

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAMAT YIKAMA SULARINDAKİ METALİK ALTININ
POLİELEKTROLİT/ METAL İYON/ KLOR GAZI ile
GERİ KAZANIMI

Kimyager Mehmet Gülhan YILMAZ

FBE Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Göksel AKÇİN (YTÜ)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BÖLÜM	2
2.1 Altın Kaynakları	2
2.1.1 Resif Madenler	3
2.1.2 Alüvyon (Tortu) Madenler	3
2.2 Altının Özellikleri.....	5
2.2.1 Fiziksel Özellikleri.....	6
2.2.2 Kimyasal Özellikleri	6
2.3 Altın Alaşımları	7
2.4 Altının Çözündürülmesi	8
2.4.1 Kral Suyu.....	8
2.4.2 Siyanür Asidi.....	8
2.4.3 Tiyoüre.....	9
2.4.4 Halojenler ve Halojen-Halojenür karışımları.....	10
2.4.4.1 Klor ile Liç Oluşturma.....	10
2.4.4.2 Klor Liçi Oluşturma Alt Basamaklar.....	12
2.4.5 Kupelasyon.....	13
2.4.6 Amalgamasyon.....	14
2.4.7 Hipoklorit Asidi	15
2.4.8 Potasyum Ferrisiyanür	15
2.5 Altının Çöktürülmesi.....	15
2.5.1 Altın İyonunun Çöktürülmesi.....	15
2.5.1.1 Alkali Hidroksit.....	15
2.5.1.2 Amonyak	15
2.5.1.3 Hidrojen Sülfür	16
2.5.1.4 Okzalik Asit.....	16
2.5.1.5 Demir (II) Sülfat	16
2.5.1.6 Formaldehit	16
2.5.1.7 Hidrokinon.....	17
2.5.1.8 Hidrojen Peroksit.....	17
2.5.1.9 Kalay (II) Klorür	17
2.5.1.10 Potasyum İyodür	17
2.5.1.11 Kükürt Dioksit.....	17

2.5.1.12	Çinko	18
2.5.1.13	Arsin(AsH_3), Stibin(SbH_3), Arsenik Oksit(As_2O_3).....	18
2.5.1.14	Para Dimetil Amino Benzidin Rodanın.....	18
2.5.2	Metalik Altının Çöktürülmesi.....	18
2.5.2.1	Kimyasal Çöktürmelerin Teoriksel Görünüşü.....	18
2.5.2.2	Koagülasyon.....	19
2.5.2.3	Flokülasyon.....	23
2.5.3	Bulanıklık.....	25
2.6	Altının Analiz Yöntemleri.....	25
2.6.1	Gravimetrik Yöntemler.....	26
2.6.2	Volumetrik Yöntemler.....	26
2.6.3	Spektrofotometrik Yöntemler.....	27
2.6.4	Atomik Absorpsiyon ve Emisyon Spektroskopisi.....	28
2.6.5	X–Işını Floresans Yöntemi.....	28
2.6.6	Nötron Aktivasyon Yöntemi.....	28
2.6.7	Elektrokimyasal Yöntemler.....	29
2.7	Önceki Çalışmalar.....	30
3.	DENEYSEL BÖLÜM.....	34
3.1	Kullanılan Malzemeler, Kimyasallar ve Hazırlanan Çözeltiler.....	34
3.1.1	Malzemeler.....	34
3.1.2	Kimyasallar.....	35
3.1.3	Hazırlanan Çözeltiler	35
3.2	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ve Enstrümantal Parametreler.....	36
3.3	Deneyleerin Yürütülmesi.....	38
3.3.1	Metalik Altının Polielektrolit P.9160 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	38
3.3.2	Metalik Altının Polielektrolit P.9130 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	39
3.3.3	Metalik Altının Polielektrolit P.8000 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	40
3.3.4	Metalik Altının Polielektrolit P.502 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	41
3.3.5	Metalik Altının Polielektrolit P.503 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	42
3.3.6	Metalik Altının Polielektrolit P.507 ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	43
3.3.7	Metalik Altının Koagülant Fe^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	44
3.3.8	Metalik Altının koagülant Al^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine pH’ın Etkisi.....	45
3.3.9	Metalik Altının Çöktürülmesi Üzerine Fe^{+3} Konsantrasyonunun Etkisi.....	46
3.3.10	Metalik Altının Al^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine Konsantrasyonunun Etkisi.....	47
3.3.11	Metalik Altının Çöktürülmesi Üzerine Polielektrolit–Koagülant Karışımının Etkisi.....	48
3.3.12	Yıkama Suyundaki Metalik Altının Klor Gazı Yöntemi ile Çözülmesi	52

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME.....	54
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	62

SİMGE LİSTESİ

V	hacim
cm	santimetre
g	gram
mg	miligram
μ	mikron
cm ³	santimetreküp
L	litre
ppm	per percent of million (milyonda kısım)
ppb	per percent of billion (milyarda kısım)
%	yüzde işareti
⁰ C	santigrad derece
cal	kalori
kcal	kilokalori
V	volt
nm	nanometre
mA	miliamper

KISALTMA LİSTESİ

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
NTU	Nefelometrik Turbidity Unit
JTU	Jackson Turbidity Unit
FTU	Formazin Turbidity Unit
XRF	X- Işınları Floresans Spektroskopisi
PGM	Platin Grubu Metalleri
UV-VIS	Ultraviyole Görünür Spektrofotometri
FAAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
ETAAS	Elektrotermal Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Optik Emisyon Spektrometrisi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrofotometrisi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Metalik altının klor gazı yöntemi ile çözülmesi	11
Şekil 2.2	Tanecik yüzeyinde elektropotansiyel kuvvetin değişimi.....	20
Şekil 2.3	25 °C Çözeltide demir(III) hidrokso kompleksleri denge konsantrasyonları ...	22
Şekil 2.4	25 °C Çözeltide alüminyum hidrokso kompleksleri denge konsantrasyonları.	22
Şekil 2.5	Atık sudaki parçacıkların organik polimerlerle köprü kurarak çökmesi.....	24
Şekil 2.6	Örneklerin hazırlanması, çözülmesi ve analiz yöntemi seçilmesinde öneriler.	29
Şekil 3.1	Merck SQ 118 marka spektrofotometre	30
Şekil 3.2	Altın için standart grafik.....	32
Şekil 3.3	Analitikjena markalı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi	32
Şekil 3.4	Yapılan çalışmaların akım şeması.....	33
Şekil 3.5	Metalik altının P.9160 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki	38
Şekil 3.6	Metalik altının P.9130 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki	39
Şekil 3.7	Metalik altının P.8000 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki	40
Şekil 3.8	Metalik altının P.502 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki.....	41
Şekil 3.9	Metalik altının P.503 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki	42
Şekil 3.10	Metalik altının P.507 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki	43
Şekil 3.11	Fe ⁺³ iyonunun pH değişikliklerinde oluşturduğu bulanıklık değerlerinin incelenmesi.....	44
Şekil 3.12	Al ⁺³ iyonunun değişik pH'larda oluşturduğu bulanıklık sonuçlarının incelenmesi	45
Şekil 3.13	Metalik altının çöktürülmesinde pH 7,0'de Fe ⁺³ konsantrasyonu ile bulanıklık arasındaki ilişki.....	46
Şekil 3.14	Metalik altının çöktürülmesinde pH 5,0'de Al ⁺³ konsantrasyonu ile bulanıklık arasındaki ilişki.....	47
Şekil 3.15	pH 7,0'de metalik altının çöktürülmesinde farklı konsantrasyonlardaki Fe ⁺³ ve P.9160 polielektrolit karışımı ile bulanıklık arasındaki ilişki	49
Şekil.3.16	pH 5,0'de metalik altının çöktürülmesinde farklı konsantrasyonlardaki Al ⁺³ ve P.502 polielektrolit karışımı ile bulanıklık arasındaki ilişki	50
Şekil 3.17	Yıkama çözeltisi başlangıç görünümü	51
Şekil 3.18	Optimum Fe ⁺³ ilavesi sonrası görünüm.....	51
Şekil 3.19	Optimum Al ⁺³ ilavesi sonrası görünüm.....	51
Şekil 3.20	Metalik altın içeren yıkama sularının klor gazı ile çözüldürülme işlemi deney düzeneği.....	53

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Altın rezervinde ilk sekiz ülke	4
Çizelge 2.2 Türkiye' nin önemli altın rezervleri	4
Çizelge 2.3 Altın esaslı bazı mineraller	5
Çizelge 2.4 Kuyumculukta kullanılan altın alaşım oranları.....	7
Çizelge 3.1 Metalik altının değişik pH'larda P.9160 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri	38
Çizelge 3.2 Metalik altının değişik pH'larda P.9130 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri	39
Çizelge 3.3 Metalik altının değişik pH'larda P.8000 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri	40
Çizelge 3.4 Metalik altının P.502 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri	41
Çizelge 3.5 Metalik altının P.503 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri	42
Çizelge 3.6 Metalik altının P.507 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri	43
Çizelge 3.7 Metalik altının Fe ⁺³ iyonu ile değişik pH'larda oluşturduğu bulanıklık değerleri	44
Çizelge 3.8 Metalik altının Al ⁺³ iyonu ile değişik pH'larda oluşturduğu bulanıklık değerleri.....	45
Çizelge 3.9 pH 7,0'de metalik altının çöktürülmesi üzerine Fe ⁺³ konsantrasyonunun etkisi	46
Çizelge 3.10 pH 5,0'de metalik altının çöktürülmesi üzerine Al ⁺³ konsantrasyonunun etkisi.	47
Çizelge 3.11 pH 7,0'de farklı konsantrasyonlardaki Fe ⁺³ ve P.9160 polielektrolit karışımının metalik altının çöktürülmesi üzerine etkisi.....	48
Çizelge 3.12 pH 5,0'de farklı konsantrasyonlardaki Al ⁺³ ve P.502 polielektrolit karışımının metalik altının çöktürülmesi üzerine etkisi	49
Çizelge 3.13 Yıkama suyundan Polielektrolit/Koagülant ile altının en yüksek verimli geri kazanım değerleri.....	51
Çizelge 3.14 Klor gazı yöntemi ile çözünen Au miktarları	52
Çizelge 3.15 Koagülant Fe ⁺³ ve Al ⁺³ ile çöktürülen Au miktarları	52

ÖNSÖZ

Bu çalışmamın oluşturulması sırasında bilgileri ile yolumu aydınlatan, deneyimleri ile çalışmamı yönlendiren anlayışını ve manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Göksel AKÇİN' e, bana bu çalışmamı yapmama imkan sağlayan CEHA Kuyumculuk Tic. ve San. A.Ş. Müdürü Sayın Dr. Ömer SALTABAŞ' a, değerli dostlarıma ve beni yetiştirip bugünlere getiren aileme en derin teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Altın takı üretimi esnasında yapılan cila işlemleri sonrasındaki ultrasonik yıkama neticesinde sulu çözeltiye bir miktar altın geçmektedir. Toplam cila ramatının % 5-10'una tekabül eden bu sulu çözeltideki altının geri kazanılması önemlidir.

Bu çalışmada metalik altın içeren sulu ramat çözeltileri pH 3,0 ila 11,0 aralıklarında katyonik, anyonik, non-iyonik polielektrolitlerle ve Fe^{+3} , Al^{+3} koagülantları ile çöktürülmeleri incelenmiştir.

Ayrıca sulu çözeltideki metalik altının, klor gazı yöntemi ile çözülmesi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altın, ramat, polielektrolit, koagülant, klor gazı, çöktürme

ABSTRACT

Some gold particules transfer to aqueous solution by ultrasonic washing process during the producing in jewellery. It is important to recovery of gold from ultrasonic bath solution that containing 5-10 % of total gold amount of polishing scrap.

In this work, metallic gold particules in the aqueous scrap solution were investigated by precipitation with cationic, anionic, nonionic polyelectrolytes and Fe^{+3} , Al^{+3} coagulants which are in the range of pH 3,0-11,0.

Moreover the solubility of metallic gold in chloride gas was investigated in the aqueous solutions.

Keywords: Gold, scrap, polyelectrolyte, coagulant, chloride gas, precipitation

1. GİRİŞ

Altın, parlaklığı ve rengi nedeniyle insanoğlu tarafından ilk olarak fark edilen metallere biridir. Yumuşak ve işlenebilir olması, karmaşık işlere tabi tutulmadan dövülerek şekil verilebilmesi, ilk çağlardan beri öneminin artmasını sağlamıştır.

Eski çağlarda altın, genelde toprak yüzeyden veya toplandığı akarsu yataklarından basit tekniklerle elde edilmiştir.

Altın yüksek ısı ve elektrik iletkenliği sayesinde, günümüzde kuyumculuk sektörü dışında özellikle ileri teknolojinin kullanıldığı endüstrilerde kendine geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Mal mübadelesinde kullanılan ilk ödeme araçları, ortam ve coğrafi şartlara bağlı olarak çok farklılık göstermiştir. Kıymetli madenlerin bulunması alış-veriş işlemlerini kolaylaştırmıştır. Bu madenler arasında tartışmasız en önemlisi altındır. Altın tüm zamanların en vazgeçilmez madeni olmuştur.

Amaç: Kuyumculuk sektöründe yaygın olarak kullanılan polisaj (cila) işlemleri sonunda yıkama sularına geçen metalik altın (ramat*) için geri kazanma yöntemi araştırmak ve çalışılan yöntemlerde optimum şartları belirlemektir.

***Ramat:** Kıymetli metallere geri kazanılabileceği her türlü atık türüne verilen genel isimdir.

2. GENEL BÖLÜM

2.1 Altın Kaynakları

Altın doğada saf halde nabit*, gümüşle yaptığı bir alaşım olan elektrum halinde veya tellüridler halinde bulunmaktadır. Altın kuvars damarlarında bazen piritle beraber bulunur. Bunun dışında, kalkopirit, arsenopirit ve pirotin içinde de önemli miktarlarda yer alabilmektedir.

Minerallerde bulunan altın nadiren gözle görülür, onun dışında tamamen o mineral ile bileşim halindedir. Böyle durumlarda içinde altın bulunan bu minerallerin ekonomik değerleri kıymetlenmiş olur. Ayrıca Cu - Pb - Zn yataklarındaki minerallerden de yan ürün olarak da altın elde edilmektedir (Dorr, 1950).

Altın yeryüzüne geniş şekilde yayılmıştır. Ortalama konsantrasyonu çok düşüktür. Yer kabuğunda 4 ppb, deniz suyunda ise 4×10^{-3} ppb mertebesindedir. Diğer yeraltı ve yeryüzü sularında da oran deniz suyunda ki kadardır.

Büyük kısmı elementel halde bulunur. Altın taneleri şekilleri bakımından oldukça farklı yapılara sahiptir. Doğada kübik, oktahedral, dodekahedral kristal halinde bulunmaktadır.

Altın doğada başlıca magmatik ve tortullaşma olayları sırasında oluşmuştur. Altın yatakları, yatağın kökenine ve bulunuş biçimine göre yapılan ve morfolojik olarak tanımlanabilecek bir sınıflamaya göre altı grupta toplanabilir (Foo vd., 1989):

- Altın içeren sülfür yatakları,
- Epitermal yataklar,
- Ultrafamik kayalarla ilişkili yataklar,
- Altın içeren skarnlar,
- Güncel plaser altın yatakları,
- Altın içeren porfiri altın yatakları,

* **Nabit:** Sadece kendi atomlarından oluşan kristal yapıya sahip elementlerdir.

