günümüzde bu sorun yüksek çözünürlüklü double-echelle monokromatörlerin geliştirilmesiyle çözülmüştür. Bu monokromatör 200 nm'de 2 pm çözünürlüğe sahip olduğundan analitin absorpsiyon hattını net bir şekilde ayırabilmekte ve bunu foto diyot serisine sahip yüksek UV duyarlı yük bağdaşımli aygıt (CCD - charge coupled device) detektöre aktarabilmektedir. HR-CS FAAS'de klasik FAAS'lere göre daha düşük zemin sinyali ve daha yüksek analit sinyali elde edilerek, tayini yapılacak elementler için tayin sınırı yaklaşık 5-7 kat azaltılmıştır [35].

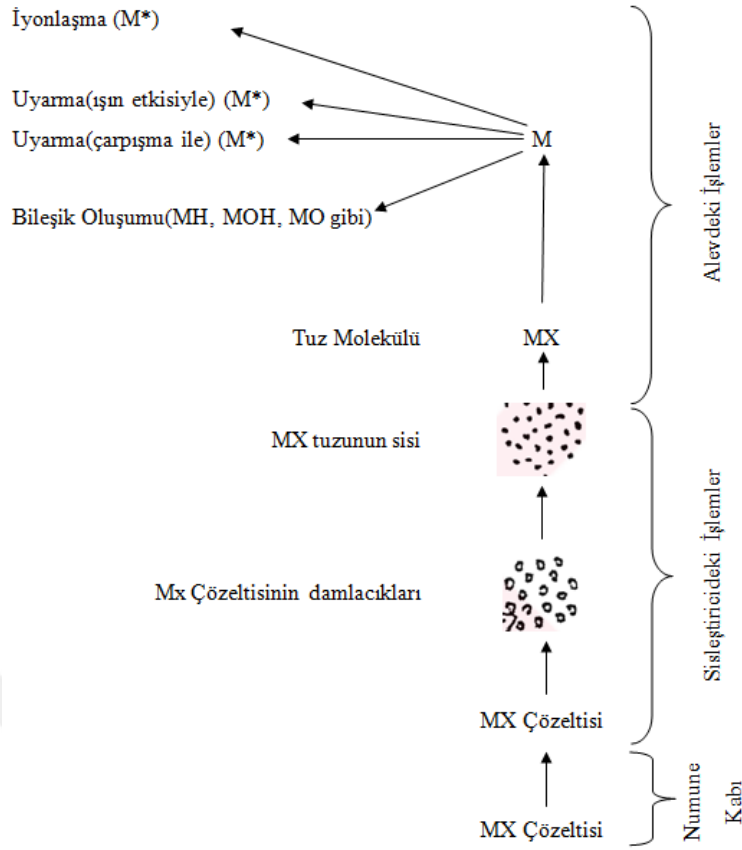
2.3.1.2. Atomlaştırıcılar

Atomlaştırıcıların görevi, numunede bulunan molekül ve iyonlardan, analiz elementinin temel haldeki atomlarını oluşturmaktır. AAS'de bu işlem çok önemlidir, çünkü atomlaştırıcının çalışma şartları elementin atomlaşma verimini etkiler. Elementin atomlaşma verimi ise analiz duyarlılığını belirleyen önemli bir faktördür.

Atomlaştırıcılar, alevli ve alevsiz olmak üzere ikiye ayrılır.

Alevli Atomlaştırıcılarda, numune çözeltisi havalı sisleştirci ile aleve püskürtüldüğünde önce çözücü buharlaşarak çözelti damlacıkları kurur ve katı tanecikler oluşur. Çözücünün buharlaşma hızı, damlacıkların büyüklüğüne ve çözücünün türüne bağlıdır. Katı tanecikler alevin sıcaklığına bağlı olarak çeşitli değişikliklere uğrarlar. Organik maddeler yanar inorganik maddeleri ise birbirleri ile veya alevdeki gazlar ile reaksiyona girerler. Çözeltideki taneciklerin buharlaşmasından sonra, oluşan gaz molekülleri ısı etkisi ile atomlarına ayrılır. Bu ayrılma olayı bir denge reaksiyonu olup buna paralel yürüyen birçok reaksiyon da söz konusu olduğundan alevdeki olaylar çok karmaşıktır. Bu olaylar Şekil 2.3'de şematik olarak verilmiştir [31].

Alevde sıcaklığa bağlı olarak denge reaksiyonları sonucunda oluşan ürünler, atomlar, radikaller, iyonlar ve moleküller şeklinde olabilir. Ayrıca bileşenlerin kısmi basıncı da atomlaşma da etkilidir. Olumsuz yönde olan bu etki, uygun alev gazlarını seçimi ile gidebilir. Uygun gaz karışımı seçiminde kimyasal reaksiyonlar dikkate alınmalıdır. Gaz karışımı atom oluşumunu azaltıcı reaksiyonlar vermemelidir. Diğer taraftan sıcaklığa bağlı olan iyonlaşmaları önlemenin yolu da uygun gaz karışımının seçimidir. Sıcaklık öyle olmalıdır ki, hızla atomlaşmayı sağlamalı fakat iyonlaşma yapmamalıdır. Alevdeki atomlaşma olayını etkileyen diğer faktörler arasında alevde kalma süresi ve alevin yanma hızı sayılabilir [31]. Atomik absorpsiyon çalışmalarında kullanılan alev türleri Tablo 2.7'da gösterilmiştir [36].



Şekil 2.3. Alevde Meydana Gelen Olaylar [31]

Tablo 2.7. FAAS’de kullanılan çeşitli alev türleri, sıcaklıkları ve yanma hızları [36]

Yanıcı	Yakıcı (Yükseltgen)	Sıcaklık	Maksimum Yanma Hızı (cm/s)
Doğal gaz	Hava	1700-1900	39-43
Doğal gaz	Oksijen	2700-2800	370-390
Hidrojen	Hava	2000-2100	300-440
Hidrojen	Oksijen	2550-2700	900-1400
Asetilen	Hava	2100-2400	158-266
Asetilen	Oksijen	3050-3150	1100-2480
Asetilen	Nitröz oksit	2600-2800	285

Alevsiz Atomlaştırıcılar (Elektrotermal): AAS ile rutin analizlerde numunenin atomlaştırılmasında çoğunlukla alev kullanılır. Duyarlılık ve gözlenebilme sınırının daha iyi olması, numunenin ekonomik olarak kullanılma zorluğu ve alev tekniklerindeki bazı sınırlamalar, alev yerine elektrotermal atomlaştırıcıların geliştirilmesine sebep olmuştur. Elektrotermal atomlaştırıcılar, ısıtılan grafit fırınlar ve flamanlar, numune kayıkçıları ve metal flamanları şeklindeki atomlaştırıcılardır. Elektrotermal atomlaştırıcıların yapımı aleve nazaran daha zor ve pahalıdır. Ayrıca ikinci bir güç kaynağı gerektirir. Grafit fırının uçlarına uygulanan düşük gerilim ve yüksek akım ile ısıtma sağlanır ve sıcaklık

programlanabilir. Grafitin yanmaması için ortamdan sürekli olarak inert bir gaz geçirilir. Çok az numune kullanılması, alevle püskürtülmesi zor olan viskoz sıvıların kolayca analiz edilebilmesi, zemin sinyali küçük olduğundan, sinyal/gürültü oranının büyük olması sebebiyle gözlenebilme sınırının daha düşük olması, atomik buharın analitik hacim içerisindeki alıkonma süresinin artmasında dolayı duyarlılığın alevle göre 10^4 - 10^5 kat daha fazla olması, elektrotermal atomlaştırıcıların alevli atomlaştırıcılara üstünlüklerindedir [31].

2.3.1.3. Monokramatör

Spektroskopik yöntemler için, cihaz kalitesi doğrudan monokramatörün spektral band genişliğine en az bağlı olan cihaz AAS'dir. AAS'de kullanılan monokramatörün başlıca görevi, çalışılan elementin analiz hattını, ışın kaynağının yaydığı diğer emisyon hatlarından ayırmaktır.

2.3.1.4. Dedektör

AAS'de ışın sinyalini elektrik sinyaline çevirmek için fotoçoğaltıcılar kullanılır. Fotoçoğaltıcılar bir anot, ışığa duyarlı bir katot (fotokatot) ve dinotlardan oluşan bir vakum fotoselidir. Fotokatot yüzeyine çarpan ışın tarafından koparılan bir fotoelektron, birinci dinoda doğru çekilir ve dinot üzerine gerilimle orantılı bir kinetik enerji ile çarpar.

Bunun sonucunda birinci dinot üzerinden çok sayıda ikincil elektronlar fırlatılır ve ikincil elektronlar hızlandırılarak ikincil dinoda çarparak çok daha fazla sayıda elektron fırlatılır ve bu işlem böylece devam eder. Sonuçta akım kuvvetlendirilmiş olur. Bu fotoçoğaltıcının kuvvetlendirme kapasitesi uygulanan gerilime bağlıdır.

2.3.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisinde Girişimler

Nicel analizlerde numunenin standart ile karşılaştırılması yapıldığı için atomik absorpsiyon spektroskopisi bağıl bir yöntemdir. Bu sebeple numunenin standart maddeden farklı bir özelliğe sahip olması girişimlere yol açar. Girişimler kaynaklarına göre kimyasal, fiziksel iyonlaşma, zemin ve spektral girişimler olarak sınıflandırılır. Fiziksel ve kimyasal girişimler, birim hacimde oluşan temel haldeki atom sayısını etkilerken zemin ve spektral girişimler doğrudan sinyale etki eder.

2.3.2.1. Kimyasal Girişimler

Kimyasal girişim, analiz elementinin tam olarak atomlaşmasını önleyen herhangi bir bileşik oluşumu ile ortaya çıkar. Analiz elementinin zor çözünen veya güç atomlaşan kararlı bir tuzunun oluşumu, düşük atomlaşmaya yol açar. Ayrıca atomlaşma ortamında bulunan radikaller veya yabancı atomlar, analiz elementi ile reaksiyona girerek elementin atomlaşma ortamında yeteri kadar kalmasına engel olurlar. Daha çok alevde karşılaşılan bir durum da, serbest metal atomları ile alevin yanma ürünlerinin birleşmesi sonucu oksitler (veya oksit radikalleri), hidroksitler (veya hidroksit radikalleri), karbürler veya nitrürlerin oluşmasıdır.

Kimyasal girişimin yok edilmesi için ilk akla gelen yöntem uygun bir atomlaştırıcının kullanılmasıdır. Fakat özellikle alev ile çalışıldığında uygun bir atomlaşma için fazla seçenek yoktur.

Birçok kimyasal girişim, alev veya grafitte fırının sıcaklığını arttırarak veya kimyasal çevreyi değiştirerek yok edilebilir. Eğer bu yöntemler herhangi bir sebepten dolayı uygulanamazsa kimyasal yollara başvurulur. Bu amaçla üç yöntem kullanılır;

- Standart çözeltilere girişim yapan iyonlardan eklenir veya numune ve standart matriksi birbirine benzetilir.
- Girişimi yapan anyon, numune çözeltilisine aşırı miktarda eklenen başka bir katyon ile bağlanır.
- Tayin edilecek element çeşitli fiziksel işlemlerle numunedan ayrılır. Ekstraksiyon, iyon değiştirme, adsorpsiyon gibi ayırma metotları uygulanabilir.

Kimyasal girişimin etkisini azaltmanın en iyi yollarından biri de standart ekleme yöntemidir.

2.3.2.2. İyonlaşma Girişimleri

Atomlaştırıcılarda, elementler sıcaklığa ve iyonlaşma gerilimine bağlı olarak iyonlaşabilir. İyonlaşma sonucu temel seviyedeki atom sayısı azalacağından tayin elementinin sinyali gerekenden küçük olur.

İyonlaşma girişimlerini önlemek için iki yöntem vardır. Birinci yöntemde söz konusu element daha düşük sıcaklıktaki bir alevde atomlaştırılabilir. Bu yöntem alkali elementler için uygundur. Çünkü bu elementler hava-asetilen alevinde iyonlaşabildiği halde, daha soğuk olan hava-hidrojen alevinde hemen hemen hiç iyonlaşmaz. Fakat bu yöntem bütün elementler için uygun değildir. Çünkü soğuk alevde atomlaşma da azalır. İkinci yöntemde ise, ortama kolay iyonlaşabilen bir başka element ilavesi ile elektron yoğunluğu artırılarak, $H \leftrightarrow H^+ + e^-$ tepkimesindeki denge sola kaydırılır. Bu amaçla numuneye ve standart çözeltilere aşırı miktarda kolayca iyonlaşabilen potasyum gibi bir element eklenir.

2.3.2.3. Spektral Girişimler

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde iki sebepten dolayı spektral girişim görülebilir. Bunlardan birincisi çok elementli oyuk katot lambaları kullanıldığında uygun yarık genişliğinde çalışılmamışsa birden fazla elementin rezonans hattının aynı anda dedektöre ulaşmasından kaynaklanır. İkincisi ise analiz elementinin absorpsiyon hattının numunedeki başka bir elementin hattı ile çakışmasıdır. Bu durumda beklenenden fazla sinyal gözlenir. Bunu önlemek için ya girişim yapan element ortamdan uzaklaştırılır ya da analiz elementinin başka bir hattı kullanılır.

2.3.2.4. Fiziksel Girişimler

Fiziksel girişimler numune ve standart çözeltinin viskozite, yüzey gerilimi, yoğunluk ve çözücüsü gibi farklı fiziksel özellikler göstermeleri sonucunda ortaya çıkar. Çünkü bu özellikler alevde sisleştirme verimini ve sıcaklığı etkiler.

Fiziksel girişimlerde kimyasal girişimler gibi birim hacimde bulunan atom sayısını etkiler. Çoğunlukla atom sayısı azaldığında negatif bir etki söz konusudur.

Fiziksel gelişimler fiziksel özellikleri benzer numune ve standart çözeltiler kullanılarak giderilebilir. Bu, numunenin seyreltilmesi ile veya standart çözeltiyi aynı matrikste hazırlanması ile sağlanır. Fakat bu yöntemlerin ikisi de bu problemi çözmede standart ekleme yöntemi kadar kolay ve başarılı değildir.

2.3.2.5. Zemin Girişimleri

Atomik absorpsiyon analizlerinde en önemli hata kaynaklarından biri de ölçüm yapılan dalga boyunda, atomlaşma ortamında bulunan molekül ve radikallerin absorpsiyon

yapması ve küçük parçacıkların ışığı saçmasıdır. Bunun sonucu absorpsiyon değerleri daha büyük ve yanlış analizlere sebep olur. Örneğin hava-asetilen alevinde CaOH^+ radikallerinin absorpsiyon spektrumu, baryum rezonans hattının (553,6 nm) hemen yanında bir maksimuma sahiptir ve %1'lik kalsiyum çözeltisi, baryum rezonans hattında bir baryum oyuk katot lambası ile absorbansta yaklaşık %50 artışa sebep olur.