Kompleks altın cevher tipleri çeşitli literatürlere göre sınıflandırılmıştır. Örneğin, Smith 1947 'de şu sınıflandırmayı yapmıştır.

- Arsenikli cevherler,
- Antimonlu cevherler,
- Bakırlı cevherler,
- Tellürlü cevherler,
- Bazı diğer metallerde bulunan cevherler;
 - Kurşun içeren cevher,
 - Çinko içeren cevher,
 - Nikel-Kobalt içeren cevher,
 - Kalay da altın,
 - Bizmutta altın.

Dünyada işletilen 2 tip maden bulunmaktadır.

2.1.1 Resif Madenler: Derin ve dar damarlardır. 5-10 gr/ton arası değişen damarlar işleme uygun olur. Damarlar derinlere doğru uzar.

2.1.2 Alüvyon (Tortu) Madenler: Diğer metallerin mineralleri ile beraber kayalara girmiş olan damarlardan oluşur. Bunlara kuvars damar denir. Kuvars damarların aşınması ile parçacıklar dere ve ırmaklar yardımıyla denizlere sürüklenmektedir. Böylelikle alüvyon madeni olarak tabir edilen ikinci bir maden çeşidi ortaya çıkar. Altının başlıca kaynağıdır. Alüvyon işletmesi, derinlemesine giden resif maden işletiminden daha kolaydır (Acarkan, 1984).

Doğada altın üretiminin % 25'i kuvars damarlardan sağlanmaktadır. Bugün dünyada 43.000 ton işlenebilir olmak üzere 75.000 ton altın rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Dünyadaki altın rezervlerinin bulunduğu ülkelerin başında G.Afrika, A.B.D, Avustralya gelmektedir. Bunların rezervleri, toplam rezervin % 80' ini teşkil etmektedir. Çizelge 2.1'de rezerv büyüklüğü bakımından ilk sekiz ülke verilmiştir.

Dünyada halen üretim yapılan madenlerin altın içeriği 2 g/ton ile 15 g/ton arasında değişmektedir (Çitak, 2004).

Çizelge 2.1 Altın rezervinde ilk sekiz ülke (2001) (Çitak,2004)

ÜLKE	REZERV (Ton)
G. AFRİKA	19.000
A.B.D.	5.600
AVUSTRALYA	5.000
RUSYA	3.000
ENDONEZYA	1.800
KANADA	1.500
ÇİN	1.000
PERU	200
DİĞERLERİ	13.000
TOPLAM	50.000

Ülkemizde ise ayrıntılı çalışmalar tamamlanmamış olmasına rağmen, bilinen altın rezervi 75 ton civarındadır. Çizelge2.2’de Türkiye’nin il bazında sahip olduğu önemli kaynaklar verilmiştir.

Çizelge 2.2 Türkiye’ nin önemli altın rezervleri (1992) (Çitak, 2004)

BÖLGE ADI	REZERV (Ton)	TENÖR (g/ton)
ARTVİN/ Borçka- Murgul	53 milyon	0,2
ARTVİN/ Merkez	6 milyon	3
BALIKESİR/ Havran-Küçükdere	1,5 milyon	4,7
ELAZIĞ/ Maden	15 milyon	1,2
GÜMÜŞHANE/ Merkez-Mastra	1,2 milyon	8
İZMİR/ Bergama	1,8 milyon	9,6
İZMİR/ Karşıyaka	2 milyon	2
KASTAMONU/ Küre	17 milyon	2,5
MANİSA/ Salihli-Sart	20 milyon	0,1
ORDU/ Ulubey- Akoluk	1 milyon	1,1

2.2 Altının Özellikleri

Bulunuşu milattan önce 3000 yılına dayanan IB grubu soy metallere olan altın, karakteristik sarı renkte ve yumuşaktır. Kübik kristal yapıya sahip altın, bileşiklerinde +1 ve +3 değerlikli olabilir. +1 değerlikli altın bileşikleri genellikle katı, +3 değerlikli altın bileşikleri ise daha çok sıvı haldedir. Az sayıda olan altın bileşiklerinden en önemlileri, altın (I) klorür (AuCl), altın triklorür (AuCl_3) ve kloraurik asittir (HAuCl_4). Ayrıca altın Cu, Ni, Zn, Ag, Hg vb. elementlerle önemli alaşımlar oluşturmaktadır. En önemli üçlü alaşımları arasında ise Au- Ag- Cu alaşımı gelmektedir.

Altının sahip olduğu sarı renk dışında, genel olarak yeşil, kırmızı ve beyaz altın diye adlandırılan renklerde karşımıza çıkmasının nedeni, yukarıda belirtilen elementlerle oluşturduğu alaşımlarıdır. Örneğin, altının avarına ve alaşım oluşturduğu diğer elementlerin oranına bağlı olarak Altın-Gümüş-Bakır alaşımları yeşil, sarı ve kırmızı renkler, Altın- Nikel-Bakır alaşımları ise beyaz renk alabilir (Adamson, 1972).

Doğada oldukça az ama neredeyse saf halde bulunan, havadan ve sudan etkilenmeyen, bu yüzden kararır paslanmayan ve kolay işlenebilen altın dövülmeye çok elverişlidir. Yaklaşık 10 g ağırlığındaki bir altın kütlesi 11 m^2 kadar bir alanı kaplayacak genişlikte levha haline gelinceye kadar dövülebilir veya çekilerek 570 m uzunluğunda ince bir tel elde edilebilir. (Luigi, 1987).

Çizelge 2.3’de doğada, yapısında altın bulunduran başlıca mineraller verilmiştir.

Çizelge 2.3 Altın esaslı bazı mineraller (Acarkan, 1984)

MİNERAL	Altın İçeriği (%)	Kimyasal Formülü
Maldonit	64,5- 65,12	Au_2Bi
Montbrayit	44,32(ortalama)	Au_2Te_3
Kalaverit	39,17- 42,77	AuTe_2
Altınamalgam	34,23- 41,63	Au_2Hg_3
Krennerit	30,7- 43,86	AuTe_2
Silvanit	24,45- 29,85	$(\text{Au-Ag})\text{Te}_4$
Muthmannit	22,9- 30,03	$(\text{Au-Ag})\text{Te}$
Petzit	19,0- 25,15	Ag_3AuTe_2
Nagyanit	5,84- 12,75	$\text{Pb}_5\text{Au}(\text{Te-Sb})_4\text{S}_5$
Kalgorlit	Kalaverit -Silvanit	-

2.2.1 Fiziksel Özellikleri

- Atom Numarası: 79
- Kütle Numarası: 196,96
- Yoğunluk (d): 19,32 gr/cm³
- Erime Noktası: 1064 °C
- Kaynama Noktası: 2809 °C
- Kristal Yapısı: Yüzey merkezli kübik
- Buharlaştırma Isısı: 87300 kcal/mol
- Özgül Isısı: 0,0307 cal/gr
- Elektronik Konfigurasyon: [Xe] 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s¹

2.2.2 Kimyasal Özellikleri

Alerji yapmayan, toksit olmayan, biyolojik bir rolü bulunmayan, üzerinde leke tutmayan, kararmayan bir metaldir. Altının bu kimyasal davranışı, diğer elementlere göre oldukça küçük olan elektron affinitesine bağlıdır. Altın nemli-nemsiz, sıcak-soğuk şartlarda oksijen veya havadan etkilenmez. Yaygın oksidasyon kademeleri 0, 1 ve 3' tür.

Metalik altın oksijen, kükürt, selenyum, azot, karbon ile herhangi bir sıcaklıkta reaksiyona girmez ve hidrojenle pratik olarak çözünmez. Normal şartlar altında yaygın olarak bilinen HCl, HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, HF gibi asitlerin hiçbirinden, yüksek elektrot potansiyel değerlerine sahip olduğu için etkilenmez. Altın için en iyi çözücü, laboratuvarında da pratik ana solvent olarak kullanılan yüksek sıcaklıkta altın veya kral suyu olarak bilinen [3 HCl-1HNO₃] çözeltisidir (Yannopoulos, 1991 ve Yılmaz, 1995).

Korozyon direnci, sülfürlenmeye ve oksitlenmeye karşı direnç, diğer metallerle kolay alışım yapabilme, yüksek elektrik iletkenliği ve ısı iletkenliği altının özellikleri arasında sayılabilir.

Tellür ile yüksek sıcaklıklarda (500 °C civarı) AuTe₂ oluşturarak reaksiyona girer. Yine Tellürik asit de, H₂SO₄ varlığında altına etki eder. Altın erimiş alkalilere ve peroksit hariç çoğu erimiş tuzlara karşı da dayanıklıdır.

2.3 Altın Alaşimleri

Altın saf halde çok yumuşak bir metaldir. Bu yüzden kullanılmaya elverişli hale getirmek ve renklendirmek için alaşımları haline getirilir.

24 ayar olarak bilinen saf altına bazı metaller katılarak istenen ayarda ve renkte (kuyumculukta da sıkça kullanılan) altın alaşımları elde edilir. Alaşımların teknik özellikleri değişiklik gösterir. Mesela, 14 ayar altın alaşımlarının mekanik özellikleri düşüktür. Matlaşma, aşınma daha çabuk olur. Çizelge 2.4'de, kuyumculukta kullanılan başlıca alaşım oranları gösterilmiştir.

Altın-Bakır Alaşımı; Altına bakır ilavesi iki metalin erime noktasını düşürür. % 20 bakır içeren alaşım 910 °C erir. En düşük sıcaklıkta eriyen alaşımdır. Özellikle elektronik alanında pirinç metaryeli olarak kullanılmaktadır.

Altın-Gümüş Alaşımı; Yine bu alaşımın erime noktası saf metallerin erime noktası arasındadır. % 70-80 altın içeren karışımın rengi yeşildir. Gümüş yüzdesi arttıkça renk beyaza kayar.

Altın-Bakır-Gümüş Alaşımı; Bu üçlü karışım daha çok kullanılır. Eğer Ag miktarı fazla ise renk yeşile, bakır fazla ise kırmızı-pembe arası değişen renk oluşur. Eşit miktarı sarı-pembe arası renk elde edilir. Ayrıca bu alaşım oldukça iyi mekanik özelliklere de sahiptir.

Altın-Çinko-Nikel; Beyaz altının elde edilmesinde sıkça kullanılır. Beyaz altın palladyum alaşımı ile de elde edilebilir fakat daha pahalıdır (Kirk ve Othmer, 1966).

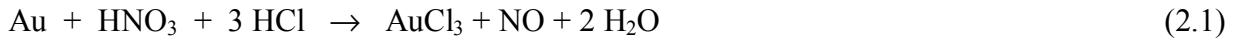
Çizelge 2.4 Kuyumculukta kullanılan altın alaşım oranları (Luigi,1987)

Karat Sistemi	Avrupa Sistemi (Milyem)	Renk	Altın %	Gümüş %	Nikel %	Çinko %	Bakır %	Diğer %
24	1000		100	-	-	-	-	-
22	916		91,6	2	-	-	6,4	-
18	750	Beyaz	75	-	19	6	-	-
18	750	Beyaz	75	-	-	-	-	Pd: 25
18	750	Yeşil	75	12,5	-	-	12,5	-
18	750	Kırmızı	75	4,5	-	-	20,5	-
14	583,3	Beyaz	58,3	2	17	8,6	14	-
14	583,3	Yeşil	58,3	8,3	-	7,5	20,8	Cd:5,2
14	583,3	Kırmızı	58,3	4,3	-	-	37,4	-
10	416	Beyaz	41,6	2,1	18,1	7,4	30,8	-
10	416	Yeşil	41,6	15,7	-	7,6	27,5	Cd:7,6
10	416	Kırmızı	41,6	8,8	1,6	5,8	41,7	-

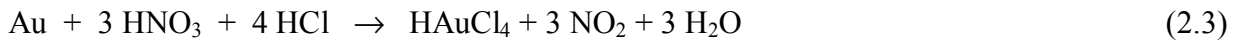
2.4 Altının Çözündürülmesi

2.4.1 Kral Suyu

6 yy.'da arap kimyager Jabir bin Hayyan tarafından bulunmuştur. Çok pratik bir çözücüdür. Altın, platin ve palladyumu çözerken, rodyum, rutenyum ve gümüş klorürü çözmez. Altını klorür formuna dönüştürerek çözer ve bu da HCl ile tekrar reaksiyona girerek tetrakloroaurat asidini oluşturur. Etki, HCl üzerine HNO₃'ün oksitleyici tesiri ile açığa çıkan serbest klordan ileri gelir (Yannopoulos, 1991).

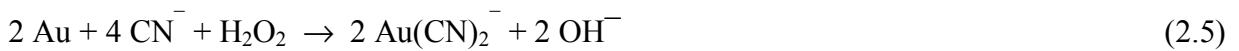
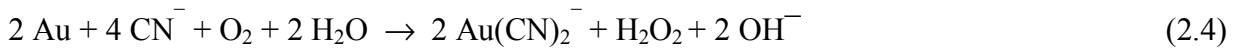


Başka bir literatüre göre de;



2.4.2 Siyanür Asidi

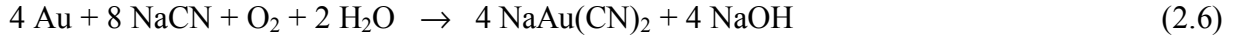
Altının siyanür ile çözünürleştirilmesi reaksiyonu ilk kez Elsner tarafından 1846'da tanımlanmıştır. Alkali siyanür (NaCN/KCN) çözeltisindeki, altın çözünürlüğü anodik bir reaksiyondur ve altın aşağıda verilen redoks reaksiyonu uyarınca Au(CN)₂ kompleksi yaparak sıvı faza geçer.



Çözünme reaksiyonunda, sistemin redoks potansiyeli -0,61 V ve pH'ı ise 10,5 'den büyük olmaktadır.

Siyanür içindeki altın çözünürlüğü; Siyanür konsantrasyonu, oksijen konsantrasyonu, çözelti sıcaklığı, çözelti pH'ı, altının yüzey alanı büyüklüğü, karıştırma hızı, liç süresi, çözelti içindeki yabancı iyonlar, gibi parametrelerin denetiminde gerçekleştirilir.

Sulu siyanür çözeltisi ile altını çözmek için çeşitli teoriler öne sürülmüştür. Bunların arasında en çok 'oksijen teorisi' geçerlilik kazanmıştır. Siyanür asidi veya alkali siyanürler, atmosferik O₂ varlığında altını çözer (Elsner, 1846; Christy, 1996).



Mekanizma ise şu basamaklarla gerçekleşir;

1. Çözeltide O₂ absorpsiyonu,
2. Çözünen O₂ ve CN'ün katı-sıvı ara tabakaya taşınması,
3. CN ve O₂'in katı yüzey üzerine taşınması,
4. Elektrokimyasal reaksiyon (Altın anot bölgede yükseltgenmek suretiyle çözünürken, O₂ katodik bölgede indirgenir.),
5. Çözünebilir altın-siyanür komplekslerinin katı yüzeyden desorpsiyonu,
6. Desorbe ürünlerin çözeltiliye taşınması (Yannopoulos,1991).