AAS ile analiz yapıldığında zemin girişimi mutlaka düzeltilmelidir. Zemin girişimini düzeltmek için çeşitli metotlar vardır. Zemin absorpsiyonu düzeltmek de kullanılan bütün yöntemler de toplam absorbans değerleri ölçülüp, girişimden doğan absorbans değerinden çıkarılır. Zemin etkilerinin düzeltilmesinde kullanılan yöntemlerden üç tanesi şu şekildedir;

Çift Hat Yöntemi: Bu yöntemde önce analiz elementinin AAS ile tayininde kullanılan dalga boyunda ölçüm yapılır. Bu ölçüm analiz elementinin absorbansı ile zemin sinyali oluşturan öteki türlerin absorbansı toplamıdır. İkinci ölçüm ise, analiz elementinin absorplama yapmadığı yakın dalga boyunda başka bir oyuk katot lambası ile alınır. İkinci ölçüm yalnız yemin absorbansına ait olup, birinciden çıkarıldığında düzeltilmiş sinyal elde edilir.

Sürekli Işın Kaynağı Yöntemi: Sürekli kaynak kullanılması yönteminde, sürekli kaynaktan ve oyuk katot lambasından gelen ışın sıra ile atomlaşma ortamından geçirilir. Oyuk katot lambasından gelen dar emisyon hattı hem atomik hem de zemin absorpsiyonu etkilenir. Sürekli ışın kaynağının geniş emisyon bandı ise sadece zemin absorpsiyonundan etkilenir. İki sinyal elektronik olarak karşılaştırıldığında zemin absorpsiyonu her ikisini de eşit etkilediğinden, zemin absorpsiyonunun etkisi büyük ölçüde yok edilmiş olur.

Zeeman Yöntemi: Bir atom buharı 1-10 kg gibi kuvvetli bir manyetik alanın etkisinde kalırsa elektron enerji seviyelerinde yarıma olur. Böylece bir tek elektron geçiş için birden çok absorpsiyon hattı meydana gelir. Bu hatlar birbirinden 10^{-2} nm kadar uzaktır. Zeeman olarak adlandırılan bu olay her türlü atomik spektrum için geçerlidir.

Zeeman olayında absorpsiyon hatlarının yarıma şekli elementten elemente değişir. En basit yarılma şekli, orijinal hattın yerinde bir hat (π hattı) ve bunun iki yanında, şiddetleri bunun yarısı kadar olan iki uydu hattı (σ hatları). Örneğin; Magnezyum 285,2 nm'de absorpsiyon yapar, fakat bir manyetik alana konulduğunda p1 orbitali ($2j+1$ 'den) üçe yarılarak 3 pik verir ve absorpsiyon yapar.

Işığın π bileşeni manyetik alana paralel düzlemde polarize olurken, sigma bileşenleri alana dik düzlemde polarize olurlar. Bu özelliğe Zeeman etkisi denir.

Çalışma sistemi aynı olmakla beraber bu olaydan yararlanarak zemin değerlerinin düzeltilmesi iki şekilde yapılır. Manyetik alan birincisinde ışın kaynağına ikincisinde ise atomlaştırıcıya uygulanır.

Manyetik alan, ışın kaynağına uygulandığında (Mg lambası için) üç dalga boyunda emisyon elde edilir. Işığın önüne konulan bir polarizatörün yönünü değiştirerek yalnız π bileşenini atomlaştırıcıya göndermek suretiyle atomların ve moleküllerin absorpsiyon yapması sağlanır.

Daha sonra σ bileşeni atomlaştırıcıya gönderilirse bu dalga boyunu yalnız moleküller absorplar. Çünkü atomların absorplayacağı dalga boyunda ışın gelmemektedir. İki ölçümün farkı alındığında atomların yapmış olduğu absorpsiyon bulunur.

Manyetik alan atomlaştırıcıya uygulandığında ise, ışın dik polarize olursa gelen ışın atomlar tarafından absorplanmaz. Çünkü absorpsiyon hattının bileşeni yok edilmiştir. Oyuk katot lambasından π eşdeğer dalga boyunda gelen ışın sadece moleküller tarafından absorplanır.

Paralel polarize absorpsiyon hattında σ bileşeni kaybolur ve gelen ışın ortamdaki moleküller ve atomlar tarafından absorplanır. İki ölçüm farkı alınırsa atomik absorpsiyon bulunur.

Manyetik alanın ışın kaynağına uygulanması durumunda yarılmalar sebebiyle şiddetle ve dolayısıyla hassasiyeti azalma meydana gelmesi ve çok pahalı olması bu tekniğin dezavantajlarıdır.

2.3.3. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisinde Nicel Analiz

Bir elementin nicel analizi, konsantrasyonu bilinen çözeltilerin absorpsiyonlarıyla numunenin absorpsiyonu mukayese edilerek yapılır. Örnek ve standart çözeltilerin absorpsiyonlarına ara verilmeksizin peş peşe bakılır. Bu amaçla kalibrasyon yöntemi ve standart ekleme yöntemi olmak üzere iki şekilde nicel analiz yapılabilir.

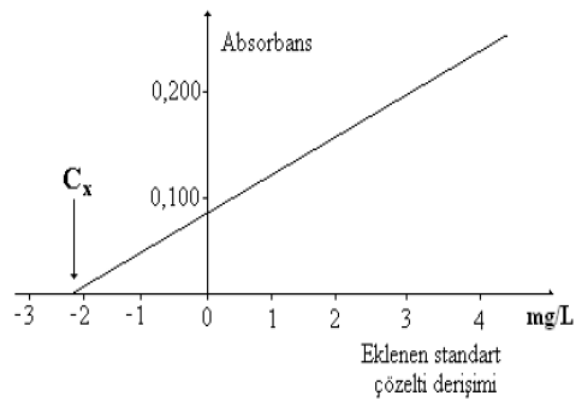
2.3.3.1. Kalibrasyon Yöntemi

Derişimi bilinen standart çözeltilerin absorptans değerleri derişim değerlerine karşı grafiğe geçirilerek kalibrasyon grafiği elde edilir. Daha sonra numunenin absorptansı okunarak grafik yardımı ile analiz elementinin derişimi bulunur.

Standart çözeltiler stok çözeltilerden seyreltme yoluyla, numunenin tahmini matrisine benzetilerek hazırlanır. Numunenin derişimleri, kalibrasyon grafiğinde derişim ile absorptans arasındaki lineer ilişkinin sağlandığı sınırlar içinde olmalıdır. Aksi takdirde numune seyreltilmelidir.

2.3.3.2. Standart İlave Yöntemi

Beer kanununa göre absorptans, çözeltideki absorblayan tanecik derişimi ile orantılıdır. Fakat numune çözeltisindeki matristen gelen bazı fiziksel veya kimyasal etkiler yanlış sonuçlar bulunmasına yol açabilir. Numunedeki matris tam olarak bilinmiyorsa matrisin etkisini standart çözeltilerle tamamen gidermek mümkün olmaz. Yani numunedeki absorptans derişim ilişkisi standart çözeltilerdekinden farklıdır. Bu gibi durumlarda standart ekleme metodu kullanılır. Bunun için numune en az üçe ayrılır bir kısım belli bir hacme kadar saf su ile seyreltilir. İkinci ve üçüncü kısımlara artan hacimde belli bir standart çözeltiden ekleme yapılır ve birincinin hacmine getirilir. Her çözeltilerin absorptansı ölçülür ve eklenen element derişimlerine karşı absorptanslar grafiğe geçirilir (Şekil 2.4) [37]. Doğrunun extrapolasyonu sonucu yatay ekseni kestiği noktanın orijine uzaklığı numunenin derişimini verir.



Şekil 2.4. Standart ekleme eğrisi için grafik örneği [37].

2.4. Ağır Metallerin Sulardan ve Canlı Organizmadan Uzaklaştırılması Yöntemleri

Ağır metal giderimi için etkili ve ekonomik metotlar denenmiş ve birçok yeni ayırma teknikleri geliştirilmiştir. İyon değişimi, ters osmoz, kimyasal çökelme, membran filtrasyonu, buharlaşma, biyolojik adsorpsiyon muamelesi gibi uygulanması kolay ve ekonomik yöntemler atık sulardan ağır metal giderimi için kullanılan geniş çaplı metotlardandır. Tablo 2.8’de ağır metal gideriminde kullanılan bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları detaylı olarak açıklanmaya çalışılmıştır [38-42].

Tablo 2.8. Geleneksel metal uzaklaştırma yöntemleri ile bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları [42].

METOT	AVANTAJ	DEZAVANTAJ
Kimyasal Çöktürme ve Filtrasyon	Basit Ucuz	Yüksek Konsantrasyonlarda Zor Ayrılma Etkin Değil Atık Çamur Oluşumu
Elektrokimyasal Yöntemler	Metali Geri Elde Etme	Pahalı Olması Sadece Yüksek Konsantrasyonlarda Etkin Olması
Kimyasal Oksidasyon ve İndirgenme	İnaktivasyon	Ortam Hassasiyeti
İyon Değişimi	Etkin Arıtım ve Saf Atık Metalin Geri Kazanımı	Partiküllere Hassas ve Reçinelerin Pahalı Olması
Buharlaştırma	Saf Atık Elde Etme	Fazla Enerji Gereksinimi Pahalı Olması Atık Çamur Oluşumu
Ters Osmos	Gerri Dönüşüm için Saf Atık Eldesi	Yüksek Basınç Membran Boyutu Pahalı Olması
Adsorpsiyon	Sorbentlerin Aktif Karbon Kullanımı	Tüm Metaller için Uygulanamaması

2.4.1. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, gaz, buhar ve sıvıların adsorban adı verilen katı maddelerin yüzeylerinde toplanmasıdır [43]. Adsorpsiyon olayı maddenin ara yüzeyinde moleküller arasındaki kuvvetlerin denkleşmemiş olmasından ileri gelir ve ara yüzeyde bir birikme olur. Derişimin artması halinde buna pozitif, azalması halinde ise negatif adsorpsiyon denir. Çözünmüş maddenin adsorpsiyonu iki şekilde gerçekleşebilir. Bunlar, yüzey gerilimindeki değişiklikten meydana gelen adsorpsiyon ve elektrostatik kuvvetlerden ileri gelen adsorpsiyondur. Yüzey gerilimindeki çözelti içinde bulunan maddenin yüzeydeki ve sıvının içindeki dağılımı farklıdır. Gibbs’e göre, yüzey gerilimini azaltan maddelerin, ara

yüzeyindeki derişimleri sıvı içindekinden daha fazla; yüzey gerilimini artıran maddelerin ise daha azdır. Birinci halde adsorpsiyon pozitif, ikinci halde ise negatiftir [44].

Elektrostatik kuvvetlerden ileri gelen adsorpsiyonda kimyasal yapıları farklı olan iki faz birbirleri ile temas halinde olursa, bu iki faz arasında bir elektriksel potansiyel farkı meydana gelir. Bu durum, ara yüzeyin bir tarafının pozitif, diğer tarafının negatif yüklenmesine ve yük ayrılmasına neden olur. Fazlardan birisi katı diğeri sıvı ise yapıda çift tabaka oluşabilir. Çözeltide bulunan iyonlarla katı yüzey arasındaki çekim kuvveti çift tabakanın özel yapısını tayin eder. Buna göre birçok katı, su ile temas ettiğinde bir elektrik yükü kazanır.

Adsorplayıcı katılar; Tüm katılar az veya çok adsorplama gücüne sahiptirler. Adsorplama gücü yüksek olan doğal katılar; kömürler, killer, zeolitler ve çeşitli metal filizleri olarak, sentetik katılar ise aktif kömürler, moleküler elekler (sentetik zeolitler), silikajeller, metaloksitleri, katalizörler ve bazı seramikler olarak sayılabilir. Adsorplama gücü yüksek olan katılar deniz süngerlerini andıran gözenekli yapıya sahiptir.

Sanayide adsorpsiyon; hava ya da diğer gazlardan nemin uzaklaştırılması, hidrokarbon gazların fraksiyonlu adsorpsiyonu, bazı endüstriyel gazlardan safsızlık ve kokuların giderilmesi, şeker çözeltilerinde ve petrol ürünlerinden rengin giderilmesi, suyun istenmeyen renk ve kokudan arındırılması, gaz halinden çözünmüş nemin uzaklaştırılması, şeklinde verilebilir. Üç tip adsorpsiyon çeşidi vardır [45]:

- Fiziksel
- Kimyasal
- Değişim (İyon değişimi gibi)

Fiziksel adsorpsiyonda, adsorban ile adsorplanan arasında Van der Waals kuvvetleri etkindir. İdeal adsorpsiyon olarak kabul edilir. Fiziksel adsorpsiyonda, adsorplanan moleküller tüm yüzeyde dağılım gösterirler.

Fiziksel adsorpsiyon, karışımlardaki bileşenlerin bir fazdan diğer faza aktarılmasında, adsorbanların yüzey alanını, gözenek büyüklüğünü, gözeneklerin dağılımını belirlemede ve heterojen katalizli tepkimelerde önem kazanır.

Fiziksel adsorpsiyon, düşük adsorpsiyon ısı ile karakterize edilir ve denge çok kolay kurulur. Fiziksel adsorpsiyonda, adsorplanmış tabaka birden fazla molekül kalınlığındadır. Enerji ihtiyacı az olduğundan adsorpsiyon dengesi geri dönüşümlüdür. İşlem esnasında açığa çıkan ısı 2-5 kcal/mol'dür. Aktivasyon enerjisi olmamakla birlikte elektrostatik kuvvetler etkilidir.

Fiziksel adsorpsiyon genellikle çok hızlı olduğundan gözlenen hız, adsorpsiyon süreci yerine moleküllerin yüzeye aktarım hızıyla kontrol edilir. Bu tip adsorpsiyonda adsorplanan gaz miktarı sıcaklık arttıkça azalır. Kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda fiziksel adsorpsiyon önemli değildir.

Kimyasal adsorpsiyon ise adsorban ile adsorplanan arasındaki elektron aktarımı ile gerçekleşen, yani kimyasal bağların oluştuğu adsorpsiyondur. Aynı zamanda aktifleşmiş adsorpsiyon veya kemisorpsiyon adı da verilmektedir.

Kimyasal adsorpsiyonda aktivasyon enerjisi kimyasal tepkimenin ısı kadar olup, 10-50 kcal/mol'dür. Kimyasal adsorplanmış moleküller yüzey üzerinde serbest harekete sahip değildir. Adsorplanmış tabaka moleküler kalınlıktadır. Kimyasal adsorpsiyon hızı fiziksel adsorpsiyona göre daha düşüktür. Çünkü kimyasal adsorpsiyon süreçleri belirli bir aktivasyon (etkinleşme) enerjisi ile karakterize edilirler ve bu yüzden ancak belirli bir minimum sıcaklık üstündeki sıcaklıklarda tepkime hızla gelişir. Bu tip adsorpsiyon, maddenin kaynama noktasının, hatta kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda da gerçekleşir [43].

Değişim (exchange) adsorpsiyonu, adsorban ile yüzey arasındaki elektriksel çekim ile olmaktadır. İyon değişimi bu sınıfa dahil edilir. Burada, zıt elektrik yüklerine sahip olan adsorbat ile adsorban yüzeyinin birbirlerini çekmesi önem kazanmaktadır. Elektrik yükü fazla olan iyonlar ve küçük çaplı iyonlar daha iyi adsorbe olurlar [45].

Bir adsorpsiyonun etkin hızı, bir veya daha fazla difüzyon adımı tarafından belirlenir. Bu adımlar tek bir adsorban taneciği için matematiksel olarak tanımlanmıştır. Çok sayıda tanecik ile doldurulmuş cihazın performansı, yerel taneciğe bağlı olmayıp, cihazın boyut ve tipi ile toplam proses düzenine bağlıdır. Performansı etkileyen parametreler şunlardır:

- Katı faza difüzyon (veya bir adsorban için adsorplanmış yüzey tabakasına difüzyon)

- Faz sınırlarındaki reaksiyon
- Akışkan taneciklerdeki (gözeneklere) difüzyon
- Adsorban taneciklerin dış yüzeyine akışkan fazdan kütle transferi
- Cihazdaki karıştırma

Bir kolon çalışmasında akış hızına bağlı olarak akışkanın kolon cidarlarında ve merkezinde farklı geçiş hızına bağlı olarak akışkanın kolonun cidarlarında ve merkezinde farklı geçiş hızının olması örnek olarak verilebilir.

2.4.1.1. Adsorpsiyon Kapasitesi, Adsorpsiyon Verimi ve Adsorpsiyon Modelleri

Bir ortamda bulunan türlerin bir adsorban tarafından ne kadar adsorplanabileceğini değerlendirmek için adsorpsiyon kapasitelerinin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Adsorpsiyon, adsorban yüzeyinde biriken madde derişimi ve çözeltide kalan madde derişimi arasında bir denge oluşuncaya kadar devam eder. Matematiksel olarak bu denge adsorpsiyon izotermi ile açıklanmaktadır. Zaman içerisinde birçok araştırmacı, farklı izoterm denklemleri ortaya koymuşlardır. En genel kullanım gören izotermiler Freundlich ve Langmuir denklemleridir.

Langmuir izotermi, beş temel kabul üzerine kurulmuş basit ve fiziksel bir adsorpsiyondur. Bu kabuller şu şekilde sıralanabilir;

- Adsorpsiyon yüzeyde tek bir tabaka üzerinde gerçekleşir.
- Adsorpsiyon dengesi dinamik bir dengedir, yani belli bir zaman aralığında adsorplanan madde miktarı, adsorbant yüzeyinden ayrılan madde miktarına eşittir.
- Adsorpsiyon hızı, adsorplanan maddenin derişimi ve adsorbant yüzeyiyle orantılıdır.
- Adsorbant yüzeyindeki tüm alanlar adsorbat için eşit çekim gücüne sahiptir.
- Adsorplanan moleküller arasında girişim yoktur.

Langmuir izoterminde (Langmuir, 1916), adsorpsiyon verimi adsorplanan türün (adsorbat) başlangıç derişimi ile birlikte lineer olarak artar. Maksimum doyma noktasında, yüzey tek

tabaka ile kaplanmakta ve yüzeye adsorbe olmuş adsorbat miktarı sabit kalmaktadır. Ayrıca, bu izotermde adsorpsiyon hızı adsorbant derişimi ve yüzey üzerinde bulunan aktif yerler ile doğru orantılıdır.

Doğrusallaştırılmış Langmiur denklemi aşağıdaki gibi verilebilir;

$$C_d/Q_d = C_d/q_{\max} + 1/K_L q_{\max} \quad (2.1)$$

Burada;

C_d : Denge durumunda, çözeltideki analit derişimi (mg/L),

Q_d : Denge durumunda, birim adsorbant üzerine adsorplanan analit miktarı (mg/g),

q_{\max} : Maksimum adsorpsiyon kapasitesi (mg/g),

K_L : Adsorpsiyon enerjisini ifade eden sabit (L/g).

C_d 'ye karşılık C_d/Q_d değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle eğimi $1/q_{\max}$ ve kesim noktası $1/K_L q_{\max}$ olan bir doğru elde edilir.

2.4.2. Fiziksel ve Kimyasal Adsorpsiyonun Karşılaştırılması

Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonun karşılaştırılması Tablo 2.9'de verilmiştir. Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonda kriterlerden en önemlisi prosesdeki ısı değişimidir. İkinci kriter ise prosesin hızı ve özellikle hızın sıcaklığa bağlılığıdır. Fiziksel adsorpsiyon genellikle çok hızlı olduğundan gözlenen hız adsorpsiyon prosesi yerine moleküllerin yüzeye transfer oluş hızı ile kontrol edilir. Kimyasal adsorpsiyonda hız düşüktür. Çünkü kimyasal adsorpsiyon prosesleri belli bir aktivasyon enerjisi ile karakterize edilir ve bu yüzden ancak belirli bir minimum üzerindeki sıcaklıklarda reaksiyon hızla gelişir. Bazı sistemlerde kimyasal adsorpsiyon çok düşük sıcaklıklarda bile hızla oluşur. Bu durumda aktivasyon enerjisi sıfıra yakındır. Bu adsorpsiyona "aktifleşmemiş kimyasal adsorpsiyon" denir [46].

İki adsorpsiyon sistemini ayırmaya yarayan üçüncü bir kriter ise desorpsiyon hızıdır. Fiziksel adsorpsiyonda bir maddenin desorpsiyonu için 1-2 kcal enerji gerekir. Fakat kimyasal adsorpsiyonda desorpsiyon için 20 kcal enerjiden daha fazla gerekir.

Tablo 2.9. Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon arasındaki önemli farklar [46].

Parametre	Fiziksel Adsorpsiyon	Kimyasal Adsorpsiyon
Adsorban	Bütün Katılar	Bazı Katılar
Adsorplanan (Adsorbat)	Çözünmüş Maddeler Kritik Sıcaklık Altında Bütün Gazlar	Çözünmüş Maddeler Bazı Kimyasal Reaktif Gazlar
Sıcaklık Sınırı	Düşük Sıcaklık	Yüksek Sıcaklık
Adsorpsiyon Isısı	Düşük	Yüksek(Reaksiyon Isısına Uygun)
Hız (Aktivasyon Enerjisi)	Çok Hızlı (Düşük Aktivasyon Enerjisi)	Aktif Olmayan, Düşük Aktivasyon Enerjisi Aktif Olan, Yüksek Aktivasyon Enerjisi
Geri Dönüşüm Hızı (Desorpsiyon)	Yüksekçe Geri Dönüşüm	Geri Dönüşümsüz
Önem	Yüzey Alanı ve Gözenek Boyutunun Tayini İçin	Aktif Merkez Alanının Tayini İçin

Bir diğer kriter ise adsorplanan madde miktarının sıcaklığa bağlılığıdır. Fiziksel adsorpsiyonda adsorplanan madde miktarı artan sıcaklıkla azalır. Proses basıncında normal kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda önemli miktarlarda fiziksel adsorpsiyon olmaz. Fakat kritik sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda bile önemli derecede kimyasal adsorpsiyon meydana gelir. Fiziksel ve kimyasal adsorpsiyonu ayırt etmeye yarayan bir başka kriter de spesifikliktir. Adsorplanan maddenin kısmi basıncının doyum buhar basıncına oranının yeterince yüksek olması şartı ile verilen bir gaz için fiziksel adsorpsiyon her yüzeyde oluşur, bu yüzden de spesifik değildir. Oysa kimyasal adsorpsiyonda katının yüzeyinde gerçekleşen bir kimyasal reaksiyon olduğundan kimyasal reaksiyonun gerçekleşmesi de reaktantların yapısına bağlıdır. Bu yüzden kimyasal adsorpsiyon ancak adsorban ile adsorbant arasında bir kimyasal bağ teşkil edilerek gerçekleşir. Bu açıdan kimyasal adsorpsiyon spesifiktir.

2.4.3. Katı Faz Ekstraksiyon (SPE) Yöntemi

Katı faz ekstraksiyon (SPE) yöntemi, sıvı faz içerisinde bulunan analitin katı bir faz üzerinde toplanmasına dayanır. Bu yöntem ile tayin edilecek tür kendi ortamından uzaklaştırılabilir. SPE yöntemi; basit, hızlı ve ucuz olmasından dolayı en etkili uzaklaştırma yöntemlerinden biridir. SPE; kan, serum, idrar, su, toprak, organik kirleticiler gibi biyolojik, farmasötik ve çevresel örneklerin yanında, gıda örnekleri de dahil bir çok matriks için kullanılan örnek hazırlama yöntemlerinin başında gelmektedir [47-49].

Katı faz üzerinde eser bileşenlerin tutunmasında fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon, iyon değiştirme ve kompleks oluşumu etkili olabilir. Bu mekanizmalar katı fazın karakterine ve eser türlerin kimyasal yapısına bağlıdır. Bu anlamda katı faz ekstraksiyon yöntemi genelde iyon değiştirme ve adsorpsiyon olaylarına dayanır. Adsorpsiyon işlemlerinde katyon ve anyon değiştirici reçineler kullanıldığı gibi şelat yapıcı iyon değiştiriciler de kullanılmaktadır. Bunlar arasında chelex-100, C-18, oktadesil bağlı silika-jel, selülozik iyon değiştiriciler sayılabilir [49].

SPE yönteminde maddelerin birbirinden ayrılması, analizi yapılacak maddenin molekülleri ile tutucu maddedeki fonksiyonel gruplar arasındaki moleküller arası etkileşimler ile açıklanır. Analizi yapılacak madde molekülleri tutucu maddelerdeki etkin gruplara iyonik, hidrojen, dipol-dipol, dipol-indüklenmiş dipol ve Van der Waals bağları ile bağlanır. Bu şekilde aranan madde, matriksteki istenmeyen bileşikler ve çözücüler birbirinden ayrılmış olur [48].

Yöntem genelde üç farklı şekilde uygulanır. Bunlar, kolon tekniği, çalkalama (kesikli sistem) tekniği ve yarı geçirgen disk ile süzme tekniğidir [49].

Bu çalışmamızda çalkalama (kesikli sistem) tekniği kullanılmıştır.

2.4.3.1. Çalkalama Tekniği (Kesikli Sistem)

Bu teknikle tayin edilecek elementin içinde bulunduğu çözeltiliye, katı faz maddesi (adsorban) katılarak belirli süre birlikte çalkalanır. Çalkalama mekanik veya ultrasonik yapılabilir. Tutunma dengesi kurulduktan sonra, katı faz, süzme veya aktarma ile çözeltiden ayrılır. Katı fazdaki elementler uygun çözücü ile geri kazanıldıktan sonra tayin edilir. Katı fazdaki eser elementler, geri kazanılmadan doğrudan da belirlenebilmektedir [50].

2.5. Literatürde Yapılan Bazı Çalışmalar

Sulu Ortamda Aktif Karbonla Bakır ve Kurşunun Giderilmesi ile İlgili Çalışmalar;

Farklı hammaddelerden üretilen aktif karbon türlerinin, Cu(II) ve Pb(II) başta olmak üzere diğer metallerin adsorpsiyonu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Onundi ve diğ. [51] sentetik endüstriyel atık sudan Cu(II), Pb(II) ve Ni(II) iyonlarını uzaklaştırmak için adsorban olarak palmye ağacı kabuğundan üretilen granül aktif karbon (AC) kullanmışlardır. Çalışmada Pb(II), Cu(II) ve Ni(II) adsorpsiyonu üzerine pH ve temas süresinin etkisi belirlenmiştir. Araştırılan deneysel parametrelerde; pH'nın 5,0, maksimum adsorban miktarının 1 g/L ve adsorpsiyon kapasitelerinin; Pb(II) için 1,337 mg/g, Cu(II) için 1,58 mg/g ve Ni(II) için 0,130 mg/g olduğu belirtilmiştir.

Kobyay ve diğ. [52] kayısı çekirdeklerini karbonize edip, 200°C de 24 saat süreyle sülfürik asit (1:1) ile muamele ettikten sonra aktive etmişlerdir. Adsorpsiyon yoluyla sulu çözeltilerden Ni(II), Co(II), Cd(II), Cu(II), Cr(III), Cr(IV) ve Pb(II) iyonlarını uzaklaştırmak için bu AC'nun adsorplama yeteneği araştırılmıştır. En yüksek adsorpsiyon sırasıyla Cr(IV) için pH 1,0-2,0, diğer metal iyonları için pH 3,0-6,0'da gözlemlenmiştir.

Metal iyonlarının adsorpsiyon kapasiteleri Cr(IV)>Cd(II)>Co(II)>Cr(III)>Ni(II)>Cu(II)>Pb(II) olarak bulunmuştur.

Saif ve diğ. [53] Cu(II), Ni(II), Cr(II), Cr(III) ve Cr(IV) iyonlarının atık sudan uzaklaştırılması için adsorbe edici olarak Pinus Roxburghii (Himalaya Çamı) konilerinden üretilmiş AC kullanmışlardır. Yüzey analizi, AC'a ait çam konisinin özgül yüzey alanını ve gözenek büyüklüğü dağılımını belirlemek üzere gerçekleştirilmiştir. Adsorban miktarının etkisi, pH, denge süresi, çalkalama hızı ve sıcaklık gibi parametreler araştırılmıştır. Denge verileri Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri ile değerlendirilmiştir. Langmuir izotermi değerleri sırasıyla Cu(II), Ni(II) ve Cr(VI) için 14,2; 31,4 ve 29,6 mg/g olarak belirlenmiştir. Cr(VI)'nin en iyi adsorpsiyonu pH 2,5'te gözlemlenirken, Cu(II) ve Ni(II)'nin maksimum adsorpsiyonu, pH 4,0-4,5 aralığında gözlemlenmiştir. Adsorpsiyon dengesini elde etmek için 180 dakikanın yeterli olduğu bulunmuştur.