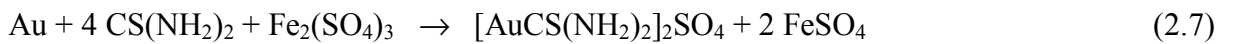
2.4.3 Tiyoüre

1940 yılında Rus bilim adamları Plaskin ve Kozhukova tarafından keşfedilmiştir. Siyanür, ekonomik ve uygulamada kolaylıklara sahiptir. Fakat toksit özellikleri ve uzun reaksiyon süresi alternatif reaktif arayışına itmiş, bunun sonucunda da geliştirilen tekniklerde, tiyoüre ayrı bir önem kazanmıştır.

Alkali çözelti yerine asidik çözelti kullanılması, anyonik metal siyanür çözeltisi yerine kationik kullanımı, daha az toksit çözeltiler ve çok daha az reaksiyon süresi en büyük avantajlarıdır. Daha büyük reaktif maliyeti ise en önemli dezavantajdır.

Uygun, kuvvetli bir oksitleyici varlığında ve asidik ortamda altını çözer.

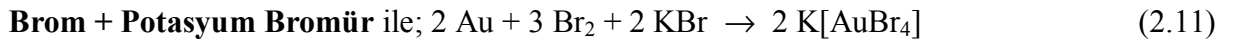
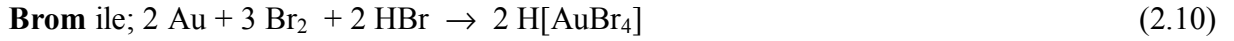
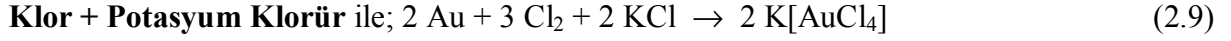
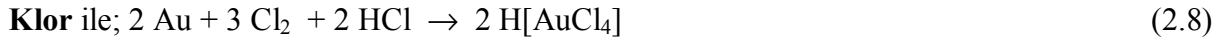
Kullanılabilecek birden fazla oksitleyici vardır. Ferrik demir, hidrojen peroksit, oksijen, mangan dioksit, ozon, permanganat kullanılabilir. En etkili olanı ferrik demirdir.



Reaksiyon hızlıdır ve % 99 verimle gerçekleştirilebilir (Yannopoulos, 1991).

2.4.4 Halojenler ve Halojen-Halojenür Karışımları

Altını halojen ve halojen-halojenür karışımları da çözmektedir.

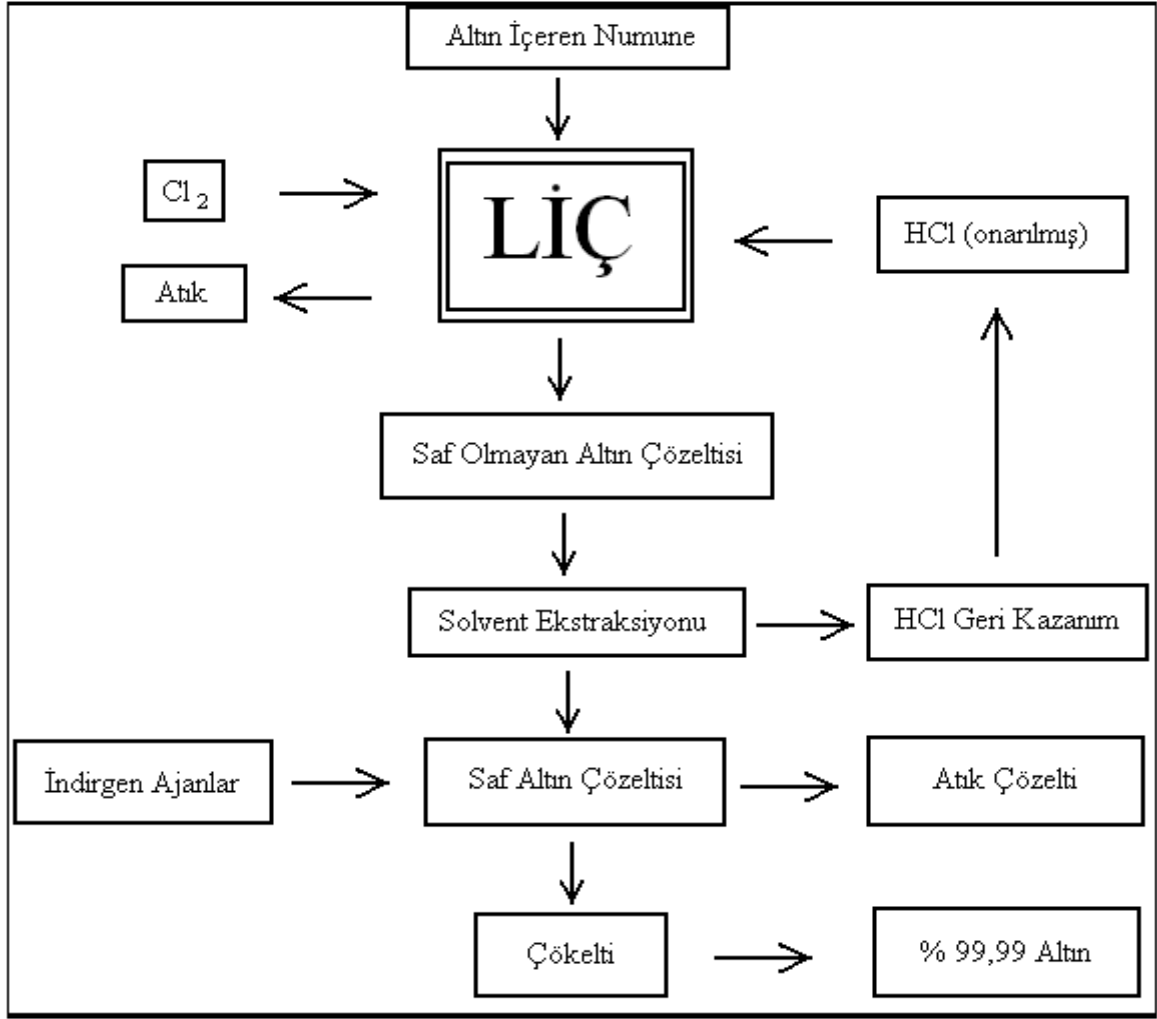


2.4.4.1 Klor ile Liç Oluşturma

2.4.4 bölümünde bahsedilen halojen ve halojen-halojenür karışımları ile altın çözündürme tekniklerinde klor gazı ile liç oluşturmanın basamakları şu şekilde sıralanır;

- Altın içeren bileşimin, yükseltgenme şartları altında, hidroklorik asit içinde liç edilmesi,
- Bu liçin, solvent ekstraksiyon ile saflaştırılması,
- Altının seçici bir sıvı ile, organik faza çekilmesi. Diğer eriyik metal iyonların ise rafine için ayrılması,
- Altının çözeltiden direkt indirgeme ile, metal tozu şeklinde geri kazanımının sağlanması. Bu aşamada gerektiğinde ileri derece bir seçici kullanılabilir.

Şekil 2.1'de metalik altının klor gazı yöntemi ile çözülmesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Metalik altının klor gazı yöntemi ile çözülmesi

Bu teknik bazen, yükseltgenen parçalardan değerli metalleri çözerek almak için kullanılır. Bazen kullanılır çünkü; yüksek maliyetli ve bileşikteki hemen hemen tüm metallerle reaksiyon vermektedir. Kullanımı, yükseltgenen metalik bileşenler içeren, metal karışımların ayrıştırılmasında yapılır. Bu karışımlar, altın veya diğer değerli metallerle kaplı birçok seramik element içerebilir.

Asitlik düşük tutulmalı, yüksek miktarda asit tüketiminden sakınılmalıdır.

Karışımın altın içeriği düşükse, altın-platin-palladyumu liçe almak için, çözeltiyi biraz daha fazla klor ile doyurmak gerekir. Liç tamamlanınca, altının çekilmesi solvent ekstraksiyonu ile olur. Bunun için kullanılan en verimli madde 'Dibutil karbinol' (DBC: 5-nanol) dur. Platin grubu metallerin (PGM) ayrılacak karışımlardaki oranı genellikle düşük olmakla birlikte, bunları geri kazanımda en iyi toplatıcı madde 'Tellür'dür ([6]).

2.4.4.2 Klor Liçi Oluşturma Alt Basamaklar

a) Klorlama: Çözeltiye klorun gönderilmesi ile yapılır. Yükseltgenen parçalar suyu bulandırır ve klor gazı oluşan bu çamurun (bulantının) içinden geçirilir.

Bu işlemin reaktöründe, ayrıştırılacak numune, 1-2M HCl ve devamlı eklenen klor gazı vardır.



En çok platin grubu metalleri (PGM) ve gümüş bu şartlar altında çözünür. Liç tamamlandıktan sonra bu metaller, altın içeren çökeltiden filtrelenerek ayrılır.

Genellikle ısı kullanımına gerek yoktur. Altın-platin-palladyum çözünmesi genelde oda sıcaklığında yürütülür. Yalnız karışımda Rodyum varsa dikkat edilmelidir. Zira tahmin edilemeyen davranış gösterebilir ve bunu önlemek için numunenin geçmişini incelemek gerekir. Ekstraksiyon işlemi uygulanırken, yine platin-palladyum varlığında dikkatli olunmalıdır. Elemental formda oluşması şartlara bağlı gelişebilir.

b) Filtrasyon: Filtrasyon işlemi, kolayca tamamlanır. Başarılı bir filtrasyon (% 97'den fazla) için 3 kez tekrarlanmalıdır. Bunun yanında, içeriğe göre yıkama suları çözeltileri toplanarak, tekrar klorlamaya tabi tutulabilir. Son yıkamadan sonra filtre 0.05-0.5 oz./t arası değerli metal içerecektir ve son metal kazanımı için eritme fırınına gönderilir.

c) Altın Ekstraksiyonu: Diğer metallerden altını almak için en seçici ayırma, ekstraksiyondur. Konsantre altın çözeltisinde, bir saflaştırılmış ürünü soymadan önce, yüklü organik fazdan, yardımcı ekstrakte safsızlıklarının küçük kalıntıları alınmalı, temizlenmelidir. Temiz organik faz liç ile geri kazanılır.

Altın ekstraksiyonu için, oksijen bağlı ester, eter ve keton gibi çeşitli solventler kullanılır. En seçici olanı DBC (dibutil karbinol: 5-nanol)'dur. Bu madde binde bir ihtimalli klor formundaki altını çekebilecek karakteristiktir. En yüksek oranda altın saflaştırma yani organik fazdan alınması işlemi 1-1.5 M HCl ile olacaktır.

d) Altının İndirgenmesi: Organik faza alındıktan sonra direkt indirgenir. Bu gereklidir çünkü; organik fazdan geri ekstraksiyon çok zor yapılır ve altın çözeltisi çok seyreltik olacaktır. Çeşitli indirgen ajanlar kullanılabilir ama Hidrazin hızından dolayı ve azot ile suya dönüşümde en uygun kullanım sunması nedeniyle tercih edilir.

Ayrıca sülfür dioksit (SO₂) veya okzalik asit (H₂C₂O₄) çözültiden altını indirgemedede kullanılabilen uygun ajanlardır. SO₂ ile indirgemedede % 99,99 saflığında altın elde edilebilir. H₂C₂O₄ da yakın seçicilik derecesi gösterir ve % 99,999 oranında altın geri kazanımı sağlar. Üretimde kullanılan okzalik asit, çok ince tabakaya sahip toz şeklindedir (çapı 15 µm).

e) Altının Eritilmesi: Erime, çok dikkatli nazik bir şekilde, yükseltgenme şartları altında tamamlanır. Son basamak olarak fırın tercih edilir.

f) Tellür ile Toplama: Değerli metallerin bulunduğu bir altın numunesinin rafinasyonunda, platin-palladyum-rodium da vardır. Bazen içerikteki oranı milyonda bir civarındadır. Bu yüzden solvent ekstraksiyonundan direkt kazanım, son organik fazda düşük konsantrasyon sonucunu verir.

Toplamada en iyi seçim Tellür'dür. Platin-palladyum-rodium varlığında çözültiden tellür indirgemesinde 'inter metalik tellür' şeklinde, solüsyondan geri kazanılarak ayrılır.

DBC ile organik faza geçirilirken ve sonrası indirgeme basamağında sulu fazda, az miktarda altın kalabilir. Bu kaçaklar Tellür toplaması ile geri kazanılır.

Bu toplama için en uygun asitlik ortamı 1.5 M HCl'dir. Yine Kükürt dioksit ve Hidrazin'de uygun maddelerdir (Hoffman, 1992).

2.4.5 Kupelasyon

Cevherden değerli metallerin ayrılmasında kullanıldığında, önce ateş analizi denilen ön işleme tabii tutulur. Bu işlem için örnek yeterli miktarda eritici ve kurşun ile bir kil kroze de karıştırılıp, 1150 °C'ye ısıtılır. Isıtma bir saat kadar sürdürülür. Değerli metaller curuftan ayrılır ve ardından kupelasyona geçilir.

Kupelasyon, numune içindeki metallerin uzaklaştırılarak, yalnızca altının kalmasını sağlar. İşlemden, kupel adı verilen, çimentodan oluşan ve ağırlığının 3 katı metali emebilen, ısıya dayanıklı numune kapları kullanılır. Örnekler, 960-1000 °C ayarlanmış, kül fırınının içine 30 dakika kadar önceden konmuş kupellere bırakılır ve kurşunun tamamen uçması için ortalama 20 dakika beklenir. Kurşun, oksit halinde ortamdaki uzaklaşırken değerli metaller metalik boncuk halde kupelde kalır. Boncuk, silindirden geçirilerek 15 mikron civarına düşürülür ve kornet haline getirilerek, önce 25 sonra 33 bomelik nitrik asitle tepkimeye sokulur. Bu sırada gümüş uzaklaşır ve sadece altın (ile varsa PGM) çözünmeden kalır (Snell ve Ettore, 1971).

2.4.6 Amalgamasyon

Bu metoda daha çok damar şeklinde bulunan ve tonda 2–10 g altın içeren oluşumlarda 1. kademe işlemi olarak rastlanır. Bu proste cevher 0,4 mm'nin altına öğütülür. Genellikle sulu öğütme yapılır. Yoğunluğu 1–1,5 gr/cm³ olan su ve cevher karışımı civa ile yüzeyleri kaplanmış bakır plakalar üzerinden geçirilir. Bu plakalar % 10–20 civarında eğimlidirler ve birkaç grup arka arkaya olmak üzere düzenlenmişlerdir (Plakanın eğimi üzerine katı matriks maddesi birikmeyecek şekilde ayarlanır). Plakaların yüzeyleri ile temas eden altın parçacıkları, amalgam oluşturmak üzere cevherden ayrılır.

Amalgam, civanın birçok metalle oluşturduğu alaşımlara verilen ortak isimdir. Amalgamasyon, altının civa ile amalgamlar oluşturma özelliğine dayanır.



Hg₂Au şeklinde oluşan amalgam, macun kıvamındadır. Belli bir süre sonra soy metal çözme yetenekleri azalır. Doymuş olarak nitelendirilebilen plakalardan oluşan amalgam sıyrılarak alınır (Ammen, 1997).

Oda sıcaklığında altın ile civanın alaşım yapması ile oluşan amalgamlar, önce sıcak su ile defalarca yıkanır. Sonra ortamda bulunabilecek demir, bir mıknatıs yardımıyla alınır ve amalgamlar destilasyon için kurutulur.