Cechinel ve diğ. [54], Pb(II)'nin HNO₃ ile kimyasal olarak modifiye edilmiş inek kemiğinden üretilen AC üzerine adsorpsiyonu araştırmışlardır. Fiziko-kimyasal karbon karakterizasyonu analizleri ve optimum pH koşullarının ve temas süresinin belirlenmesi ile kinetik denge, izotermal denge ve adsorbanın yeniden kullanımı üzerine çalışmalar yapmışlardır. Ph 4,0'da kinetik dengeye ulaşmak için gereken zamanın, çözelti içindeki başlangıç metal konsantrasyonunun artmasıyla azaldığını ve q_{max} için bulunan değerlerin, 100, 150 ve 200 mg/L konsantrasyonları için sırasıyla 32,1; 50,1 ve 42,3 mg/g olduğunu gözlemlenmişlerdir. Langmuir ve Freundlich modelleri, deneysel verilere uyması için

kullanılmış ve bunlar iyi bir korelasyon göstermiştir. Langmuir modeli ile dengenin daha iyi bir tanımını sağlanmışlardır. HCl desorpsiyonunun yüksek etkinliği gösterdiğini doğrulamışlardır. Desorpsiyon dengesine ulaşmak için minimum süre 3 saat ve geri kazanımın yaklaşık %50 olduğu görmüşlerdir. Önerilen adsorpsiyon işlemi, sulu çözeltide bulunan Pb(II)'yi etkin bir şekilde uzaklaştırmış ve endüstriyel işlemlerde kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Largitte ve diğ. [55], guava tohumlarından, tropikal badem kabuğundan ve dinde taşlarından fiziksel aktivasyon ile üretilen üç farklı AC numunesi hazırlamışlardır. AC'lar yaklaşık 1000 m²/g yüzey alanına ve yaklaşık 0,40 cm³/g yüksek mikro gözenek hacimlerine sahiplerdir. Sudan çıkan Pb(II)'nin giderilmesi için çalışmışlardır. Adsorpsiyon çalışmalarını farklı sıcaklıklarda, ilk pH'da, ilk konsantrasyonlarda ve adsorban miktarlarında yapmışlardır. Maksimum adsorpsiyon, pH 6,0'da, 0,5 g/L'lik bir adsorban miktarı için gerçekleşmiştir. Adsorpsiyonun, badem ve guava'dan aktive edilmiş karbonlar için başlangıçtaki 90 mg/L konsantrasyonuna ve dinde için 25 mg/L konsantrasyonuna kadar uygun olduğunu bulmuşlardır. Dinde taşından ve bademden elde edilen AC'lar için 30 °C, guavadan elde edilen AC için 40° C sıcaklığı tercih edilmişlerdir. Bulgular, Bangham Modelinin badem ve dindeden elde edilen AC'ların kinetiğine uygun olduğunu, guava tohumlarından elde edilen AC'un Elovich Modeline uygun olduğunu göstermiştir. Adsorpsiyon dengesi çalışmalarını, 0-230 mg/L arasında bir Pb(II) konsantrasyon aralığında gerçekleştirmişlerdir. 50 (dinde taşı), 96 (guava tohumu) ve 112 mg/g (badem kabuğu) 'e kadar Pb(II)'yi adsorbe edebilmişlerdir. Bu üç AC'un, Pb(II)'nin sudan giderilmesi için etkili adsorbanlar olabileceğini göstermişlerdir.

Kyzas ve diğ. [56], nano kabarcıkların sudaki adsorpsiyon üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ağır metal olarak Pb(II), sıvı ortam olarak deiyonize su ve adsorban olarak patates kabukları üretilen AC kullanılmıştır. Pb(II)'nin adsorpsiyon kapasitesinin, su içinde nano kabarcık varlığında ($q_{max} = 171$ mg/g) veya su içinde nano kabarcık yokluğunda ($q_{max} = 167$ mg/g) yaklaşık olarak benzer olduğu, ancak nano kabarcıkların adsorpsiyon hızını %366 arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Klasson ve diğ. [57], ceviz kabuklarından elde ettikleri AC'un Cu(II) adsorpsiyonunu incelemişlerdir. AC'un aktivasyonu sırasında oksijen seviyesini, fırında havanın akış hızı ile değiştirmişlerdir. Üretilen karbonun yüzey alanı ve mikro gözenek hacmi oksidasyon derecesi ile önemli ölçüde değişmezken, yüzey yükü ve adsorpsiyon kapasitesinin oksidatif

koşullara büyük ölçüde bağlı olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüzey alanındaki fonksiyonel gruplar infrared spektroskopisi (IR) ile doğrulanmıştır. Sonuçlar, AC ürün veriminin, oksijenden yoksun olan ortamda daha yüksek olduğunu, ancak ürünün, sulu bir çözüldüden Cu(II)'nin adsorbe edilmesi için daha düşük bir afiniteye sahip olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, sulu çözüldüde Cu(II) adsorpsiyonu için AC ilgisinin düşük olduğunu fakat oksijensiz ortamda yüksek olduğunu göstermiştir. En yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahip AC'ü, yaklaşık %14 oksijen atmosferinde aktivasyonla üretmişlerdir. Bu AC, Cu(II) çözüldüsi ile temas halindeyken, gram başına 0,97 (10mM Cu(II) çözüldüsinde) ve 1,3 mmol (20mM Cu(II) çözüldüsinde) Cu(II) adsorpsiyon değerleri elde etmişleridir.

Chen ve diğ. [58], Cu(II) iyonlarının ve humik asidin (HA) AC'a eşzamanlı adsorpsiyonu incelenmişlerdir. Cu(II) yokluğunda HA adsorpsiyonunun, pH arttıkça azaldığı bulunmuşlardır. Bununda AC'un bazı alanlarında %34,7 oranında azalmaya yol açtığını ve Cu(II) adsorpsiyonu için kritik bir HA konsantrasyonu (CC) bulunduğunu görmüşlerdir. HA konsantrasyonunun CC'nin altında olması durumunda Cu(II) adsorpsiyonunda ciddi bir azalma, CC'nin üzerine çıktığında ise adsorpsiyonda ciddi iyileşmeler olduğunu gözlemlemişlerdir. İyonik kuvvetteki artışın Cu(II) adsorpsiyonunu artırdığı, ancak Zn(II) ve/veya Co(II) iyonlarının, Cu(II) adsorpsiyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Adsorpsiyon sitrik asit ile belirgin şekilde artarken, Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA) ilavesi ise biraz azalmıştır. Adsorpsiyon kinetiğini tanımlamak için bir parçacık içi difüzyon modelini başarıyla kullanmışlardır.

Mahaninia ve diğ. [59], farklı iki kimyasal yöntemle hazırlanan AC'ların, amino grupları içeren sulu çözüldüden Cu(II)'nin adsorpsiyonunu incelemişlerdir. İlk yöntem, klorür gruplarının amino grupları ile ikame edilmesi ile AC'un klorlanmasını, ikincisi ise nitro gruplarının amino gruplarına indirgenmesiyle AC'un nitrilasyonunu içermiştir. Elde edilen aktive karbonlar gözenekli yapı, element analizi, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), X-Işını fotoelektron Spektroskopisi (XPS), Boehm titrasyonu ve pH_{pzc} ile karakterize edilip, kesikli sistemde Cu(II) adsorpsiyonu için kinetik denge testleri yapılmıştır. Ayrıca, adsorpsiyon mekanizmasını ve pH'ın Cu(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerindeki etkisini tartışmışlardır.

Demiral ve diğ. [60], üzüm posasından fosforik asit kullanılarak kimyasal aktivasyonla hazırladıkları AC'ü, sulu çözüldüde Cu(II) adsorpsiyonu için kullanmışlardır. İmpregnasyon

oranının ve aktivasyon sıcaklığının AC üretimine etkileri incelenmişlerdir. En yüksek yüzey alanını (1455 m²/g) ve toplam gözenek hacmini (0,88 cm³/g), 500 °C karbonlaşma sıcaklığında, 5/1 impregnasyon oranı ile elde etmişlerdir. Başlangıç pH'ı, sıcaklık ve temas süresinin etkilerini araştırmışlar, Langmuir ve Dubinin eRadushkevich izoterm denklemleri tüm sıcaklıklara daha iyi uyumu göstermiş ve maksimum Cu(II) adsorpsiyon kapasitesi 45 °C'de 43,47 mg/g olarak elde etmişlerdir.

Yapay Vücut Sıvılarında Çeşitli Adsorbanların Kullanıldığı Bazı Çalışmalar;

Çeşitli kaynaklardan elde edilen yapay mide ve bağırsak sıvılarında yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Djamel Tahtat ve diğ. [61], Aljinat jeli boncuklarının akut Pb(II) zehirlenmelerine karşı tedavide potansiyel kullanımlarıyla ilgili geliştirdikleri yöntemde; YMO'da 37 °C'de, pH 2,5'de ve 50-200 mg/L Pb(II) konsantrasyonlarında adsorpsiyon kinetikleri incelemişlerdir. Kuru boncukların şişme oranının zamanla önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir. YMO'da Pb(II) 'nin kuru boncuklarla adsorpsiyonu, zamanın ve başlangıç Pb(II) konsantrasyonunun artmasıyla arttığı gözlenmiştir. Pb iyonlarının hidratlanmış aljinat tanecikleri tarafından adsorpsiyon kinetiği, Pb(II) iyonlarının tüm konsantrasyonlar için ilk 15 dakika boyunca hızlı bir şekilde adsorplandığı görülmüştür.

Qiao ve diğ. [62], yapılan çalışmada pH'ı 6,0 olan YMO'dan, 65,12 mg'lık fonksiyonel bir besin olan Shiitake mantarı tarafından 1 dk'da Cd(II) iyonlarının %84'ünün adsorplandığını gözlemlemiş ve Shiitake mantarının özellikle düşük konsantrasyonda Cd(II) iyonlarının uzaklaştırılmasında etkili olduğunu göstermişlerdir.

Neijzen ve diğ. [63], yapılan çalışmada sık görülen Gama Hidroksi Butirat(GHB) zehirlenmelerinde AC kullanımı araştırılmıştır. 37 °C'de 100 mL YMO veya yapay bağırsak sıvısında, GHB, 2,5; 5,0; 7,5 ve 10,0 g dozlarında, standart AC 800 g'lık bir dozla karıştırılmış ve santifüjleme ile sıvıdan AC ayrılarak kalan GHB miktarı gaz kromatografisi ile ölçülmüştür. GHB'nin AC'ye bağlanmasının doza bağımlı olduğunu, mide pH'ında adsorpsiyonun bağırsaktan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Çocuklarda çok yüksek GHB dozlarının AC ile tedavisinin uygun olabileceğini göstermişlerdir.

Hoegberg ve diğ. [64], yapay mide ve bağırsak ortamında yapmış oldukları çalışmada çoklu ilaç zehirlenmelerinde görülen yüksek dozdaki ilaç alımında AC'un kullanımını araştırmışlardır. Çalışmada kombine parasetamol ve aktive edilen amitriptilin

karıştırılarak karma ilaç adsorpsiyon şişeleri hazırlanmış kullanıma hazır Carmix ve Norit kullanıma hazır preparatlar kullanılarak sonuçlar HPLC ile analiz edilmiş, iki preparatın aynı şartlarda farklı adsorpsiyon değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma AC kullanımının bulantı, kusma ve müteakip aspirasyonun önlenmesi açısından önemli olabileceğini göstermiştir.

Altınışik [65], tatarik asite çarpaz bağlanan polietilen glikol (PEG) ve polivinil alkol (PVA) olarak farklı iki hidrojel film sentezlenerek model ilaç olarak amoksisilin, YMO olarak KCl/HCl tamponu ve bağırsak ortamı olarak phosphate buffered saline (PBS) tamponu kullanılan ortamlarda ilaç salınımı incelenmiştir. Tüm örnekler YMO'da salınım yaparken yapay bağırsak sıvısında kısmen salınım yaptığı görülmüştür.

Çiftçi [66], Ni(II)'nin, insan vücuduna olan zararlı etkilerini azaltmak için organizmadan katı faz ekstraksiyon (adsorpsiyon) tekniği ile uzaklaştırılması üzerine çalışmıştır. Adsorban olarak asma dalından elde edilen yeni bir AC kullanıldığı kesikli sistemde YMO'da, Ni(II) iyonları için en uygun adsorpsiyon parametreleri (pH, süre, karıştırma hızı, adsorban miktarı ve diğer bileşenlerin etkisi) araştırmıştır. Ağır metal analizleri HR CS-FAAS ile gerçekleştirilmiştir. Başlangıç Ni(II) iyonu derişimi 10 mg/L ve adsorban miktarı 0,5 g olarak aldığı çalışmalarda pH 3,5-5,5 aralığında Ni(II) iyonlarının maksimum adsorpsiyon veriminin %92 olduğu bulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Cihazlar ve Malzemeler

Çalışmada metal tayinleri Analytik Jena ContrAA 300 (GLE, Berlin, Germany) Model HR-CS FAAS cihazı kullanılarak eser element tayinleri yapılmıştır (Şekil 3.1). Aletsel parametreler cihazların katalogunda verilen değerlere ayarlanmış; en yüksek analit sinyalinin elde edilebilmesi için alev bileşimi ve alev başlığı yüksekliği araştırılmıştır.



Şekil 3.1. HR CS-FAAS Cihazı

3.2. Yapay Mide Ortamının Hazırlanması

“NIOSH tarafından önerilen, Tablo 3.1’de verilen bileşim hazırlanarak, YMO olarak kullanılmıştır.

Tablo 3.1. NIOSH tarafından önerilen detaylı YMO'nun bileşenleri [67]

Bileşen	Miktarı (g/L)
Elektrolitler ve İyonik Bileşenler	
Kalsiyum klorür dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,2646
Magnezyum klorür hegzahidrat ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	0,1525
Potasyum klorür (KCl)	0,8647
Sodyum klorür (NaCl)	2,8559
0,04 M Hidroklorik asit (HCl)	1,4263
Sodyum bromür (NaBr)	0,0008
Bakır(II) klorür dihidrat ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0,0003
Sodyum florür (NaF)	0,0009
Potasyum pentaklorür (PCl_5)	0,4707
Organik Asit ve Karbonhidratlar	
D(+)-Früktöz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)	0,1380
D(+)-Glikoz ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)	0,3500
D(+)-Glukuronikasitin sodyum tuzu, monohidrat ($\text{C}_6\text{H}_9\text{NaO}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	0,0241
Sialik asit ($\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{NO}_9$)	0,0731
Aminoasit tableti	0,2672
Azotlu Bileşikler	
1 M Amonyum hidroksit (NH_4OH)	0,1996
Üre ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)	0,0840
Ürik asit ($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$)	0,0080
Vitamin tableti	0,9502
Pepsin	3,2000

3.3. Adsorbanın (ACVS) Sentezi ve Karakterizasyonu

Çalışmada kullanılan ACVS, kurutulup değirmende çekilerek toz haline getirilmiş asma dallarının, ZnCl_2 ile kimyasal aktivasyonu sonucunda elde edilmiştir. AC, 40 g /30 g (asma dalı/ ZnCl_2) ağırlık oranında ZnCl_2 'le aktive edilen örneklerin 700 °C'de piroliziyle hazırlanmıştır [68].

Elde edilen AC'a ait bazı bilgiler Tablo 3.2'de bildirilmiştir [68].

Tablo 3.2. ACVS'nin bazı fizikokimyasal özellikleri [68].