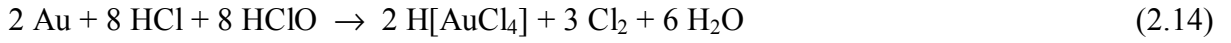
20 °C' de civa içinde amalgam şeklinde çözünen altın % 0,13' tür. Halbuki plakalardan sıyrılan macunda % 20 altın bulunmaktadır. Amalgam önce preslenir, altına doymuş sıvı civa (% 0,13 altın içermekte) amalgamasyona geri gönderilir. Elde edilen koyu kıvamdaki macun % 35–50 altın içerir.

Bu macun kapalı kaplarda 360 °C de tutulur. Civa buharlaştırılarak ayrılır. Bu civa amalgamasyon için tekrar kullanılabilir. Potadaki altın % 60–85 altın içerir.

Bu altında temel safsızlıklar gümüş ve civadır. Eğer cevherde sülfürler varsa bunlarda safsızlık olarak ortaya çıkarlar. Bu altının işlenmesi potalarda ergitme ve selektif oksidasyon yoluyla 1100 °C de olur. Oksidan olarak NaNO₃, curuf yapıcı olarak da boraks, silika ve sodyum karbonat kullanılır (Yannopoulos, 1991 ve [3]).

2.4.7 Hipoklorit Asit

Altın hipoklorit asidi ile de çözülür (Yılmaz, 1995).



2.4.8 Potasyum Ferrisiyanür

Tepkime şu şekilde gerçekleşir (Yılmaz, 1995);



2.5. Altının Çöktürülmesi

2.5.1 Altın İyonun Çöktürülmesi

2.5.1.1 Alkali Hidroksit

Alkali hidroksitlerle, konsantre çözeltilerden, kırmızı- kahve, büyük hacimli bir aurik hidroksit çökeltisi elde edilir. Bu, amfoterik özelliklere sahip, alkali fazlalığında AuO_2^- içeren aurat oluşturarak çözünür.

HNO_3 ile asitlendirilirse, kırmızı - kahve çözelti verir.



2.5.1.2 Amonyak

Sarımsı iminoklorür karışımı Au(NH)Cl ve altın imino amid $\text{Au(NH)(NH}_2)$ elde edilir. Kendi halinde kurumaya bırakılmalıdır ve ısıtılmamalıdır. Aksi takdirde patlama etkisi yapabilir.

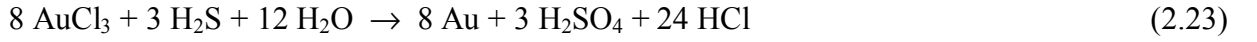


2.5.1.3 Hidrojen Sülfür

Soğukta aurik bileşiklerinden, az miktarda serbest altın ile karışmış halde, siyah renkli Au₂S çöktürür. Bu çökelti seyreltik asitlerle çözünmez.(NH₄)₂S çözeltisi ile iyi çözünür ve seyreltik HCl ile tekrar çöktürülür.



Ayrıca sıcak aurik klorür çözeltisinden H₂S, kahve renkli altını çöktürür.



2.5.1.4 Okzalik Asit

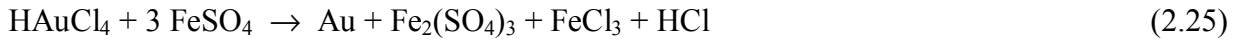
Altın soğuk nötral çözeltiden, ince kahverengi toz halinde çöktürülür.



Okzalik asit yerine, hidroksil amin, formaldehit, hidrozin sülfat (gibi hidrozin tuzları varlığında) ile de alkali varlığında , altın ile benzer indirgeme reaksiyonları verir.

2.5.1.5 Demir (II) Sülfat

Demir(II) sülfat, altını nötral veya asidik çözeltilerden, oda sıcaklığında, kahverengi toz halinde çöktürür.



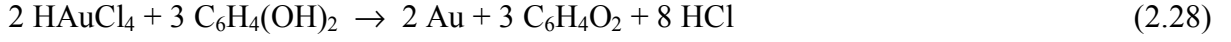
2.5.1.6 Formaldehit

Formik asit, sıcak kloroaurik asit çözeltilerinden altını çöktürür. Yalnız çözeltide civa, platin, paladyum varsa, bu reaktif ile çöker. Bu yüzden eğer varsa, önce bu iyonların uzaklaştırılması gerekir.



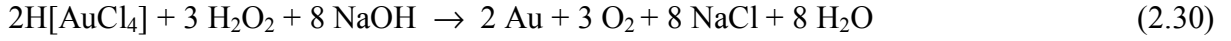
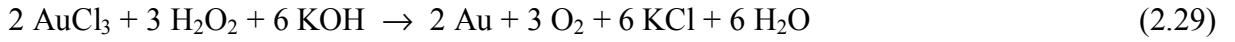
2.5.1.7 Hidrokinon

Reaksiyon şöyledir;



2.5.1.8 Hidrojen Peroksit

Bu reaktif, altın klorür veya kloroaurat çözeltilerinden, altını, alkali varlığında, ince taneli bir halde hemen çöktürür. Eğer ortamda platin varsa, onu da çöktürür.



2.5.1.9 Kalay (II) Klorür

Kalay(II) klorür, nötral veya zayıf asidik kloroaurik çözeltilerden, kalay hidroksitin bir adsorbsiyon bileşimini ve kolloidal altını içeren eflatun renkte bir çökelti oluşturacak şekilde çöker. Eğer HCl ile kuvvetlendirilirse, koyu kahve renkli saf bir altın çökeltisi oluşturulur.

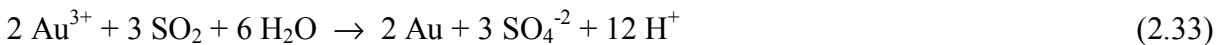


2.5.1.10 Potasyum İyodür

Alkali bir ortamda seyreltik altın(III) çözeltilisine potasyum iyodür ilave edilirse, metalik altın çöker.



2.5.1.11 Kükürt Dioksit



Sülfite çözeltilisi ise, altını çözeltiliden şöyle indirger;



2.5.1.12 Çinko

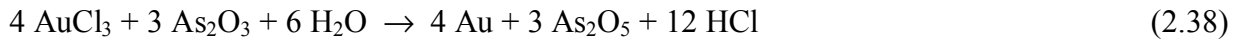
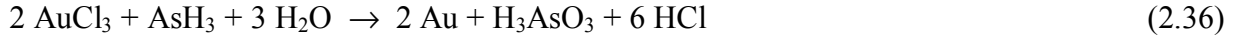
Bu test çok duyarlıdır. Birkaç damla seyreltik altın çözeltisine, birkaç damla arsenit asidi, iki-üç damla Demir(III) klorür ve iki-üç damla HCl damlatılır.

Karışım 100 ml'ye seyreltilip, içine çinko parçası batırılır. Çinko etrafında başlayan çökeltme, mor bir renk alır.

Çinko, siyanürlü çözeltide ise altın ile şu reaksiyonu verir;



2.5.1.13 Arsin(AsH_3), Stibin (SbH_3), Arsenik Oksit(As_2O_3)



2.5.1.14 Para Dimetil Amino Benzidin Rodanin: Nötr veya hafif asidik aurat çözeltideki altın(III) ile kırmızı - menekşe bir çökelti oluşturur. Fakat palladyum, gümüş ve civa tuzları da aynı renkte bileşikler verdiği için ortamda bulunmamalıdır (Yılmaz, 1995).

2.5.2 Metalik Altının Çöktürülmesi

2.5.2.1 Kimyasal Çöktürmelerin Teoriksel Görünüşü

Kimyasal çöktürme reaksiyonları çok karmaşıktır. Bu reaksiyonlar sadece bulunduğu şartlarda bir açıklama sunabilmektedir. Bu reaksiyonlar genelde tamamlanmamıştır ve örnekteki diğer maddelerle birçok yan tepkime de verebilir.

Kolloid yapıların kararlılığındaki önemli etken, yüzey yüklerinin varlığıdır. Bu durum, kolloid ve ortamın kimyasal özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Eğer partiküller flokleşerek, kolay çökmesine yetecek büyüklüğe, ağırlığa ulaşırsa, bu kararlılığı bozacaktır.

Yüzey tutulumları çoğunlukla, adsorbsiyon, iyonizasyon ve eşlenik yer değiştirme ile gerçekleşir. Örneğin yağ damlacıkları, gaz kabarcıkları veya diğer kimyasal inert maddeler, bir

negatif yüklü anyon (özellikle hidroksil) vasıtasıyla, suda dağılır (dispersiyona uğrar). Aynı şekilde protein ve mikroorganizmaların yüzey tutunmaları, karboksil ve amino grupları üzerinden gerçekleşir (Metcalf ve Eddy, 1991).

Kil ve diğer toprak parçalarında, tutunmanın gelişimi izomorfus(eşlenik) yer değiştirme ile olur. Bu oluşumda iyonlar, çözeltideki iyonlarla beraber kafes yapıda bir yerleşme gösterir.

Kolloid veya parçacık yüzeyleri yüklenirken, zıt yüklü bazı iyonlarda yüzeye ilişir. Bu iyonların tutulması elektrostatik ve van der Waals bağları ile olur. Bir parçacık elektrik akımına maruz kalmış bir elektrolit çözeltisine yerleştirilirse, elektrotlardan birine iyon bulutu şeklinde sürüklenerek saldıracaktır (Stumm, 1980).

2.5.2.2 Koagülasyon

Bütün kolloid parçacıkları çevreleyen elektriksel çift tabakanın sıkıştırılması ile meydana gelen destabilizasyon işlemine 'koagülasyon' denir. Çözelti içerisindeki bütün parçacıkların bir araya getirilerek çökeltilmesi işlemi de denebilir.

Kolloidal partiküller genel olarak 1 mikrondan küçük ebatlarda olup Brownian* hareket kanununa göre hareket ederler. Bu hareketin enerjisi partiküllerin yerçekimi kuvveti karşısında çökmesine engel olmaya yeterlidir. Böylece partiküller uzun süre askıda kalabilirler.

Koagülasyon, partiküller arasındaki itmeyi azaltan, nötralize eden veya tersine çeviren tuzların destabilizasyonu sağlamasıdır. En çok kullanılan koagülantlar mineral tuzlar ve organik polimerlerdir. Örnek olarak Alüminyum (III), Demir (III), kireç, poliamin verilebilir.

Koagülasyonda oluşan çökeltimede olay, elektriksel çekim yani yük ile ilgilidir. İlave koagülant madde miktarına bağlı değildir.

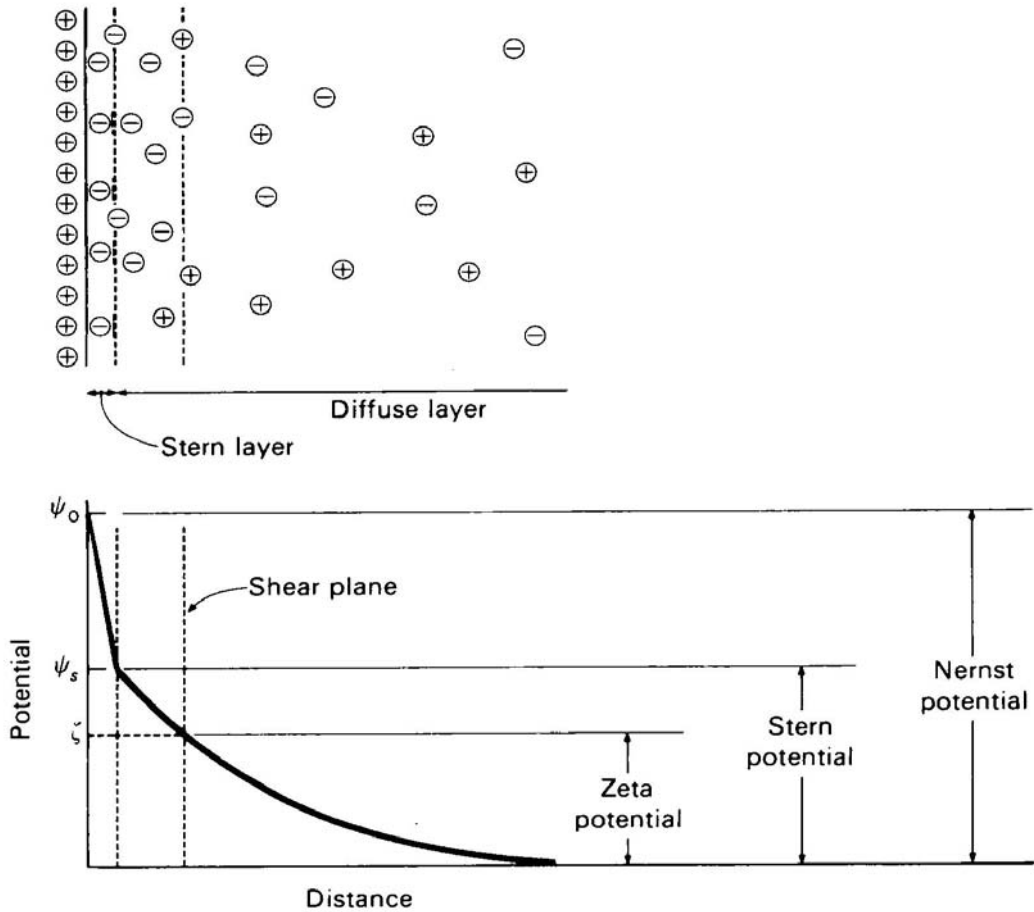
a) Yük Etkisi: Sulu ortamda katı parçacıklar bir elektriksel yük taşır. Bu yükün işareti artı da eksi de olabilir. Bu yüke birincil yük denir. Bu birincil yükün büyüklüğü, sulu fazın iyonik bileşimine ve pH'ya bağlıdır. Fakat ortam dışarıya karşı yüksüz gözükmektedir. Sebebi, zıt yüklü taneciklerin birleşerek yüksüz gibi gözükmesindedir.

***Brownian Hareketi:** Toz tanesinin çapı 0,1 mikron civarında olduğundan düzenli bir hareketi yoktur. Toz tanelerinin gaz molekülleri ile çarpışmasından rasgele yönde hareket ederler. Ancak katettikleri yolun cebirsel toplamı sıfırdır. Bu tip hareket Brownian hareketi olarak tanımlanır.

Tanecik etrafındaki iki tabakaya birden elektriksel çift tabaka denir. Kolloid stabilizasyonunda etkili olan bu iki tabakadır. Konsantrasyon dış tabakada, dışarıya doğru azalır. Bu fark dengeye ulaşmak için difüzyon oluşturmaktadır.

Elektrostatik ve difüze olayı, sabit dış tabakadan sonra yükün çözeltinin içine doğru azalmasını sağlar. Parçacık yüzeyi ile çözelti içersindeki yük yoğunluğu farkından dolayı bir elektriksel çökme oluşacaktır.

- b) Çözünme Etkisi:** Çözünmenin kolloid stabilizasyonu üzerine etkisi kesin olarak ortaya konulmamakla birlikte, kolloid su molekülleri ile çevrilmişse, çözelti içine atılan koagülantla etkileşmede bu su tabakasının bir tampon etkisi yaparak, çözünmeyi biraz engelleyici etki yaptığı sanılmaktadır.