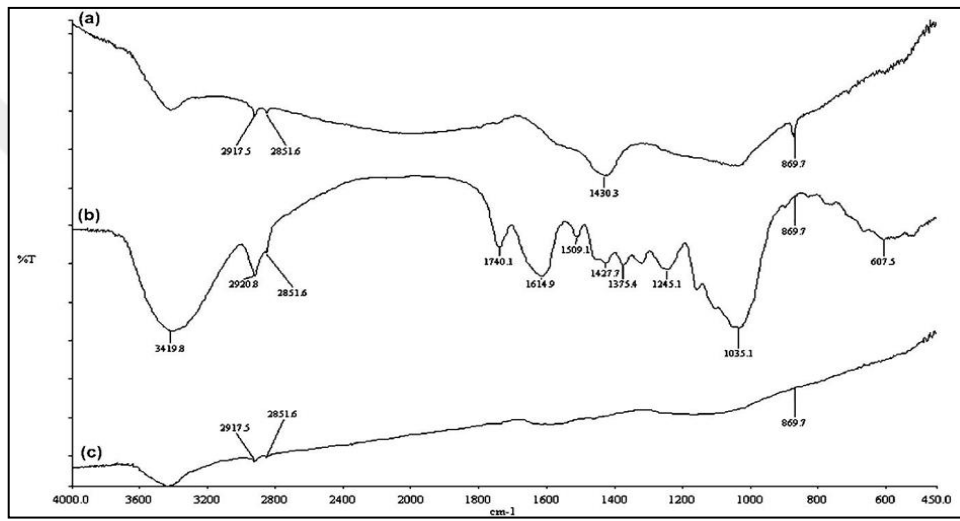
Parametre	Değeri
BET Yüzey Alanı	1649 m^2/g
Toplam Gözenek Hacmi	0,842 cm^3/g
Karbon İçeriği	%89,65
pH_{pzc} Değeri	4,8
İyot Sayısı	1276 mg/g

AC'ların yüzeylerindeki asidik ve bazik grupların, tür ve miktarlarının belirlemek için Boehm titrasyonu kullanılır. Bu titrasyonda 0,05 N'de HCl, NaOH, NaHCO_3 ve Na_2CO_3 kullanılır. Kullandığımız ACVS'nin bu yöntemle belirtilen asidik grupları sırasıyla 0,0484;

0,1082; 0,095 ve 0,02367 meq/g'dır. Bu sonuçlara göre AC'un önemli miktarda yüzey fonksiyonel gruplara sahip olduğu belirlenmiştir. Bilhassa karboksilik grupların varlığı, Boehm titrasyonunu sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Orijinal haldeki ve işlem görmüş asma dalı numunelerinin içerdiği fonksiyonel grupların ve değişimlerinin belirlenmesi amacıyla, fonksiyonel grupların absorbands (veya transmitans) değerleri belirlenmiştir.

ACVS'nin FT-IR spektrumu Şekil 3.2'de, elementel analiz sonuçları Tablo 3.2'de ve 700 °C ısıtılma işlemdeki Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüsü Şekil 3.3'de verilmiştir.

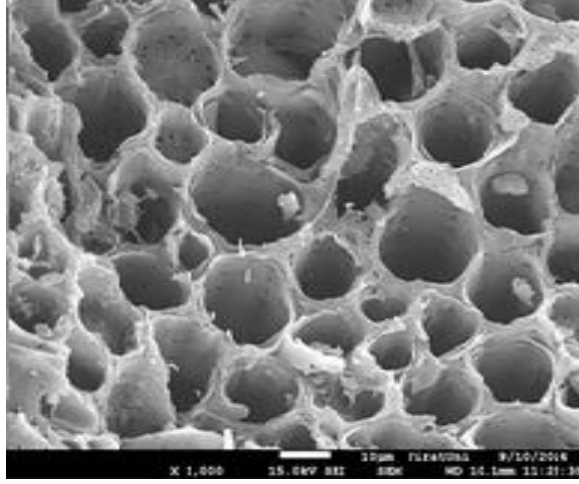


Şekil 3.2. ACVS'nin FT-IR spektrumu [68].

Şekil 3.2'de verilen ACVS'nin FT-IR spektrumunda a) 700°C'deki AC b) ham asma dalı c) ZnCl₂ ile aktive edilmiş AC, her üç numunede de 3400 cm⁻¹'de görülen pikler, O-H yapısının göstergesi olarak alkol, fenol ve karboksilik grupların varlığını göstermektedir. 2850 cm⁻¹-2920 cm⁻¹ arasındaki pikler C-H yapısını, 1740 cm⁻¹'deki pikler C=O yapısını, 1614 cm⁻¹'deki pikler C=C yapısını ve 1510 cm⁻¹'deki pikler C-C yapısını göstermektedir. 600 cm⁻¹-870 cm⁻¹ iki bantta yapının aromatik halka yapısının olduğunu gösterir.

Tablo 3.3. ACVS'nin elementel analiz sonuçları [68].

Element	%
C	89,65
N	1,58
H	0,71
S	0,06
O	8,00

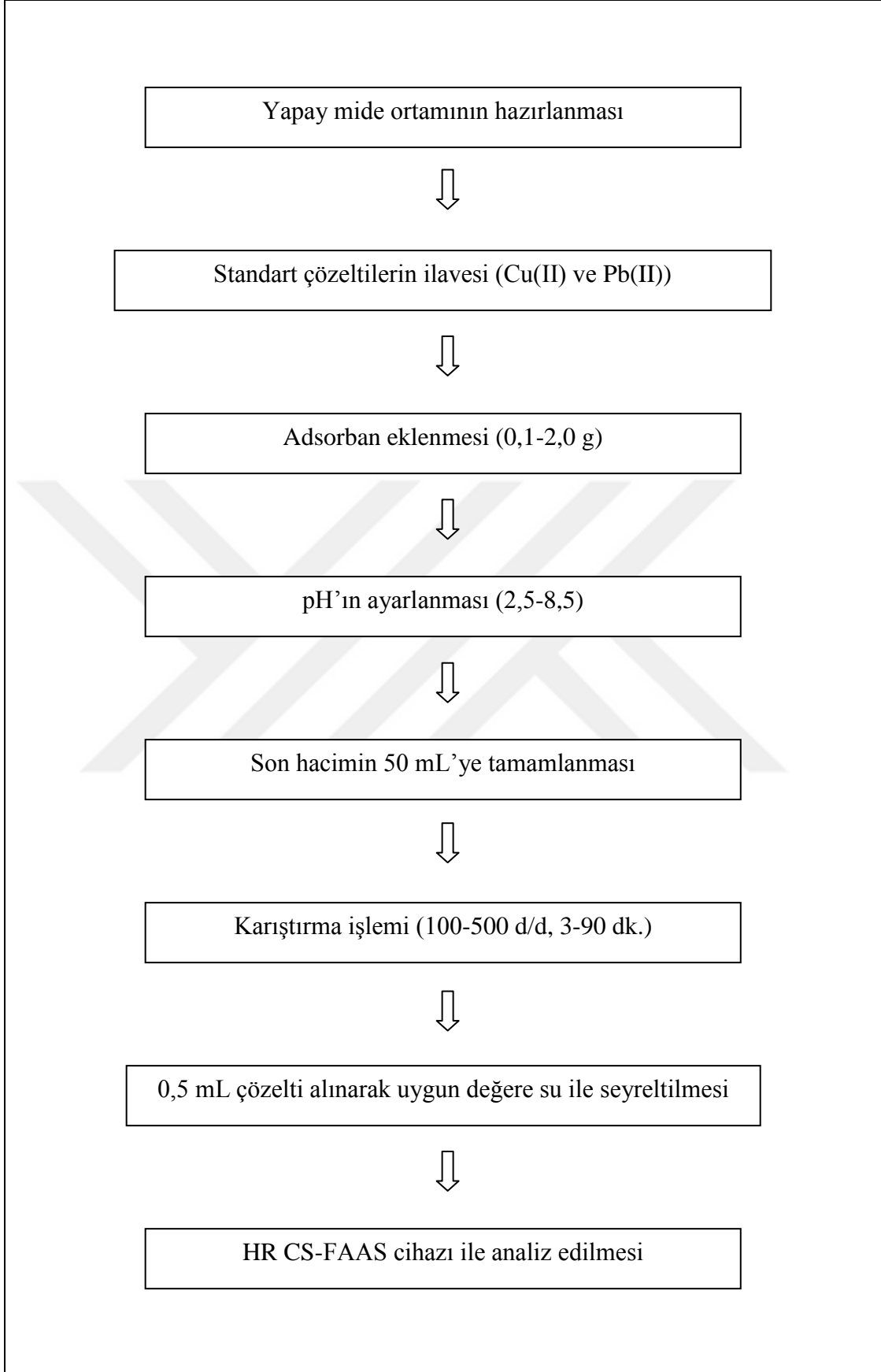


Şekil 3.3. ACVS'nin 700 °C ısıtılmasındaki SEM görüntüsü [68].

Şekil 3.3'deki ACVS'nin SEM görüntüsündeki kanallar, boşluklar ve büyük dış yüzey çatlakları, yeterli gözenek büyüklüğü, geniş yüzey alanı ve oldukça gözenekli bir yapıya sahip olması yüksek adsorpsiyon özelliğinin olduğunu göstermektedir.

3.4. AC'la Yapılan Adsorpsiyon İşlemi

Şema 3.1'de bulunan basamaklar izlenerek AC'un Cu(II) ve Pb(II)'ye olan ilgisi incelenmiştir.



Şema 3.1. ACVS ile adsorpsiyon işleminde izlenen akış şeması

4. BULGULAR

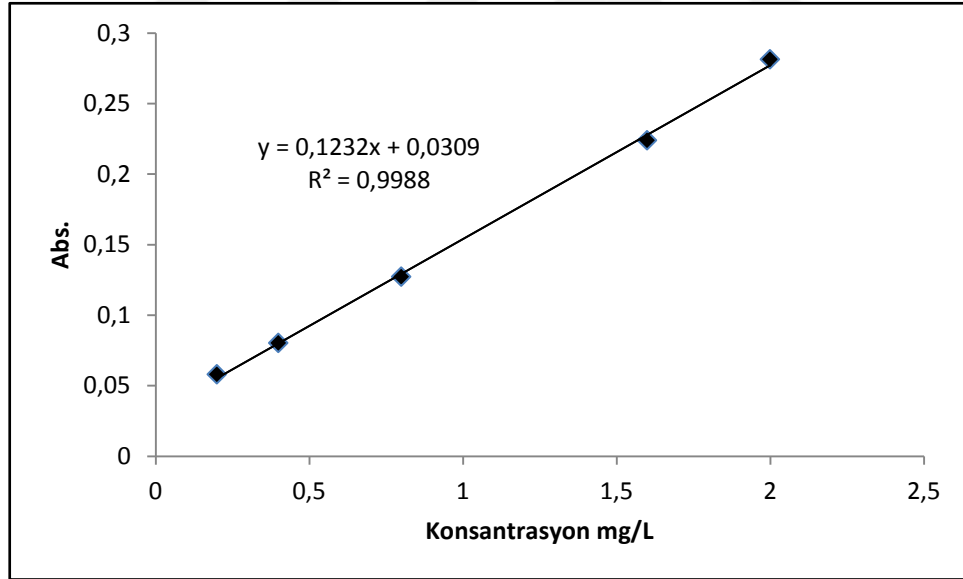
4.1. Cihaz Parametreleri

Kurşun analizi için HR CS-AAS cihazında kullanılan parametreler Tablo 4.1’de verilmiştir.

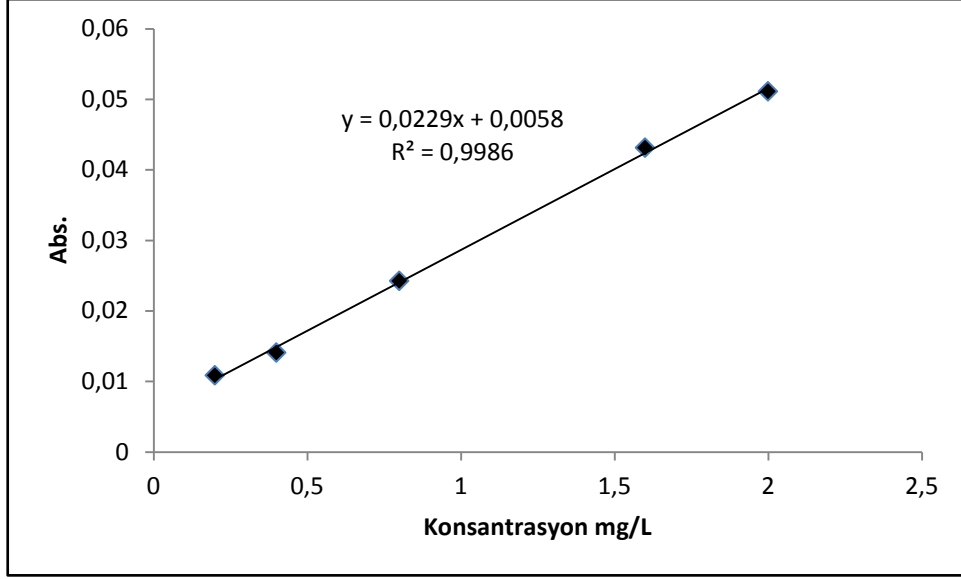
Tablo 4.1. Pb(II) ve Cu(II) tayini için cihaz parametreleri

4.2. Metal Tayinleri için Kalibrasyon Eğrisi

Çalışmalarda 1000 mg/L derişime sahip Cu(II) ve Pb(II) stok standart çözeltisi kullanılmıştır. %65’lik, 1,39 kg/L yoğunluğa sahip HNO₃’den 1,74 mL alınıp saf su ile 250 mL’ye tamamlanarak, Cu(II) ve Pb(II) çözeltilerini seyreltilmesinde kullanılacak olan 0,1 mol/L HNO₃ çözeltisi hazırlanmıştır. Stok çözeltilerin gerekli miktarları 0,1 mol/L HNO₃ ile 0,2; 0,4; 0,8; 1,6 ve 2,0 mg/L’ye uygun hacimlere tamamlanarak kalibrasyon eğrilerinin hazırlanmasında kullanılmıştır (Şekil 4.1 ve 4.2).



Şekil 4.1. Cu(II) için kalibrasyon grafiği

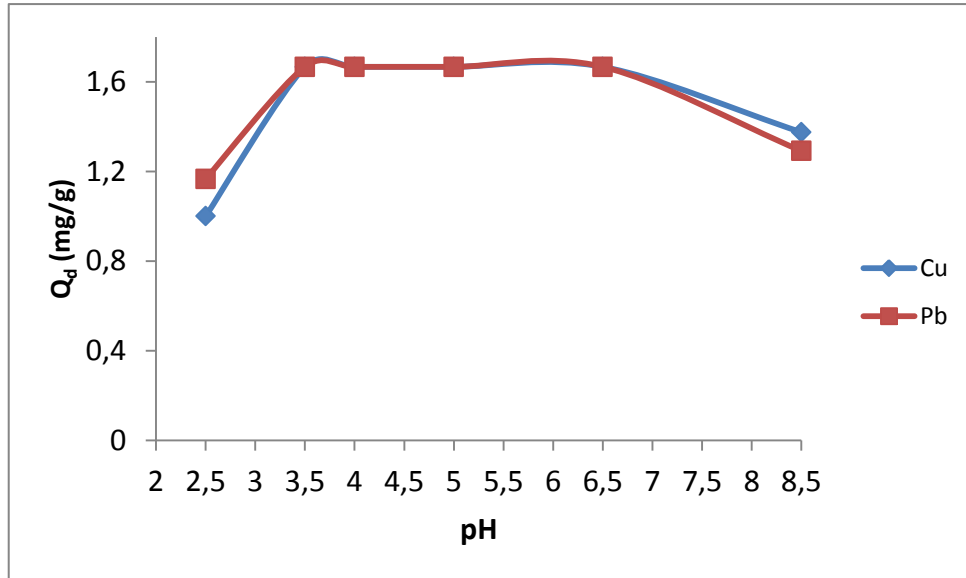


Şekil 4.2. Pb(II) için kalibrasyon grafiği

4.3. Cu(II) ve Pb(II) İyonlarının Adsorpsiyonu Üzerine Etki Eden Parametreler

4.3.1. Çözelti pH'ı

pH'ın etkisini incelemek amacıyla, 10 mg/L derişimde Cu(II) ve 0,3 g adsorban miktarı ile, 2,5; 3,5; 4,0; 5,0, 6,5 ve 8,5 pH değerlerinde çalışmalar yapılmıştır. Aynı çalışmalar Pb(II) için tekrarlanarak, belirtilen pH'larda adsorpsiyon kapasitesi (Q_d) hesaplanmış ve Q_d değerleri pH'a karşı grafiğe alınmıştır (Şekil 4.3).

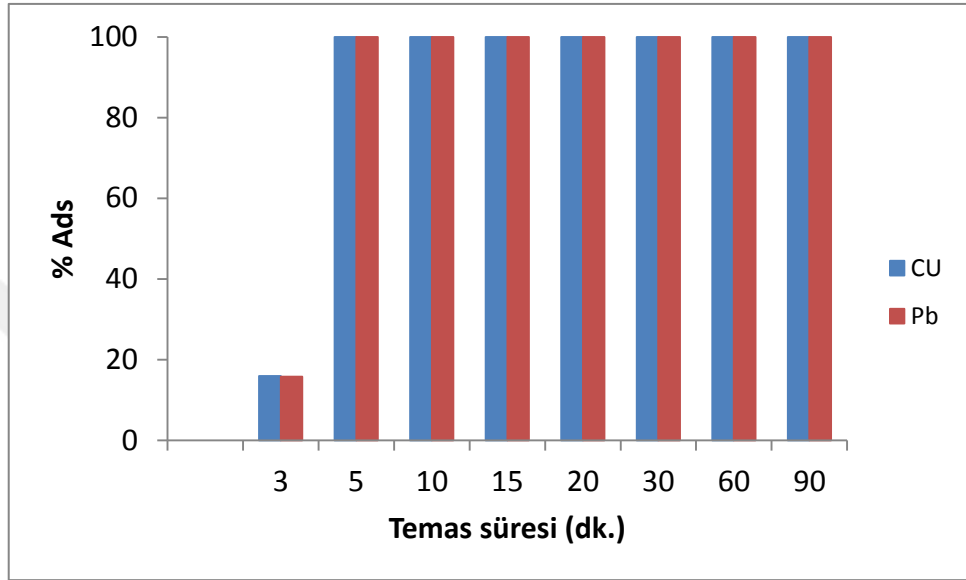


Şekil 4.3. pH'ın Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi

(Örnek hacmi: 50 mL; C_0 : 10 mg/L; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 90 dk.; Adsorban: 0,3 g ACVS; $N=3$)

4.3.2. Temas Süresi

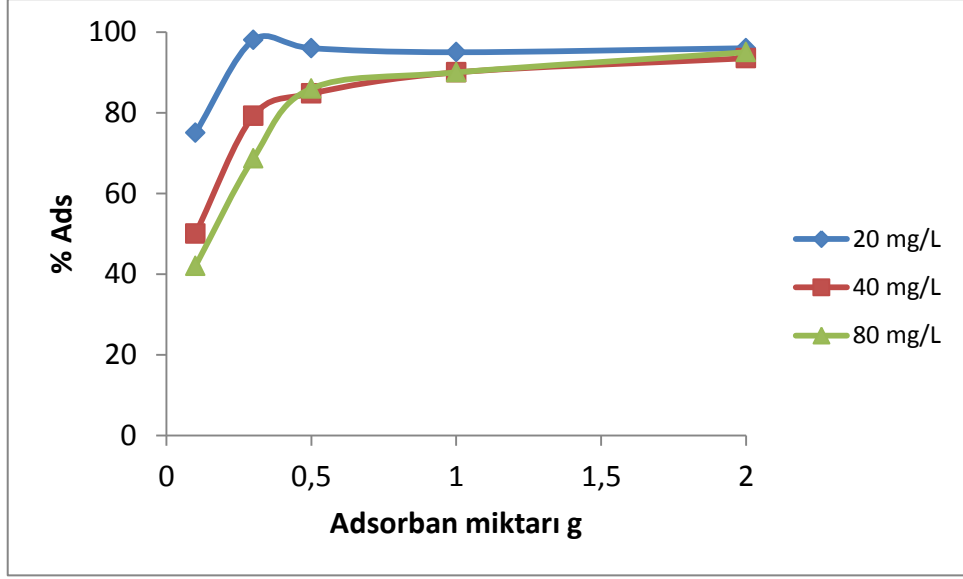
İdeal temas süresini belirleyebilmek için 10 mg/L başlangıç konsantrasyonlu 50 mL örnekte, 250 d/d karıştırma hızında, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60 ve 90 dakika için çalışmalar yapılmıştır. Cu(II) ve Pb(II) için ayrı ayrı yaptığımız çalışmalarda elde ettiğimiz % adsorpsiyon verimleri süreye karşı grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.4).



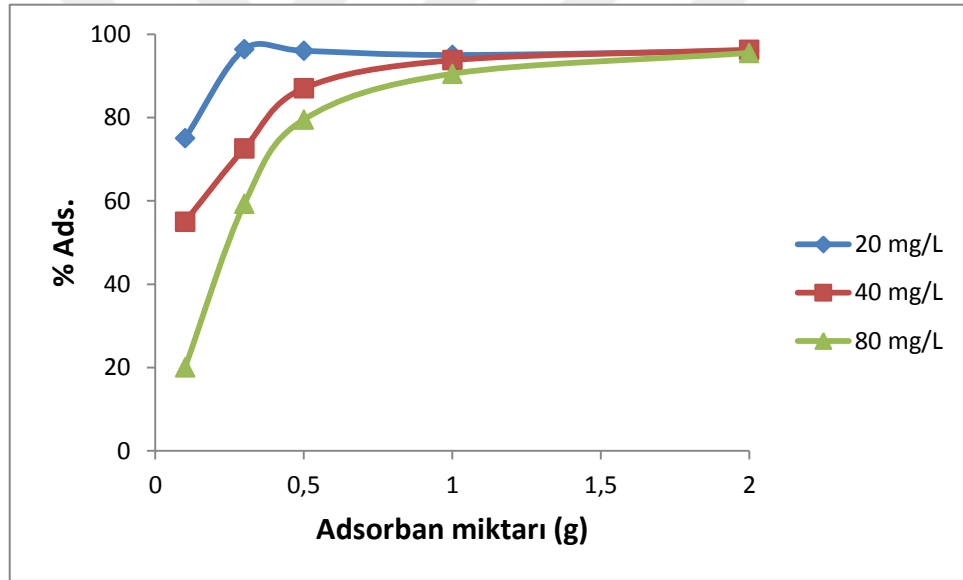
Şekil 4.4. Temas süresinin Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi
(Örnek hacmi: 50 mL; pH: 5,0; C_o : 10 mg/L; Karıştırma hızı: 250 d/d; Adsorban: 0,3 g ACVS;
 $N=3$)

4.3.3. Adsorban Miktarı

İdeal adsorban miktarını belirleyebilmek için 50 mL örnekte, 250 d/d karıştırma hızında, 5 dakika temas süresinde, 20, 40 ve 80 mg/L başlangıç iyon derişiminde çalışmalar yapılmıştır. Farklı adsorban miktarlarıyla yaptığımız çalışmalarda elde ettiğimiz adsorpsiyon verimleri (%)’nin değişimi Şekil 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.



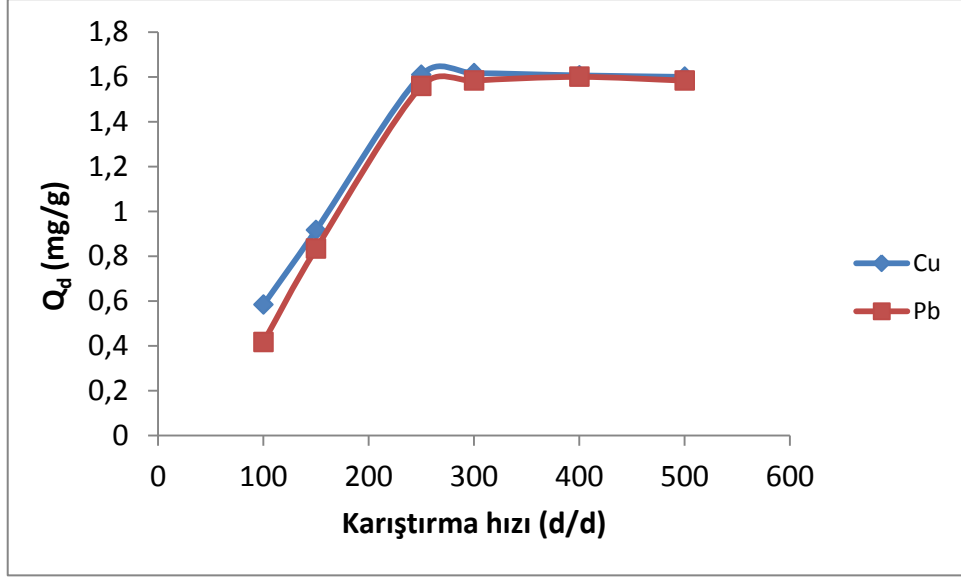
Şekil 4.5. Adsorban miktarının Cu(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi
(Örnek hacmi: 50 mL; C_o : 10 mg/L; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; N=3)



Şekil 4.6. Adsorban miktarının Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi
(Örnek hacmi: 50 mL; C_o : 10 mg/L; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; N=3)

4.3.4. Karıştırma Hızı

Karıştırma hızının, Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisini araştırdığımız çalışmamızda 50 mL örnekte, 5 dakika temas süresinde, 10 mg/L başlangıç iyon derişiminde, 100, 150, 250, 300, 400 ve 500 d/d karıştırma hızlarında adsorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. Yaptığımız çalışmalarda elde ettiğimiz, farklı karıştırma hızlarında, iyonların adsorpsiyon kapasiteleri (Q_d) Şekil 4.7’de grafiğe geçirilmiştir.



Şekil 4.7. Karıştırma hızının Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisi

(Örnek hacmi: 50 mL; C_o : 10 mg/L; pH: 5,0; Temas süresi: 5 dk.; Adsorban: 0,3 g ACVS; N=3)

4.3.5. Diğer Bileşenler

Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine YMO'daki diğer bileşenlerin etkisini incelediğimiz çalışmamızda 50 mL örnek hacminde 10 mg/L başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimlerinde örneklerimize YMO'daki bileşenlerin fazlası KCl (0,5 g); PCl_5 (0,5 g); NaCl (1,5 g); $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (0,3 g); $CH_4(N_2O)$ (0,2 g) ve $C_6H_{12}O_6$ (0,5 g) ayrı ayrı ortama eklenerek Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. YMO'daki bileşenlerin Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi

Bileşen	Cu(II) Ads. Yüzdesi* %	Pb(II) Ads. Yüzdesi* %
KCl (0,5 g)	97±2	97±2
PCl_5 (0,5 g)	98±2	98±2
NaCl (1,5 g)	96±1	98±1
$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (0,3 g)	98±2	96±2
$CH_4(N_2O)$ (0,2 g)	99±2	98±2
$C_6H_{12}O_6$ (0,5 g)	100±3	97±3

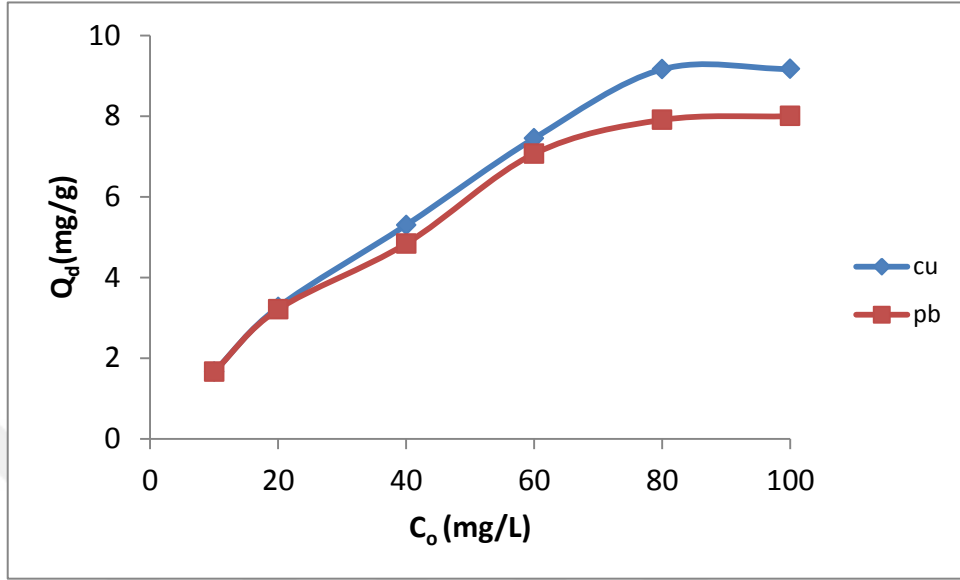
* üç ölçüm ortalaması ± standart sapma

(Örnek hacmi: 50 mL; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; Adsorban: 0,3 g ACVS; N=3)

4.3.6. Başlangıç Derişimi

Başlangıç iyon derişiminin, Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisini araştırdığımız çalışmamızda 50 mL örnekte, 5 dakika temas süresinde, 250 d/d karıştırma hızında, 10, 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/L başlangıç iyon derişimlerinde çalışmalar

yapılmıştır. Yaptığımız çalışmalarda, farklı başlangıç iyon derişimlerinde elde edilen iyonların adsorpsiyon kapasiteleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.8). Sayısal değerler Tablo 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Cu(II) ve Pb(II) iyonları için başlangıç derişiminin adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisi (Örnek hacmi: 50mL; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; N=3)

Tablo 4.3. Farklı Cu(II) iyon derişimlerinde adsorpsiyon kapasiteleri ve % adsorpsiyon verimleri

C _o (mg/L)	Q _d (mg/g)	% Ads
10	1,67	100,00
20	3,27	98,00
40	5,30	79,50
60	7,45	74,50
80	9,16	68,70
100	9,17	55,00