Şekil 2.2 Tanecik yüzeyinde elektropotansiyel kuvvetin değişimi

İki Mekanizma etkilidir;

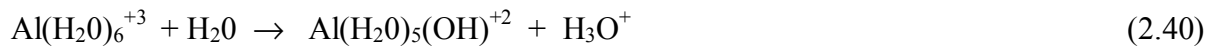
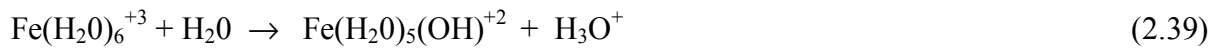
- Difüze tabakanın sıkıştırılması; bir kolloidin zıt yüklü bir koagülant tarafından destabilizasyon derecesi koagülantın yükü ile artmaktadır.
- Adsorbsiyon ve yük nötralizasyonu; çökelti oluşturacak kadar koagülant ilavesi ile oluşan jel çökelerken, ortamda bulunan kolloidleri de beraberinde çökertir. Fazla miktarda koagülant katılması ise, yük nötralizasyonunu bozar ve restabilizasyon oluşturarak bulanıklığı artırır.

Koagülasyonda 3 önemli etken, kolloid konsantrasyonu, koagülant konsantrasyonu ve pH olarak sıralanabilir (Stumm, 1968; Vernon, 1980).

Hidroksit flokları oluşturmak için suda yeterli alkalinite bulunmalıdır. Gerekli pH değerleri arasında alkalinite genellikle bikarbonat iyonları formunda olur. Bazı ham sularda alumla reaksiyona girecek yeterli miktarda alkalinite yoksa, yerine kireç veya soda külü eklenir. Alum koagülasyonu için optimum pH değerleri 4.5-8.0 arasındadır (Özacar vd.,2002; Alkan vd., 2006).

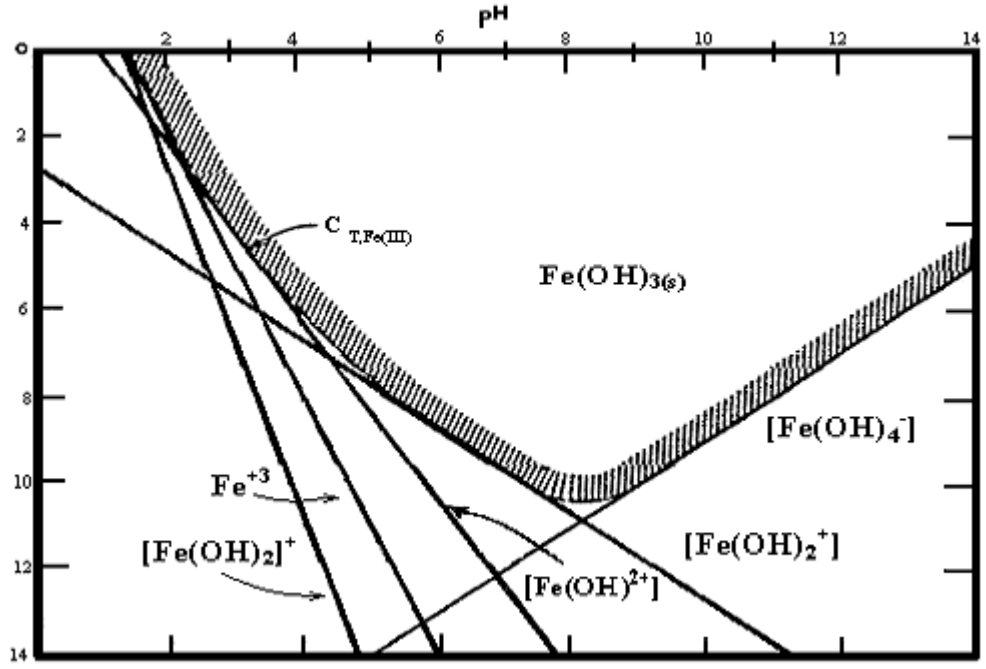
Adsorbsiyon ile sağlanan çökeltilerde, polimer (sentetik veya organik) ve Al(III), Fe(III) gibi koagülantlar etkilidir.

Alüminyum ve demir ile stabilizasyon için, sulu çözeltilerde serbest halde bulunmadıkları söylenebilir. Bu iyonlar sulu çözeltilerde hidrate halde bulunurlar. $Fe(H_2O)_6^{+3}$, $Al(H_2O)_6^{+3}$ gibi aqua kompleksleri halinde bulunurlar. Demir ve alüminyum gibi katyonların kompleksleri asidiktir. Yani çözeltilerde proton verirler. Bu yüzden hidroksitlerinin oluşması için gerekli olan konsantrasyondan daha az bu hidratize komplekslerden katılırsa, çözeltilerde monomerik, dimerik türü kompleksler oluşur (Aksoğan, 1980). Örneğin;

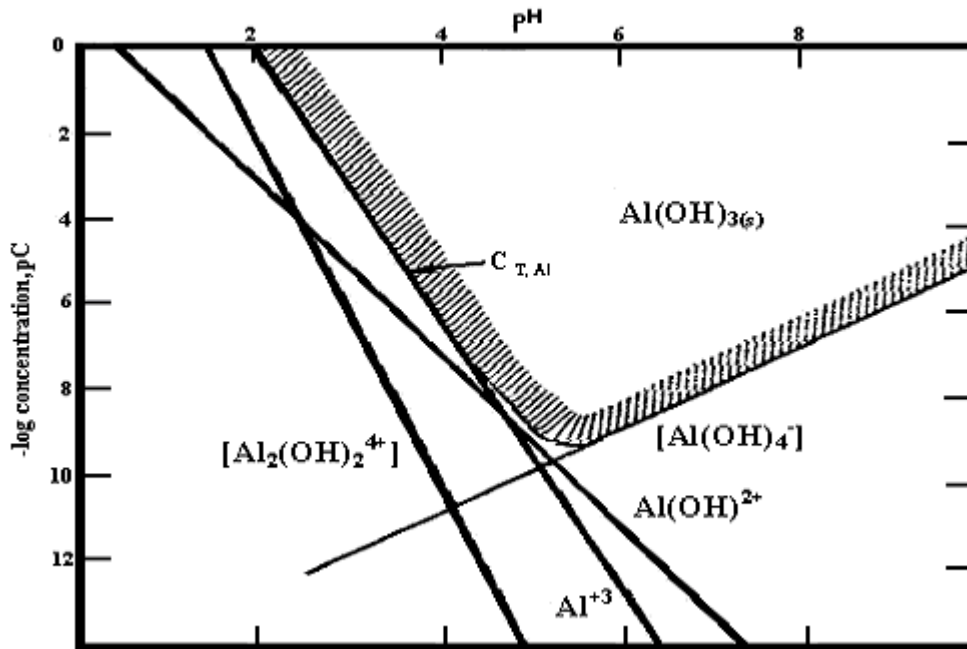


Bu tip reaksiyonlara hidrolitik reaksiyonlar denir. Bu oluşumlar konsantrasyonuna bağlı olduğu için, ortamın pH'sı ile oynayarak istediğimiz tür kompleksleri elde etmek mümkündür.

Çok çekirdekli komplekslerin yüksek OH^- içeriğinin, hidrolize alüminyum iyonu oluşturarak, koagülant olarak daha etkin hale geldiği ve yine çok çekirdekli komplekslerin kısa zincirli polimerler gibi davranarak, partikül üstünde özel tutunma blokları oluşturduğu belirtilmiştir (Snoeyink, 1980).



Şekil 2.3 25 °C Çözeltide demir(III) hidroks kompleksleri denge konsantrasyonları
(Snoeyink, 1980)



Şekil 2.4 25 °C Çözeltide alüminyum hidroks kompleksleri denge konsantrasyonları
(Snoeyink, 1980)

2.5.2.3 Flokülasyon

Polimerler, monomer denilen alt birimlerden oluşur. Tek tip monomer olabildiği gibi iki ayrı tipte olabilir. Bu monomerler lineer ve dallanmış halde polimeri oluşturur.

Monomerlerdeki gruplar iyonize içeren gruplardan oluşuyorsa, bunlara ‘polielektrolit’ polimerler denir. Bu iyonizasyon sonunda polimer ya anyonik ya katyonik ya da eşit sayıda iyon içeren non-iyonik olabilir.

Doğal ve sentetik diye 2 kategoriye ayrılabilir. Önemli doğal polielektrolitler biyolojik kaynaklı polimerler içerirler. Nişastalı ürünler ve selüloz türevlerinden çıkarılırlar. Bunlar yüksek molekül ağırlıklı maddelerde polimerize olurlar. Sentetik polielektrolitler de vardır. Yüklerinin belirlenmesi, suda negatif pozitif ve nötral davranması ile anlaşılır. Bu da polielektrolitlerin katyonik, anyonik veya non-iyonik diye sınıflandırılmasını sağlar.

Polielektrolit hareketler 3 kategoride incelenebilir. İlk grupta, polielektrolit hareketleri ‘koagülant’ olarak davranış gösterir. Atık su partikülleri genelde düşük yük değerlerine sahip ve negatif yüklüdür. Bu yüzden katyonik polielektrolitler kullanılır. Katyonik polielektrolitlerin birincil koagülantları oluşturduğu düşünülür.

Polielektrolitlerin ikinci kısmı, parçacıklar arası köprü kurulmasıdır. Bu grupta polimerler anyonik veya non-iyoniktir. Partiküllerin yüzeyine tutunma blokları şeklinde tutulmalar olarak çökeltide bulunur. Polimer yüzeyinde iki veya daha fazla parçacık arası tutunmalar olduğunda bir köprü oluşur. Flokülasyon işlemi boyunca köprü kurmuş parçacıklar ile diğer köprülü parçacıklar arası eşleşmeler 3 boyutlu oluşumları meydana getirir ve çözeltiden kolayca alınabilir. Bu kısım Şekil 2.5’de, atıksudaki parçacıkların organik polimerlerle köprü oluşturarak çökmesi olarak gösterilmiştir.

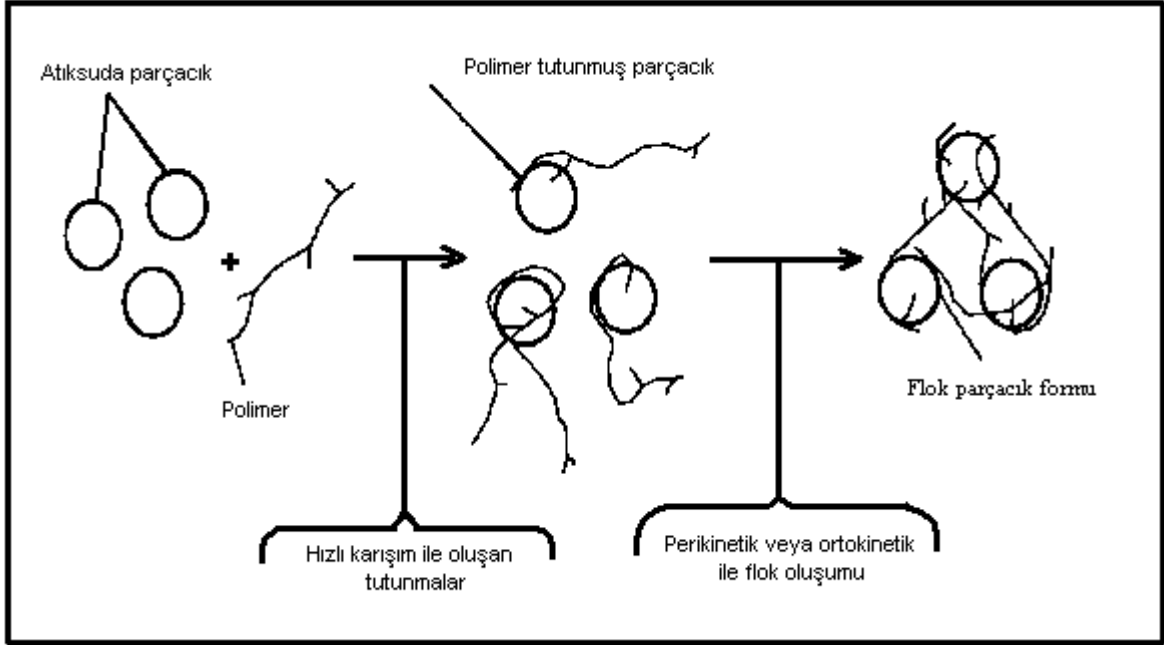
Polielektrolitlerin 3. tip hareketleri, koagülasyon-köprülenme olarak söylenebilir. Çok büyük molekül ağırlıklı katyonik polielektrolitler olup, düşük yük ve parçacık köprüler formundadır

Bu gruplar arasında, sentetik polimerler ve özellikle koagülant ve flokülantlar sulu ortamlardaki askıda maddelerin separasyonunu (ayrımını) kolaylaştırmak için kullanılır. Çok çeşitli separasyon prosesinden çamur susuzlaştırmaya kadar geniş bir kullanım alanları vardır.

Bir sıvının içinden katı maddelerin ayrılması partiküllerin yoğunluğundan gözle görülür bir şekilde farklı olması durumunda hızlı bir şekilde meydana gelir. Partiküller ya çöker ya da sıvının üzerinde yüzer. Zorluk partiküllerin büyüklüğünden dolayı su içinde askıda kalması ile

oluşur. Bu durumda separasyonu koagülantlar ve flokülantlar yerine getirir (Metcalf, 1991).

Yüksek molekül ağırlığına sahip Ecolol flokülantları da anyonik, kationik ve non-iyonik polimerlerdir. Çöktürme filtrasyon ve santrifüj operasyonlarının verimini artırmaktadır.



Şekil 2.5 Atık sudaki parçacıkların organik polimerlerle köprü kurarak çökmesi

Polimer maddelerin bağımsız partiküller arasında köprü oluşturmaya 'flokülasyon' denir. Başka bir ifade ile, büyük organik polimerlerin, kolloid parçacıkları adsorbsiyonu ve 'parçacık- polimer- parçacık' bağlarının meydana gelmesi ile oluşan destabilizasyondur. Kolloid üzerinde polimerin adsorbe olabileceği yerlerin olması durumunda çökme gerçekleşir (Şekil 2.5).

Köprü oluşumu polimer zincirlerinin değişik partiküllerini çekerek, partiküllerin yığın halinde çökmesine yardımcı olmasını sağlar. Flokülantlar, partiküllerin taşıdığı elektriksel yükleri dengeleyecek aktif yük grupları taşırlar. Flokülantlar partikülleri köprü oluşumu dışında nötralizasyon yoluyla destabilizasyon sağlayarak da çökmeyi meydana getirir.

Flokülasyon, koagülasyon işlemi sonucunda da stabilize edilmiş küçük flokların yavaş karıştırılarak birleşmesi ve hızlı çökebilen büyük flokların oluşması işlemidir. Yavaş karıştırma, havalı karıştırma ve hidrolik karıştırma işlemleri ile yapılır. En çok mekanik karıştırıcılar tercih edilmektedir (Metcalf ve Eddy, 1991; Alkan vd., 2006).

2.5.3 Bulanıklık

Bulanıklık askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Bulanıklığın nedeni; suyun içindeki askıda maddelerden, gözle görünecek büyük tortulara kadar her şey olabilir. Kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür vb. maddeler bulanıklığa neden olurlar.