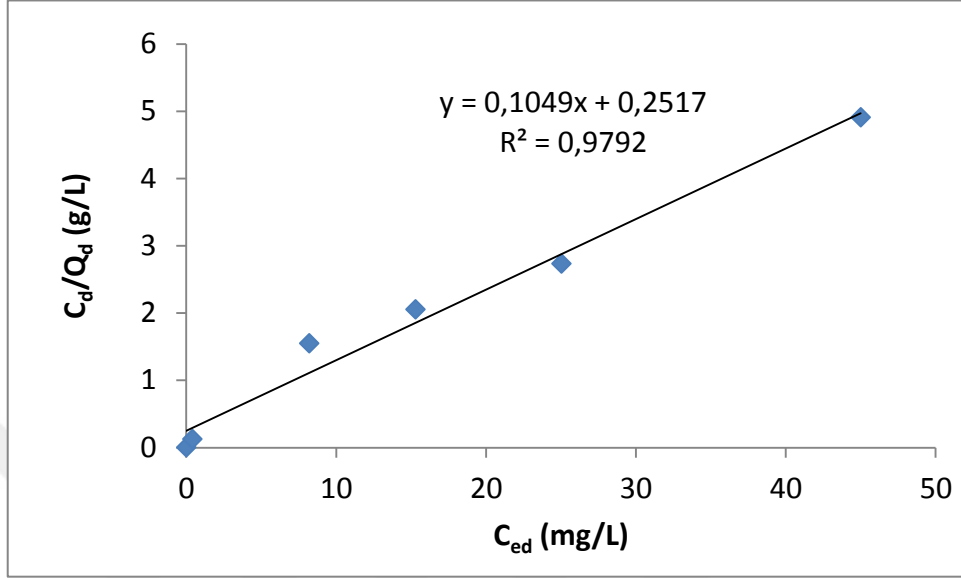
Tablo 4.4. Farklı Pb(II) iyon derişimlerinde adsorpsiyon kapasiteleri ve % adsorpsiyon verimleri

C _o (mg/L)	Q _d (mg/g)	% Ads
10	1,67	100,00
20	3,21	96,40
40	4,84	72,60
60	7,07	70,67
80	7,91	59,30
100	8,00	48,00

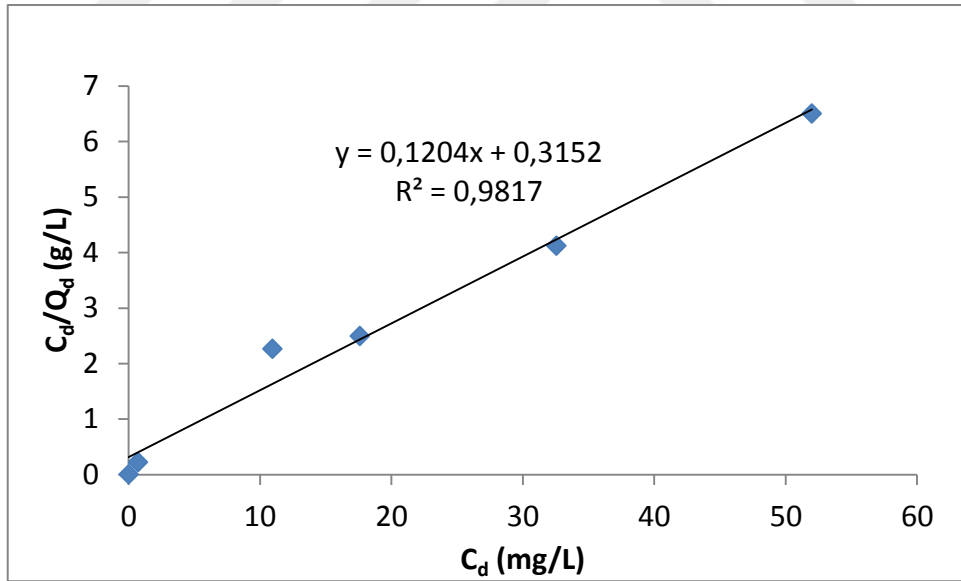
4.3.7. Doğrusallaştırılmış Langmuir Adsorpsiyon İzotermi

ACVS’nun, Cu(II) ve Pb(II) iyonlarını ne kadar adsorplayabileceğini değerlendirmek için adsorbantın kapasitesi araştırılmıştır.

Lineerleştirilmiş Langmuir denklemine göre denge durumunda, çözeltildeki analit derişimi (C_d) ve birim adsorbant üzerine adsorplanan analit miktarı (Q_d) dikkate alınarak, C_d/Q_d 'ye karşılık C_d değerleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.9 ve 4.10).



Şekil 4.9. Cu(II) için Doğrusallaştırılmış Langmuir adsorpsiyon izotermi
(Örnek hacmi: 50 mL; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; N=3)



Şekil 4.10. Pb(II) için Doğrusallaştırılmış Langmuir adsorpsiyon izotermi
(Örnek hacmi: 50 mL; pH: 5,0; Karıştırma hızı: 250 d/d; Temas süresi: 5 dk.; N=3)

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, insan sağlığına toksik etkisi olan bakır ve kurşunun yapay mide ortamında yeni bir aktif karbon türü (asma dalından elde edilen) ile giderilmesi amaçlanmıştır. Adsorban olarak asma dalından elde edilen yeni bir aktif karbon kullanılmıştır. Tablo 3.1’de verilen NIOSH (Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü) tarafından önerilen yapay mide ortamı hazırlanarak, kesikli sistemde en uygun adsorpsiyon parametreleri (pH, süre, karıştırma hızı, adsorban miktarı ve diğer bileşenlerin etkisi) incelenmiştir.

Asma dalından elde edilen aktif karbonun adsorplayıcı olarak kullanıldığı kesikli sistemde yaptığımız çalışmada;

pH’ın Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerindeki etkisini incelediğimizde, ortam pH’ın bu iyonların aktif karbon tarafından adsorplanmasında önemli parametrelerden biri olduğu anlaşılmıştır. Bu iyonların başlangıç derişimi 10 mg/L ve adsorban miktarı 0,3 g olarak alınan çalışmalarda Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine pH’ın etkisini belirlemek amacıyla, pH 2,5; 3,5; 4,0; 5,0; 6,5 ve 8,5’de çalışılmıştır (Şekil 4.3). pH 3,5-6,5 arasında adsorpsiyon kapasitesinin yüksek olduğu, pH’ın 3,5’un altına düşmesiyle veya 6,5’un üzerine çıkmasıyla adsorplama kapasitesinin azaldığı görülmüştür. Bundan sonraki çalışmamızda mide ortamının pH’ı (3,0-6,5) da dikkate alınarak çalışmalara pH 5,0’da devam edilmiştir.

Temas süresinin Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisi incelediğimizde, uygun temas süresinin belirlenmesi için 50 mL örnek hacminde, 10 mg/L başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimlerinde, 250 d/d karıştırma hızında ve 3-90 dk temas sürelerinde çalışılmıştır (Şekil 4.4). En yüksek adsorpsiyon veriminin 5-90 dk arasında olduğu görülmüştür ve bundan sonraki çalışmalarımıza 5 dk temas süresi ile devam edilmiştir.

Adsorban miktarının Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyon verimi üzerine etkisini incelediğimizde, 50 mL örnek hacminde, 20, 40 ve 80 mg/L başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimlerinde ve 0,1-2,0 g arasında adsorban miktarlarıyla çalışmalar yapılmıştır. En iyi adsorpsiyon verimine 0,3 g adsorban miktarında ulaşılmıştır (Şekil 4.5 ve 4.6). Sonraki çalışmalarda 0,3 g aktif karbon kullanılarak devam edilmiştir.

Karıştırma hızının Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının adsorpsiyonu üzerine etkisini incelediğimizde 100-500 d/d'de yaptığımız çalışmada en yüksek adsorpsiyon kapasitesine 250 d/d'de ulaşılmış ve 500 d/d'e kadar yüksek adsorpsiyon kapasitesinin olduğu görülmüştür (Şekil 4.7). Sonraki çalışmalara 250 d/d'de devam edilmiştir.

Başlangıç Cu(II) ve Pb(II) derişimlerinin adsorpsiyon kapasitesi üzerine etkisini incelediğimiz çalışmalarımızda Cu(II) ve Pb(II) derişimleri 10-100 mg/L arasında olacak şekilde çalışılmıştır. Başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyon derişimleri arttıkça adsorpsiyon kapasitenin arttığını ve 80 mg/L den sonra sabit kaldığı görülmüştür (Şekil 4.8). Konsantrasyon artışına bağlı olarak daha kısa sürede doygunluğa ulaşılmıştır. Başlangıç Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının derişimi arttıkça denge değerlerinin arttığı ve verim değerlerinin ise azaldığı görülmüştür (Tablo 4.3 ve 4.4).

Cu(II)'in ve Pb(II)'nin adsorpsiyonu için bulunan en uygun deney değişkenleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Cu(II)'nin ve Pb(II)'nin adsorpsiyonu için bulunan en uygun deney değişkenleri

Değişkenler	Cu(II)	Pb(II)
pH	3,5-6,5	3,5-6,5
Adsorpsiyon süresi, dk.	5	5
Karıştırma hızı, d/d	250	250
Adsorban miktarı, g (50 mL örnek çözelti için)	0,3	0,3

Cu(II) ve Pb(II)'nin asma dalından elde edilen aktif karbon üzerinde hangi miktarlara kadar adsorplanabileceğinin değerlendirmek için adsorbanın kapasitesi araştırılmıştır.

Lineerleştirilmiş Langmiur denklemine göre denge durumunda, çözeltildeki analit derişimi (C_d) ve birim adsorbant üzerine adsorplanan analit miktarı (Q_d) dikkate alınarak, C_d/Q_d ye karşılık C_d değerleri grafiğe geçirilmiştir (Şekil 4.10 ve 4.11). Yapılan çalışmalarda korelasyon katsayısı (R^2), Cu(II) için 0,9792, Pb(II) için 0,9817 olarak belirlenmiştir. Elde edilen doğrunun R^2 değerinden adsorpsiyon davranışının Langmiur modeli ile uyumluluğu değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, adsorpsiyonun yüzeyde tek bir tabaka halinde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu doğrunun eğiminden ($1/q_{max}$) ve kesim noktasından ($1/K_L q_{max}$) maksimum adsorpsiyon kapasitesi (q_{max}) ve adsorpsiyon enerji sabiti (K_L) hesaplanmıştır (Şekil 4.10 ve 4.11). q_{max} ve K_L değerleri Cu(II) için sırasıyla 9,533 mg/g ve 0,4168 L/mg, Pb(II) için 8,305 mg/g ve 0,3820 L/mg olarak hesaplanmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının ACVS üzerindeki adsorpsiyonu için Langmuir izoterm değişkenleri

Analit	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2
Cu(II)	9,533	0,4168	0,9792
Pb(II)	8,305	0,3820	0,9817

Literatürde Cu(II) iyonunun adsorpsiyonunda kullanılan bazı adsorbanlar ve elde edilen parametreler Tablo 5.3'te, Pb(II) iyonunun adsorpsiyonunda kullanılan bazı adsorbanlar ve elde edilen parametreler Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.3. Cu(II) iyonunun adsorpsiyonuyla ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen parametreler

Adsorban	Adsorpsiyon Ortamı	pH	Adsorpsiyon Kapasitesi (mg/g)	Adsorpsiyon Verimi (%)	Temas Süresi (dk)	Kaynak
Pıkan Cevizi kabuğundan elde edilen AC	Sulu Çözelti	4,8	0,02	-	-	Klasson ve diğ., 2008
Granül AC	Sulu Çözelti	5,0	5,37	-	-	Chen ve diğ., 2004
AC (Norit)	Sulu Çözelti	4,0	3,177	60	-	Mahaninia ve diğ., 2014
Üzüm posasından elde edilen AC	Sulu Çözelti	5,0	43,47	-	-	Demiral ve diğ., 2015
Atık su çamurundan elde edilen AC	Sulu Çözelti	5,0	7,73	-	-	Wang ve diğ., 2011
ACVS	Yapay Mide Ortamı	3,5-6,5	9,533	100	5	Bu Çalışma

AC: Aktif Karbon

Tablo 5.4. Pb(II) iyonunun adsorpsiyonuyla ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen parametreler

Adsorban	Adsorpsiyon Ortamı	pH	Adsorpsiyon Kapasitesi (mg/g)	Adsorpsiyon Verimi (%)	Temas Süresi (dk)	Kaynak
Guava Tohumundan elde edilen AC	Sulu Çözelti	5,0	11	-	-	Brudey ve diğ., 2015
Dinde taşından elde edilen AC	Sulu Çözelti	5,0	7	-	-	Brudey ve diğ., 2015
Tropik badem kabuklarından elde edilen AC	Sulu Çözelti	5,0	4,5	-	-	Brudey ve diğ., 2015
İnek kemiğinden elde edilen AC	Sulu Çözelti	4,0	50,1	-	-	Cechinel ve diğ., 2013
Patates kabuklarından elde edilen AC	Sulu Çözelti	6,0	171,2	-	-	Kyzas ve diğ., 2019
ACVS	Yapay Mide Ortamı	3,5-6,5	8,305	100	5	Bu Çalışma

AC: Aktif Karbon

Sonuç olarak;

- Asma dalı atıklarından elde edilen AC'nun Cu(II) ve Pb(II) iyonlarının gideriminde literatürle karşılaştırılabilecek kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir.
- Ekonomik ve doğal bir ürün olan ACVS acil uygulamalarda bakır ve kurşun adsorpsiyonu için uygulanabilir özelliktedir.
- Gelecekte diğer elementler için proje üretilebilecek potansiyele sahiptir.
- Ticari olarak kullanılan adsorbanlarla performans değeri karşılaştırılabilir.
- Çalışmalar ayrıca farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1]. Ercan, Ö., 2008, *Bakır(II) İyonunun Katı Faz Ekstraksiyonu - AAS Kombinasyonu ile Tayini*, Yüksek Lisans, Kayseri Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Tietz, N.W., 1998, 8-C Trace Elements, Textbook of Clinical Chemistry, WB Saunder Company, Philedelphia.
- [3] Milne, D.B., 1998, Copper Intake and Assessment of Copper Status, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), 1041-1045.
- [4] Bölükbaş, N., 1994, *Guatr Hastalığında Ameliyat Öncesi ve Sonrası Dönemde Bakır, Çinko ve Tiroid Hormonları Arasındaki İlişkiler*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [5] Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Metal Madenler Alt Komisyonu Bakır-Pirit Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- [6] Bingöl, M., 2007, *Türkiye’de Satışa Sunulan Alkolsüz İçeceklerde Bazı Ağır Metallerin Miktarlarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Kamalak, F., 2006, *Kahramanmaraş Bölgesindeki Akarsu ve Kaynak Sularındaki Kurşun, Kadmiyum ve Bakırın Birlikte Çöktürme/Özenginleştirme ve Alev Atomik Absorpsiyon Spektrometresiyle Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Yarze, J.Y., Martin, P., Munnoz, S.J. ve Friedman, L.S., 1992, Wilson’s Disease Current Status, *The American Journal of Medicine*, 92(6), 643-653.
- [9] Yenson, M., 1990, *İnsan Biyokimyası*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 4. Baskı.
- [10] Linder, M.C. ve Hazeng-Azam, M., 1996, Copper Biochemistry and Molecular Biology, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 63(5), 797-811.
- [11] Natr, R., 1997, Copper Deficiency and Heart Disease: Molecular Basis, Recent