Bulanıklık tayini 3 ana nedenle önem gösterir. Estetik, filtrasyon ve dezenfeksiyon. Türbidite değeri ile ölçülür. Türbidite, suyun kendisine gelen ışığı doğrudan değil de yön değiştirerek ve bir kısmını da soğurarak geçirmesi özelliğidir. Suyun bulanıklığı çeşitli şekillerde ölçülebilir. Değişik yoğunlukta SiO₂ içeren referans şişeler ile numune suyun konduğu şişenin bulanıklıkları görsel olarak karşılaştırılır. Hassas bir ölçüm değeri vermese de pratikte yararlıdır, ancak günümüzde standart olarak kabul edilmemektedir.

Turbidimetre adı verilen bulanıklık ölçer ekipman yardımıyla suların bulanıklık derecesi son derece hassas olarak ölçülebilir. Bu cihazlar genel olarak Nephelometric Turbidity Unit (NTU) birimini kullanırlar. Nefelometrik Turbidity Unit (NTU), litrede ki 1mg SiO₂'in miktarına karşılık gelen bulanıklık birimidir. Formazin Turbidity Unit (FTU) ve Jackson Turbidity Unit (JTU) değerleri de standart olarak kabul edilmektedir. 0–40 NTU arasındaki bulanıklık değerleri FTU ve JTU birimlerine eşit olarak kabul edilmektedir. 40 NTU'nun üzerindeki bulanıklık değerlerinde ölçüm sonuçları JTU değerine eşit olmayacağından örnek seyreltilerek ölçümler tekrarlanmalıdır (1 NTU = 2,5 JTU) ([4] ve [5]).

2.6 Altın Analiz Yöntemleri

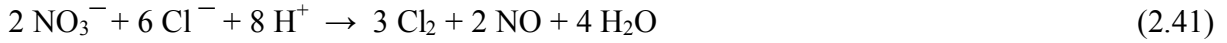
Yöntem seçerken, numunenin altın içeriğine, cinsine ve girişim yapabilecek safsızlıkların seviyesine bakılır. Yöntemlerin uygulanabilmesi için, numunedeki altının çözülebilir forma dönüştürülmesi gerekir (Yannopoulos, 1991). Başlıca yöntemler şunlardır;

- Gravimetrik yöntemler,
- Volumetrik yöntemler,
- Spektrofotometrik yöntemler,
- Atomik Absorbsiyon ve Emisyon Spektrografisi,

- X-Işını Floresans Spektroskopisi,
- Nötron aktivasyon,
- Elektrokimyasal Yöntemler.

2.6.1 Gravimetrik Yöntemler

Çözeltideki altının metalik hale indirgenmesi ve bu formda tartılması esasına dayanır. Azot oksitler girişim yaparak altının indirgenmesini engellemektedir. Bu yüzden çöktürme yapmadan evvel uzaklaştırılmalıdır. Uzaklaştırılması, NaCl varlığında derişik HCl ile buharlaştırması ile yapılabilir.



Altın çözeltilerinin filtrasyonuna özen gösterilmeli ve yüksek kalitede süzgeç kağıtları kullanılmalıdır.

Altının belirsiz yapıdaki çözünmeyen formları da kantitatif olarak çöktürülebilir. Dimetilglioksim, tetramisol, tiofenol, 8-kinolinol bu amaç için kullanılan en uygun reaktiflerdir. Çözünmeyen birçok tetrakloroaurat (AuCl_4^-) büyük hacimli katyonlarla kantitatif olarak çöktürölüp, altın tayin edebilir. Döner atom olarak kükürt içeren ligand türevleri bu amaç için kullanılabilir (Snell ve Etre, 1971; Kirk ve Othmer, 1980).

2.6.2 Volumetrik Yöntemler

Esası altın (III)'ün indirgen ajanların çözeltileri ile metalik forma titre edilerek, indirgenmesine dayanır. İşlem indikatör (benzidin, o- anisidin vs.) kullanımı veya potansiyometrik titrasyonla yapılabilir. Bazen ince taneli altın çökeltileri oluşabilir, bu durumlarda potansiyometrik titrasyon uygun olacaktır. Eğer altın +3 değerlikten metalik hale geçiriliyorsa, hidrokinon kullanılabilir.

Bu durumda Hidrokinon'un fazlasının katılıp, sonra bunu Ce (IV) ile geri titre etmekte düşünülebilir.

Hidrokinon'dan başka; Demir (III), Titan (III), okzalot, askorbik asit ve iyodür de kullanılabilir.

2.6.3 Spektrofotometrik Yöntemler

Bu yöntem çok seyreltik ve hemen hemen nötral çözeltiler için uygun olduğundan, çözeltide ki altının kararlılığı gerekir. İşlem büyük bir dikkatle yapılmalıdır. Genellikle gravimetrik ve volumetrik analiz için yeterli miktar örnek bulunmadığı durumlarda faydalanılır.

Esası, altını tetrakloro ve tetrabromo formuna çevirip, bu iyonların neden olduğu absorbansı ölçmeye dayanır. Platin grubu metallerin (PGM) ve diğer safsızlıkların varlığı analiz sırasında girişim yapar. Girişimleri en aza indirmek için, absorbans ölçmeden önce altın (+3) iyonları organik bir solventle ekstrakte etmek, daha sağlıklı olacaktır. Solvent ekstraksiyonu uygulanmasıyla altın girişim yapan iyonlardan ayrılmakla beraber, organik fazda konsantre edilir ve tetrakloro içeren çok seyreltik çözeltilerde analizin yapılmasını mümkün kılar.

Spektrofotometrik yöntemlerin sınıflandırılması şu şekildedir;

- Rodanin metodu,
- Rodamin B metodu,
- Bromoaurat metodu,
- Metil Violat metodu,
- Kalay klorür metodu,
- Civa-I klorür,
- Aurik altının oksitleyici etkisiyle organik bileşiklerin oluşmasını içeren metotlar;
 - O- Tolidin metodu,
 - Malahit yeşili metodu,
 - O- Dianisidin metodu.

2.6.4 Atomik Absorbsiyon ve Emisyon Spektrografisi

Bu enstrumantal teknikler konsantre işlemleri sonrasında kullanıldığında, eser miktarda ki altın için çok iyi sonuçlar verir.

Atomik absorbsiyon analizi, eser miktarda ki altın tayininde kullanılır. Hem örnek hazırlama işlemini gerektirmemesi hem de yaygın bulunması önemli avantajlarındandır. Konsantre uygulanmaksızın, 1 ppm'e kadar tayin yapabilmektedir. Deniz suyundaki çok küçük konsantrasyonda bulunan altın için bile % 10 hata payı ile tespit edebilmektedir.

Örnekleri ve standart çözeltileri hazırlarken azot oksitlerin uzaklaştırılması gerekir. Bunun için en uygun işlem NaCl varlığında HCl ile buharlaştırmadır. Buharlaştırma yapılırken kuruluğa kadar yapılmamasına dikkat edilmeli ve özellikle de NaCl kullanılmadıysa, işlem su banyosunda yapılmalıdır (Snell ve Ettore, 1971).

Emisyon spektrografisi, yine örnekteki eser miktardaki altının tayini ve saflığı için kullanılır. 242,78 nm veya 267,60 nm'deki emisyon çizgileri düşük konsantrasyon (0,5-20 ppm) ve 312,29 nm ise fazla miktarlarda altın tayinlerinde fayda göstermiştir (Kirk ve Othmer, 1980).

2.6.5 X- Işını Floresans Yöntemi

Son yıllarda geliştirilmiş yeni bir metot olup, zenginleştirme işlemi ön hazırlama ardından yapılan analizle 0,2 µg/g seviyesine kadar eser oranda altın tayini mümkündür. Uygulama şu şekilde yapılmıştır; altın için yüksek dağılıma katsayısı ve iyi alıkoyma kapasitesine sahip anyon değiştiriciler üzerine tetrakloro aurat (AuCl_4^-) absorblanmış ve girişim yapabilecek elementler (Zn, Hg gibi) HCl ve HNO_3 ile uzaklaştırılmış, sonrasında da reçinedeki altın X-ışını floresans etkisine tutulmuştur. Buna rağmen, analitik tayin için rutin hale gelmemiştir.

2.6.6 Nötron Aktivasyon Yöntemi

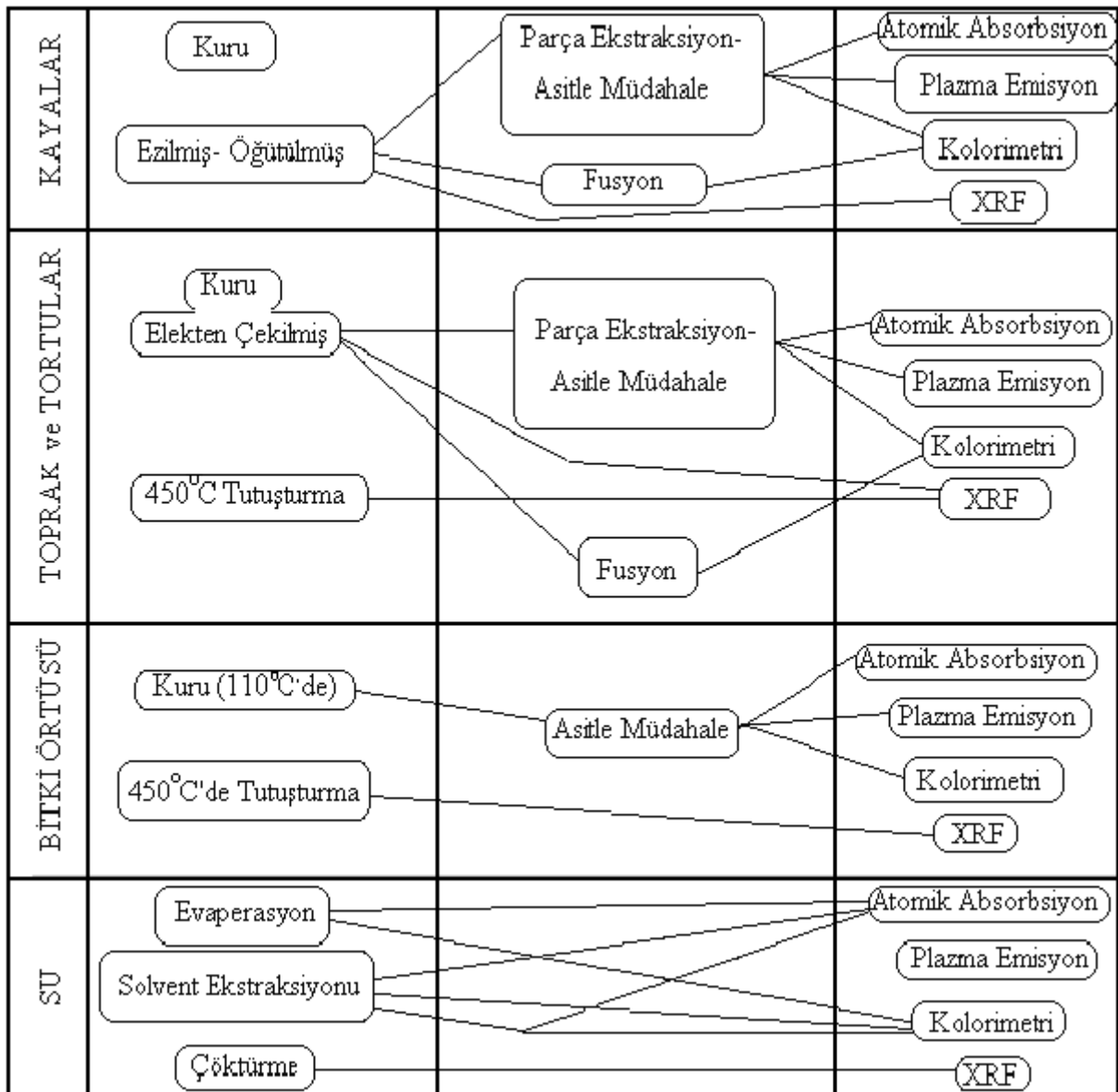
Eser miktarda ki analiz için en duyarlı metottur. 1 ppb seviyesinde ölçüm yapılabilir. Temeli, altının doğal tek izotopu olan ^{197}Au , yüksek nötron yakalama kesitine sahip olmasına dayanır. Bu özelliği aktivasyon analizini duyarlı yapar. Ayrıca altın, bu metot için kalibrasyon standardı olarak ta kullanılır (Puddephatt, 1986; Kirk ve Othmer, 1980).

Deniz suyundaki (10^{-12} M) gibi, altın derişiminin çok düşük olduğu durumlarda tercih edilir.

2.6.7 Elektrokimyasal Yöntemler

Altın için gereken, yüksek hassasiyette elektrotların son yıllarda gelişmesi nedeniyle fazla kullanılmamıştır. Tetrakloro aurat (AuCl_4^-) ve disiyano aurat (AuCN_2^-) için iyon seçimli elektrotlar geliştirilmiştir. Belki gelecekte yaygın kullanılır.

Şekil 2.6'da doğadaki başlıca kaynaklardan alınan örneklerin hazırlanması, çözülmesi ve analiz yöntemi seçilmesi için öneriler gösterilmektedir (Yannopoulos, 1991; Yılmaz, 1995).



Şekil 2.6 Örneklerin hazırlanması, çözülmesi ve analiz yöntemi seçilmesinde öneriler

(Fletcher, 1981)

2.7 Önceki Çalışmalar

Barefoot ve Van Loon (1999) tarafından örnek hazırlama ve özenginleştirme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Düzenlenen çalışmalarda spektrometrik metotlar, ultraviyole görünür (UV-VIS) spektrofotometri, alev (FAAS) ve elektrotermal atomik absorpsiyon (ETAAS), indüktif eşleşmiş plazma ve optik emisyon spektrometri (ICP-OES) ya da kütle spektrofotometri (ICP-MS) altın analizi için çeşitli örneklerle uygulanmıştır. Balcerzak, (2004) ise çalışmasında spektrometrik tekniklerden önce altın ve bazı değerli metaller içeren örneklerin analiz için hazırlanma yöntemlerini sıralamıştır.

Delfini vd., (2000) çalışmalarında, takı atölyelerindeki el yıkama sularına karışan altın içeriğini geri kazanmayı amaçlamışlardır. Gravimetri esasına dayanarak yaptıkları denemelerde, 35 µm çapından büyük parçacıkların geri kazanımında %90 başarı sağlamışlardır.

Kavanoz, (2004) yaptığı bu çalışmada, altının anodik stripping voltametik tayinini klor iyonları içeren çözeltide polivinilferrosen ile kimyasal olarak modifiye edilmiş camsı karbon elektrot ile yapmıştır. Özenginleştirme süresi, film kalınlığı ve olabilecek matriks etkileri araştırılmış ve optimum koşullar saptanmaya çalışılmıştır.

Petrukhin vd., (1987) çalışmasında, altın ve gümüş tayini için iyon seçici elektrotlar geliştirmişlerdir. Bu elektrotların temeli, bu metallerin siyanür, klor ve tiyoüre ile yaptıkları komplekslere dayanmaktadır. Elektrotlar, endüstriyel prosesler sonucu oluşan sularda altın ve gümüş tayininde başarıyla kullanılmıştır.