- Advances and Current Concepts, *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 29(11), 1245-1254.
- [12] Uauy, R., Olivares, M. ve Gonzalez, M., 1998, Essentiality of Copper in Humans, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), 952-959.
- [13] Hatipođlu, S., 1984, *Aktu Lenfoblastik Lösemide Plasma ve İdrarda Çinko ve Bakır Düzeylerinin Rölaps ve Remisyonadaki Değişimleri*, Uzmanlık Tezi, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi.
- [14] Sözen, H.G., Saltık, S. ve Karatoprak, E.Y., 2013, Menkes Hastalığı: Olgu Sunumu, *Göztepe Tıp Dergisi*, 28(1), 51-54.
- [15] Klevay, L.M., 2000, Dietary Copper and Risk of Coronary Heart Disease, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1213-1214.
- [16] Siemering, G., David, N., Hayworth, J. ve Franz A., 2005, *Aquatic Pesticides Monitoring Program Literature Review*, San Francisco Estuary Institute, California.
- [17] Nohut, S., 1998, *İlaç, Gıda ve Çevresel Örneklerde Bazı Ligandlar Kullanılarak Spektrofotometrik Bakır Tayini*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [18] Şimşek, N.G., 2010, *Metabolik Sendromlu Hastalarda Serum Bakır, Çinko ve Magnezyum Düzeylerinin Belirlenmesi*, Uzmanlık Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi.
- [19] Janet, Y., Uriu, A. ve Carl L., 2005, Copper, Oxidative Stress and Human Health, *Molecular Aspects of Medicine*, 26(4-5), 268-298.
- [20] Civelek, E., 2011, *Kurşuna Maruz Akü Fabrikası İşçilerinde Genotoksik Hasarın Challenge Tekniği ile Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [21] Kara, M.E., 1998, *Hemodiyaliz Programında Bulunan Kronik Böbrek Yetmezlikli Hastalarda Serum Kurşun Düzeylerinin İncelenmesi*, Uzmanlık Tezi, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi.

- [22] Metintaş, S. ve Sarıboyacı M.A., 1995, Kurşun ve Çocuk Sağlığı, *Sendrom*, 7(1995), 68-71.
- [23] Yapıcı, G.E., 1999, *Silivri Merkezde Yaşayan 6 Ay – 6 Yaş Arası Çocuklarda Asemptomatik Kurşun Zehirlenmesi Prevalansı – Bir Epidemiyolojik Çalışma*, Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi.
- [24] World Health Organisation, 2011, Lead in Drinking Water: Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality, WHO Press, Geneva, Switzerland, WHO/SDE/WSH/03.04/09/Rev/1.
- [25] Rahbar, M.H., White, F., Agboatwalla, M., Hozhabri, S.ve Luby, S., 2002, Factors Associated with Elevated Blood Lead Concentration in Children in Karachi, *Bulletin of the WHO*, Pakistan, 80(10), 769-775.
- [26] Girgin, G., 2003, *Kurşuna Maruziyetin Esansiyel Element Düzeyleri Üzerine Etkisi*, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [27] Kent, C., 1998, *Basics of Toxicology*, John Willey and Sons, Canada.
- [28] Chuen-Jinn, T., Tung-Sheng, S. ve Rong-Nan, S., 1997, Characteristics of Lead Aerosols in different Work Environments, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58(9), 650-656.
- [29] Klaassen, C.D., 1996, *Cassaret and Doull's Toxicology*, The Basic Science of Poisons, 5.Baskı, McGraw-Hill, China.
- [30] Agilent Technologies, 7500 ICP-MS Chemstation and Instrument Training, Course Number: H8974A, Student Manual.
- [31] Elçi. L., 1983, *Bazı Elementlerin Aktif Karbonla Zenginleştirildikten Sonra AAS ile Tayini*, Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [32] Tunceli, A., 1991, *Bazı Eser Elementlerin Amberlit XAD-16 ile Zenginleştirme Şartlarının Araştırılması ve AAS ile Tayinleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [33] Çiftçi, H., 2013, *Gıdalarda Eser Alüminyum Tayini İçin Katı Faz Özütleme Yöntemi Geliştirilmesi ve Ticari Katı Faz Kartuşu Üretilmesi*, TÜBİTAK-TBAG, 110T11, Kırşehir.
- [34] Welz, B., Borges, D.L.G., Leprib, F.G., Vale, M.G.R. ve Heitmannd, U., 2007, *Atomic Spectroscopy*, 62(9), 873–883.
- [35] Yıldız, A., Genç Ö. ve Bektaş S., 1997, *Enstrümental Analiz Yöntemleri*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 2.Baskı, Ankara.
- [36] Çalışan, Ç.E., 2016, *Gıdalar Ve Biyolojik Örneklerdeki Gümüş Ve Vanadyumun Tayini İçin Katı Faz Ekstraksiyon Esaslı Analitik Yöntem Geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [37] Yalçinkaya, Ö. 2010, *Bazı Eser Elementlerin Alüminyum Oksit/Tek Duvarlı Karbon Nanotüp ve Zirkonyum Oksit/Bor Oksit Nano Malzemeler Kullanılarak Katı Faz Özütleme Tekniği ile Zenginleştirilmesi ve Tayini*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [38] Hamutoğlu, R., Dinçsoy A.B., Cansaran-Duman D. ve Aras S., 2012, *Biyosorpsiyon, Adsorpsiyon Ve Fitoremediasyon Yöntemleri Ve Uygulamaları, Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(4), 235-53.
- [39] Bailey, S.E., Olin T.J., Bricka R.M. ve Adrian, D.D.A, 1999, *Review Of Potentially Low-Cost Sorbents For Heavy Metals*, *Water Research*, 33(11), 2469-2479.
- [40] Ghaedi, M., Asadpour, E. ve Vafaie, A., 2006, *Sensitized Spectrophotometric Determination of Cr (III) Ion for Speciation of Chromium Ion in Surfactant Media Using Alpha-Benzoin Oxime*, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 63(1), 182-188.
- [41] Liang, Y., Zhao, Z.H., Li, Q.M., Cui, F.L. ve Liu, G.G., 2007, *Study on Proconcentration of Trace Copper Using Microcrystalline Triphenyl-Methane Loaded with Malachite Gren*, *Chinese Journal of Chemistry*, 25(4), 521-526.
- [42] İleri, R., 2000, *Çevre Biyoteknolojisi*, Değişim Yayınları, 1. Baskı, Adapazarı.

- [43] Özer, A. ve Özer, D., 1998, Nikel (II) İyonlarının İki Kademeli Kesikli Kaptı Cladophora Crispaya ile Giderilmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*, 22(1998), 305-313.
- [44] Yalçın, H., 1995, *Su Teknolojileri*, Palme Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara.
- [45] Demir, R., 2005, *Vişne Çekirdeğinden Üretilen Aktif Karbon ile Sudan Nikel Giderimi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [46] Ülküseven, N., 1993, *Kirlenmiş Sulardan Killerle Ağır Metal İyonlarının Giderilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [47] Soriano, T., Jurado, C., Menéndez, M. ve Repetto, M., 2001, Improved Solid-Phase Extraction Method for Systematic Toxicological Analysis in Biological Fluids, *Journal of Analytical Toxicology*, 25(2), 137-143.
- [48] Yavuz, O. ve Aksoy, A., 2006, Örnek Hazırlamada Katı Faz Ekstraksiyonu Metodu, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 20(3), 259-269.
- [49] Türker, A.R., 2009, *Nano Boyuttaki Maddelerin Sentezi ve Bunların Katı Faz Özütleme Tekniği ile Eser Metallerin Zenginleştirilmesinde Kullanılması*, TÜBİTAK-TBAG, 106T668, Ankara.
- [50] Minczewski, J., Chwastowska, J. ve Dybczynski, R., 1983, Separation and Preconcentration Methods in Inorganic Trace Analysis, *Journal of Separation Science*, 6(9), 25-26.
- [51] Onundi, Y.B., Mamun, A.A., Al Khatib, M.F. ve Ahmed, Y.M., 2010, Adsorption of Copper, Nickel and Lead Ions from Synthetic Semiconductor Industrial Wastewater by Palm Shell Activated Carbon, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7 (4), 751-758.
- [52] Tahtat, D., Bouaicha, M.N., Benamer, S., Nacer-Khodjaa, A. ve Mahlousa, M., 2017, Development Of Alginate Gel Beads With A Potential Use in The Treatment Against Acute Lead Poisoning, *International Journal Of Biological Macromolecules*, 105(1), 1010–1016.

- [53] Saif, M.J., Rehman, F., Usman, M., Hussain, A. I., Chatha, S. ve Ali Shahid, 2015, Removal of Heavy Metals by Adsorption onto Activated Carbon Derived from Pine Cones of *Pinus Roxburghii*, *Water Environment Research*, 87(4), 291-297.
- [54] Cechinel, M.A.P., Souza, S.M.G.U. ve Souza, A.A.U, 2013, Study Of Lead(II) Adsorption onto Activated Carbon Origination from Cow Bone, *Journal of Cleaner Production*, 65(2014), 342-349.
- [55] Largitte, L., Brudey, T., Tant, T., Dumensil, P.C. ve Lodewyckx, P., 2015, Comparison of Adsorption of Lead by Activated Carbons from Three Lignocellulosic Precursors, *Microporous and Mesoporous Materials*, 219(2016), 265-275.
- [56] Kyzas, G.Z., Bomis, G., Kosheleva R.I., Efthimiadou, E.K., Favvas, E.P., Kostoglou, M. ve Mitropoulos, A.C., 2019, Nanobubbles Effect on Heavy Metal Ions Adsorption by Activated Carbon, *Chemical Engineering Journal*, 329(2019), 91-97.
- [57] Klasson, K.T., Wartelle, L.H., Rodgers, J.E. ve Lima, I.M., 2008, Copper(II) Adsorption by Activated Carbons from Pecan Shells: Effect of Oxygen Level During Activation, *Industrial Crops and Products*, 30(2009), 72–77.
- [58] Chen, J.P. ve Wu, S., 2004, Simultaneous Adsorption of Copper Ions and Humic Acid onto an Activated Carbon, *Journal of Colloid and Interface Science*, 280(2004), 334–342.
- [59] Mahaninia, M.H., Rahimian, P. ve Kaghazchi, T., 2014, Modified Activated Carbons With Amino Groups And Their Copper Adsorption Properties In Aqueous Solution, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23(2015), 50–56.
- [60] Demiral, H. ve GÜngör, C., Adsorption Of Copper(II) From Aqueous Solutions On Activated Carbon Prepared From Grape Bagasse, *Journal of Cleaner Production*, 124(2016), 103-113.
- [61] Tahtat, D., Bouaicha, M.N., Benamer, S., Nacer-Khodjaa, A. ve Mahlousa, M., 2017, Development of Alginate Gel Beads With a Potential Use in the Treatment

- Against Acute Lead Poisoning, *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(1), 1010–1016.
- [62] Qiao, X., Huang, W., ve Bian, Y., 2014, Effective Removal of Cadmium Ions from a Simulated Gastrointestinal Fluid by *Lentinus Edodes*, *International Journal of Environmental Research And Public Health*, 11(12), 12486-12498.
- [63] Neijzen, R., van Ardenne, P., Sikma, M., Egas, A., Ververs, T. ve van Maarseveen, E., 2012, Activated Charcoal for GHB Intoxication: An In Vitro Study, *European Journal of Pharmaceutical Sciences* 47(5), 801–803.
- [64] Hoegberg, L.C., Groenlykke, T.B., Abildtrup, U. ve Angelo, H.R., 2010, Combined Paracetamol and Amitriptyline Adsorption to Activated Charcoal, *Clinical Toxicology*, 48(9), 898-903.
- [65] Altınışık, A., 2011, *Synthesis, Characterization and Applications of pH and Temperature Sensitive Hydrogels*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [66] Çiftçi, T., 2019, *Asma Dalından Elde Edilen Yeni Bir Aktif Karbonun Yapay Mide Ortamında Nikel Adsorbsiyonunda Kullanımının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [67] Stefaniak, A.B., Virji, M.A., Harvey, C.J., Sbarra, D.C., Day, G.A. ve Hoover, M.D., 2010, Influence of Artificial Gastric Juice Composition on Bioaccessibility Ofcobalt- and Tungsten-Containing Powders, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213(2), 109-110.
- [68] Erdem, M., Orhan, R., Şahin, M. ve Aydın, E., 2016, Preparation and Characterization of a Novel Activated Carbon from Vine Shoots by $ZnCl_2$ Activation and Investigation of Its Rifampicine Removal Capability, *Water, Air and Soil Pollution*, 22(7), DOI 10.1007/s11270-016-2929-5.

EKLER

Çalışma Sonuçları;

Ek 1: III. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MULTIDISCIPLINARY STUDIES (ISMS) “Removal of Lead at The Toxic Level in Simulated Gastric Matrix” (10-11 November 2017, Ankara, Turkey) sunulmuştur.

ISMS-III Abstract Book | 47

REMOVAL OF LEAD AT THE TOXIC LEVEL IN SIMULATED GASTRIC MATRIX

Dr. Çiğdem ER ÇALIŞKAN
Ahi Evran University

Prof. Dr. Harun ÇİFTÇİ
Ahi Evran University

Yusuf İÇTÜZER
Ahi Evran University

Abstract

Lead is one of the most important heavy metals that can make toxic effects even at trace amounts, and has serious toxic and carcinogenic effects. For this reason, it is essential to remove lead from organism to reduce harmful effects of lead on human body.

In this study; simulated gastric matrix and model solutions for lead were prepared. The adsorption parameters of lead in batch system were investigated using a new activated carbon (AC) from vine shoots as the adsorbent. pH of matrix, adsorption time, mixing speed, amount of adsorbent were determined. Heavy metal analyses were performed by the High Resolution-Continuum Source Flame Atomic Absorption Spectrometry (HR CS-FAAS). A new active carbon in emergency application for lead poisoning have recommended as alternative to commercial activated carbon.

Keywords: Simulated gastric matrix, Adsorption, Lead, Activated Carbon, Vine shoots

Acknowledgment: This work was supported by the Ahi Evran University scientific research project coordination unit (Project number: FEF.A3.17.008)

Windows'u E
projesu etkinl

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Yusuf İÇTÜZER
Doğum Yeri	Sungurlu
Doğum Tarihi	10.05.1981
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0.555.718 01 23
E-Posta Adresi	ictuzer@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Gazi Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik- Mimarlık Fakültesi
Bölümü	Kimya Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2008

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Mezuniyet Tarihi	

Doktora	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	Program Adı
Mezuniyet Tarihi	

Makale ve Bildiriler	