Çevresel, jeolojik ve biyolojik örneklerdeki düşük altın konsantrasyonu ile birlikte bulunan yüksek matriks etkisi, bu örneklerin bir özenginleştirme veya ayırma işleminden geçmesini gerektirmektedir. Pyrzynska, (2005) tarafından bu yöntemlerle ilgili olarak yapılan çalışmalar düzenlenmiştir. Bu çalışmada, altının tayini için kullanılmış özenginleştirme metotları arasında solvent ekstraksiyonu, sorbsiyon ve iyon değişimi, birlikte çöktürme ve elektrotta toplama yöntemleri vardır.

Arslan vd., (1999) yürüttükleri çalışmada, altın ve gümüş içeren cevherlerden siyanürasyon ile altın ve gümüş kazanım olanakları ortaya konmuştur. Yapılan denemelerde NaCN konsantrasyonu, katı/sıvı oranı, pH ayarlayıcı reaktif cinsi, Pb(NO₃)₂ ilavesi ve tane boyutunun altın ve gümüş çözünme verimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Optimum çözünme koşulları saptanmıştır.

Altını siyanürle çözme işlemine alternatif olarak, tiyosülfat ile çözme çalışmaları ve bu yöntemin altın üretimi açısından üstünlükleri, Alymore vd., (2001) ve Navarro vd., (2002) tarafından incelenmiştir.

Ayrıca Kuzugüdenli vd., (1999) çalışmalarında, siyanürün aşırı derecede toksik olması ve çevreye kalıcı zarar verebilmesi nedeniyle, altın üretimine alternatif güvenli yöntemlerin önemine değinilmiş ve bu yöntemler derlenerek sunulmuştur.

Ulusoy vd., (1998) tarafından yapılan çalışmada genel ilgi yine, siyanürden daha az toksit veya toksik olmayan alternatif reaktiflerin kullanılabilirliği üzerine yoğunlaşmıştır. Tiyöüre ve türevleri, tiyosülfat, iyot-iyodür, klor ve amonyak, siyanüre alternatif olarak denenmiş ve kıyaslanmıştır.

Melwanki vd., (2002) etopropozin HCl ve izodipentil HCl' den yararlanılarak mikro miktarda altının tayini için basit ve duyarlı bir yöntem geliştirmişlerdir. Metodun temeli altın ile fenoltiazinin oksidasyonu sonucu oluşan kırmızı radikal kasyonların EPH ve IPH için sırasıyla 513 ve 512 nm de yüksek absorpsiyona sahip olmasına dayanır. Metot, sentetik karışımlarda bulunan altının tayininde uygulanmıştır.

Iglesias vd., (1999) altın ve palladyum gibi iki değerli metalin geri kazanımı için, üzerinde bulunan -SH grupları ile adsorpsiyonu sağlayan Duolite GT-73' ü kullanmışlardır. Çalışmada klorlu ortamda en yüksek adsorpsiyon sağlanmıştır. Elüsyon çözeltisi olarak en uygun çözeltinin ise, yüksek asitlikte konsantre tiyöüre çözeltisi olduğu belirlenmiştir. Sadece HCl ile bakırın kolayca elüe edilip altın ve palladyumun kolayca elüe olmaması, sulu ortamlarda bu değerli metallerin bakırdan ayrılmasını sağlamıştır. Ayrıca Au (III), Pd (II), Ni (II) ve Cu (II)'nin sulu çözeltilerde farklı pH'larda seçici adsorsiyonu üzerinde çalışılmıştır.

Ishikawa vd., (2002) yapılan çalışmada kaplama (elektroplating) atık sularından altının geri kazanımı için yüksek miktarda çeşitli aminoasitler içeren yumurta kabuğu zarı kullanılmıştır. Altın sorpsiyonu için en uygun pH ve sıcaklık koşulları incelenmiş, yabancı iyon etkisi araştırılmıştır. Zarın metal iyon afinitesi Au>Ag>Co>Cu>Pb>Ni>Zn olarak bulunmuştur.

Avcı vd., (1996) altın atıklarının geri kazanımı üzerinde yaptıkları çalışmada, önce elementel altın tiyöüre metodu ile çözelti ortamına alınmış ve organik yapıların uzaklaştırılması için 600 °C de fırınlama yapılmıştır. Örnekler öğütülmüş ve altın analizi bu örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Katı/sıvı oranı değiştirilerek ön çalışmanın pH, sıcaklık, Fe⁺³ ve tiyöüre konsantrasyonları belirlenmiştir.

Ayrıca aktif karbon kullanılarak tiyoüre çözeltilisine ekstrakte edilen altının geri kazanımı için adsorpsiyon çalışmaları yapılmıştır.

Vinal vd., (2006) düşük H^+ ve Cl^- iyonu konsantrasyonunda uygun sıcaklıkta ozon liçi ile metal hurdalardan altın ve palladyumun geri kazanımı üzerine çalışmışlardır.

Kargari vd., (2006) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, Au^{+3} , Pd^{+2} , Pt^{+4} , Fe^{+3} ve Cu^{+2} iyonlarını içeren asidik sulu çözeltiden emülsifiye edici madde olarak LK-80 ve taşıyıcı olarak MIBK kullanımı ile altının seçimli olarak ayrılması incelenmiştir. Bu yöntemle altın iyonları sıvı membrandan geçerek taşınmış, diğer iyonların nerdeyse tümünün derişimlerinde bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

S. Syed, (2006) tarafından yapılan çalışmada altın kaplı elektrik devreleri, bilezik ve aynalardan çevresel açıdan zararsız bir teknikle altının geri kazanımı incelenmiştir. Çalışmada önce hurda materyal % 20'lik formik asit çözeltilisinde kaynama sıcaklığında inorganik bileşenlerin epoksi reçinesinden ayrılması işlemine tabi tutulmuş, sonra bu metaller güçlü oksitleyici bir ajan olan % 20'lik potasyum persülfat ile muamele edilmiştir. Altının geri kazanımı eritme yöntemi ile sağlanmıştır. Verimliliğin siyanürasyon metodu ile başabaş olduğu gösterilmiştir.

Ogata ve Nakano, (2005) tanen jel partiküllerinden yararlanarak elektronik hurdadan altının geri kazanımı için bir yöntem geliştirmişlerdir. Tanen jel bol hidroksil grup içerdiğinden, altını kolay ve yüksek kapasitede tutabilmektedir. Altının geri kazanımında diğer yöntemlere göre oldukça basit, fazla kimyasal ajan gerektirmeyen bir metoda temel olmuştur. Tanen jel aynı zamanda kolay bulanabilen, ucuz, doğal bir maddedir.

Elektronik hurdalardan altının geri kazanımı için oldukça geniş ölçüde kullanılan hidroproses tekniklerinden, Sanchez, (2000) ve Gomes, (2001) tarafından iyon değiştirici reçine ile adsorpsiyonu, Volesky ve Holan, (1995) ile Romero ve Gomes, (2003) tarafından da solvent ekstraksiyonu ve altın çöktürme ajanları ile yapılan çalışmalar bulunmuştur.

Gamez vd., (2003) yaptığı çalışmasında sulu çözeltilerden metal iyonlarını yüksek adsorblama kapasitesine sahip, ölü alfalfa bitki dokuları ile Pb (II), Cu (II), Zn (II), Cr (II), Cd (II), Ni (II)'in varlığında altının geri kazanımının düşük pH'ta engellenmediği ve endüstriyel atık sulardan geri kazanımının başarıyla uygulandığını ortaya koymuştur.

Aklan vd., (2006) koagülant $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, ve $FeSO_4$ ile yaptıkları çalışmalarında, her bir koagülant için güçlendirilmiş koagülasyon koşulları belirlendikten sonra, verimin artması için anyonik ve katyonik polielektrolitler kullanılmıştır. En etkili organik madde gideriminin $FeCl_3$ ile birlikte anyonik polielektrolit kullanımı sonucu olduğu saptanmıştır.

Özacar ve Şengil, (2002) çalışmasında, doğal bir koagülant olan tanenin sentetik anyonik polielektrolitten (AN913) daha verimli olduğu ortaya koyulmuş ve atık su arıtımında tanenin kullanımı için optimum şartlar belirlenmiştir.

3. DENEYSEL BÖLÜM

3.1 Kullanılan Malzemeler, Kimyasallar ve Hazırlanan Çözeltiler

3.1.1 Malzemeler

- Analytikjena marka Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
- Merck SQ 118 marka Spektrofotometre (Şekil 3.1)
- Mettler Toledo marka analitik hassas terazi
- Chiltern marka ısıtıcı ve karıştırıcı
- Hanna marka pH Metre
- 1000 ml hacimli balon joje ve beherler
- 2- 5- 10 ml hacimli pipetler
- Polipropilen saklama şişeleri ve kapakları



Şekil 3.1 Merck SQ 118 marka Spektrofotometre

3.1.2 Kimyasallar

- Abacı Kimyadan polielektrolit örnekleri:

Anyonik P.9160, P.9130; Non-iyonik P.8000; Katyonik P.502, P.503, P.507

- Birleşik Oksijen Sanayi marka klor gazı
- Merck. Nitrik Asit 1.00441, % 65, d =1,40 g/ml
- Merck. Hidroklorik asit 1.00314, % 37, d= 1,19 g/ml
- Merck. Sodyum Hidroksit 1.016462
- Merck. Demir-3 Klorür 1.04030, % 98, d= 2,9 g/ml
- Merck. Aluminyum Sülfat 1.00438, % 59, d= 1,92 g/ml
- 1000 ppm Altın Standardı (Laboratuar şartlarında hazırlandı.)

3.1.3 Hazırlanan Çözeltiler

- 1000 ppm' lik polielektrolit çözeltileri: 6 adet polielektrolit numunesinin her birinden hassas terazi yardımıyla 1,00 g. örnek tartılıp, saf su ile balonjojede 1000 ml' ye tamamlandı.
- 5M HCl Çözeltisi: 104 ml % 37 'lik derişik HCl çözeltisinden alınarak, 250 ml' ye tamamlandı (d=1,19 g/cm³).
- Derişik Kral Suyu Çözeltisi: 50 ml % 65'lik derişik Nitrik asit ve 150 ml % 37' lik derişik Hidroklorik asit çözeltisinden alınıp karıştırılarak hazırlandı.
- 1M Fe⁺³ Çözeltisi: Yoğunluğu 2,9 g/cm³ % 98'lik Fe⁺³ çözeltisinden 19,70 ml alınarak litreye tamamlandı.
- 3M Al⁺³ Çözeltisi: Yoğunluğu 1,92 g/cm³ % 59'lik Al⁺³ çözeltisinden 71,50 ml alınarak litreye tamamlandı.
- 1000 ppm Altın Standardı Çözeltisi: 1,0000 g. % 99,99'luk metalik altın tartılarak, derişik kral suyu çözeltisinde çözüldü ve balonjoje yardımıyla litreye tamamlandı.

3.2 Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) ve Enstrümantal Parametreler

Bu çalışmada metalik altının miktarlarının ölçümleri için Şekil 3.3'de gösterilen atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS) kullanılmıştır.

Altın için Enstrümantal Parametreler:

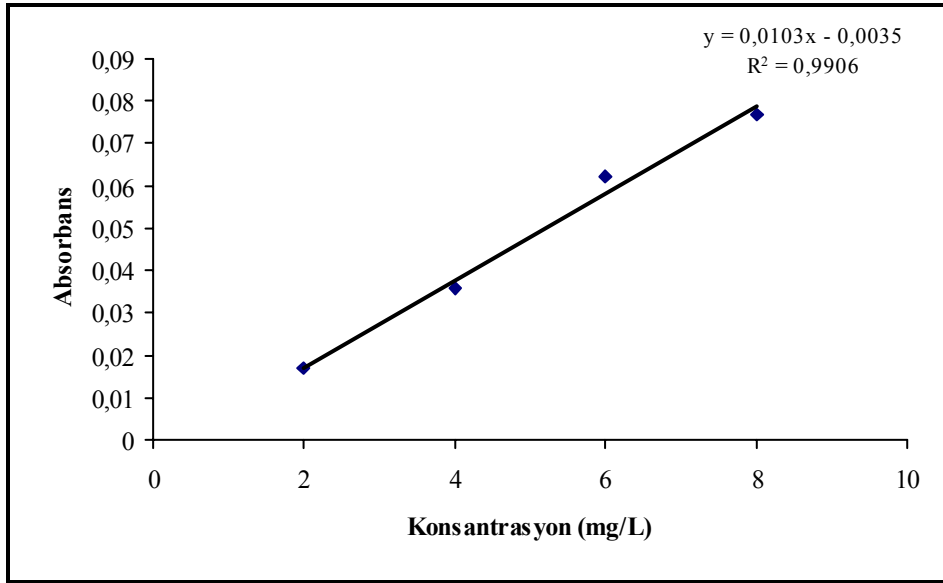
Dalga boyu (λ) : 242,8 nm

Bant genişliği : 0,5 nm

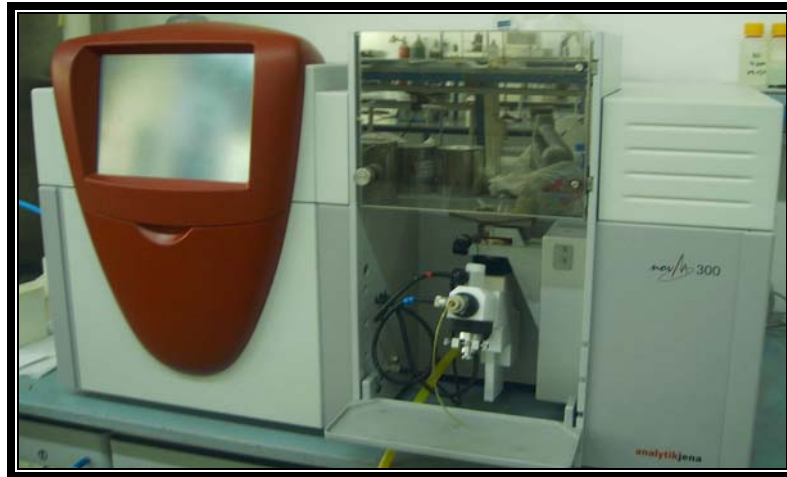
Lamba akımı : 5,0 mA

Yakıt : Hava- asetilen

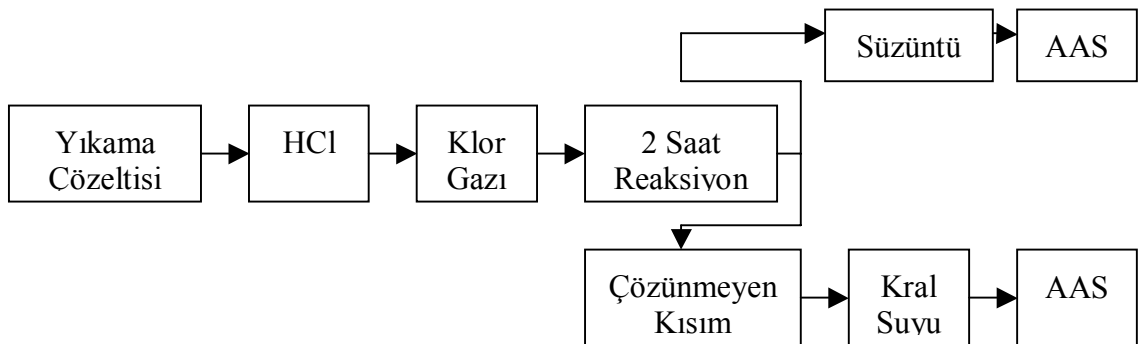
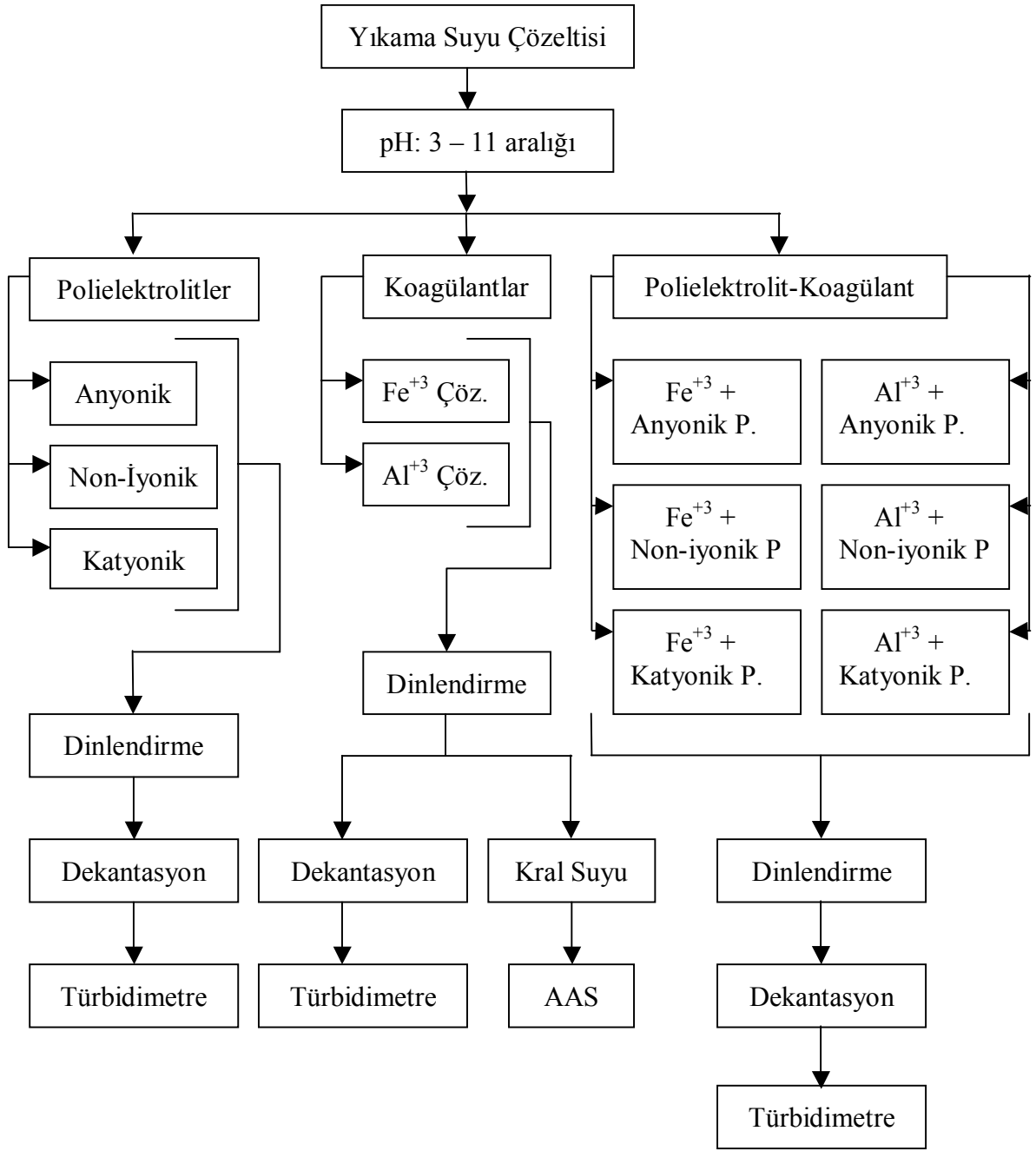
Optimum çalışma aralığı : 0,13-2,6 mg/ L



Şekil 3.2 Altın için standart grafiği



Şekil 3.3 Analytikjena markalı Atomik Absorpsiyon Spektrometresi



Şekil 3.4 Yapılan çalışmaların akım şeması

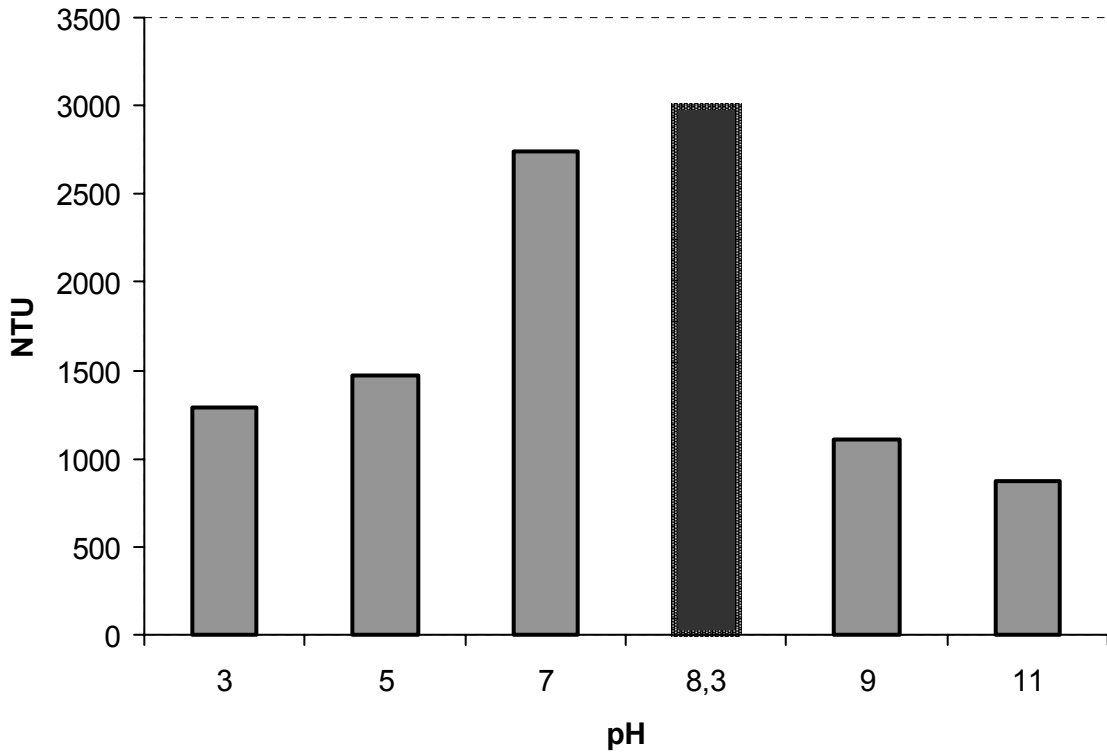
3.3 Deneylerin Yürütülmesi

3.3.1 Metalik Altının Polielektrolit P.9160 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

pH'ı 3'e ayarlanmış, metalik altın içeren 750 ml yıkama çözeltisi üzerine, 1000 ppm'lik anyonik polielektrolit P.9160 çözeltisinden 0,5 ml (10 damla), yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakikada yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika bekletilen çözeltinin üst kısmından numune alındı. Aynı işlemler pH değerleri 5, 7, 9, 11'e ayarlanmış yıkama çözeltileri için tekrarlandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Toplu sonuçlar Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bulanıklık (NTU) ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Başlangıç pH'ı 8,3 olan ramat yıkama suyu çözeltisinin bulanıklık değeride 2990 NTU ölçülmüş ve 3.5 ile 3.17 şekilleri arasında koyu renkle gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Metalik altının değişik pH'larda P.9160 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1288	1473	2740	2990	1108	874



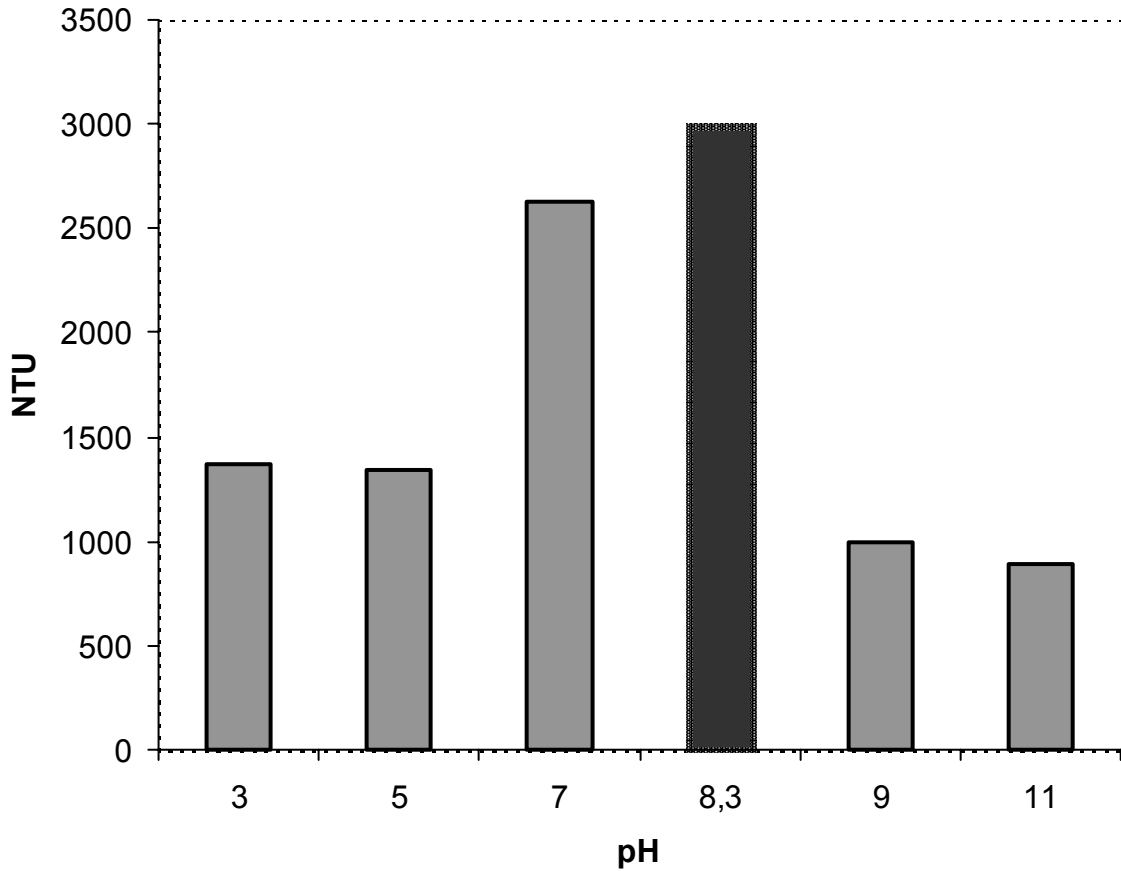
Şekil 3.5 Metalik altının P.9160 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki

3.3.2 Metalik Altının Polielektrolit P.9130 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

Asitlik değeri 3'e ayarlanmış, metalik altın içeren 750 ml yıkama çözeltisi üzerine, 1000 ppm'lik anyonik polielektrolit P.9130 çözeltisinden 0,5 ml (10 damla), yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika dinlendirilen çözeltinin üst kısmından dekantasyon yöntemi ile numune alındı. Aynı işlemler pH değerleri 5, 7, 9, 11'e ayarlı yıkama çözeltileri için tekrarlandı. Numunelerin bulanıklık cihazında ölçümleri alındı. Toplu sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bulanıklık (NTU) değerleri ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Metalik altının değişik pH'larda P.9130 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1374	1345	2630	2990	1001	893



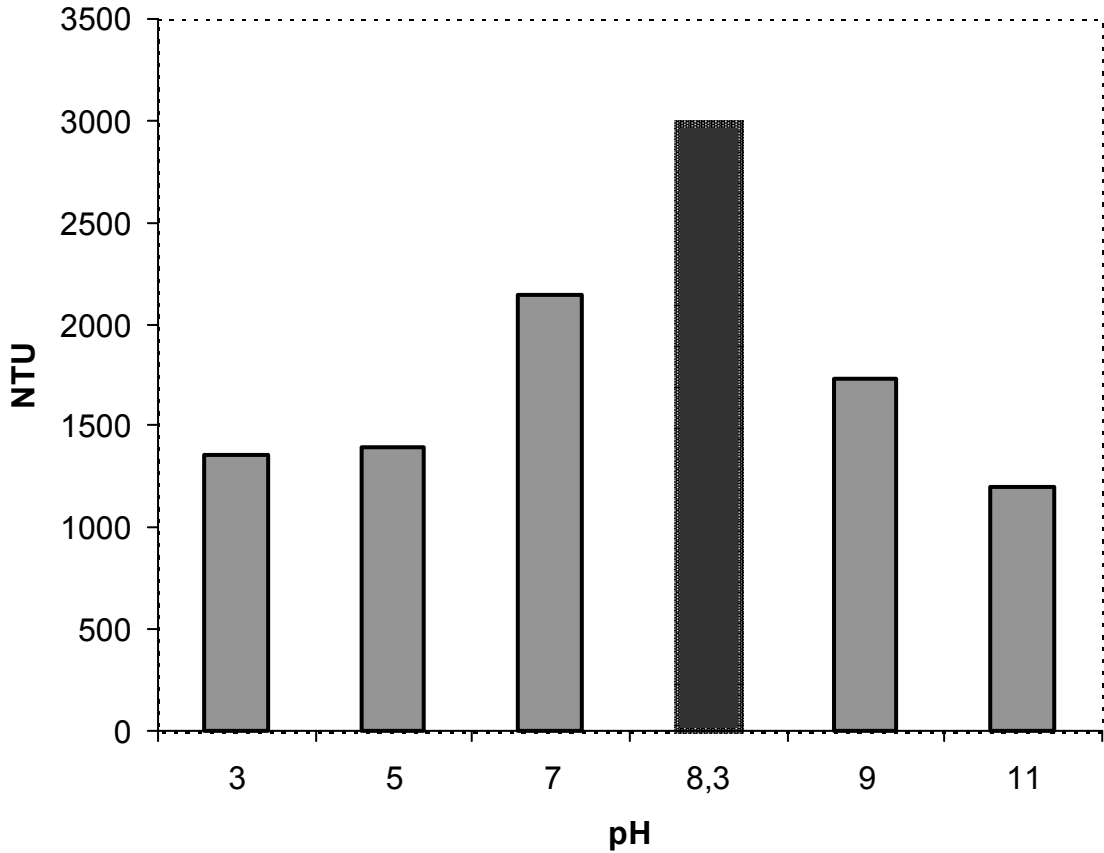
Şekil 3.6 Metalik altının P.9130 ile çöktürülmesinde bulanıklık ile pH arasındaki ilişkisi

3.3.3 Metalik Altının Polielektrolit P.8000 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

Metalik altın içeren 750 ml hacimli yıkama çözeltisi, önce pH 3' e ayarlandı. Çözeltiye 1000 ppm'lik non-iyonik polielektrolit P.8000 çözeltisinden 0,5 ml (10 damla), yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika bekletilen çözeltinin üst kısmından numune, dekante edilerek alındı. Bu işlemler pH değerleri 5, 7, 9, 11'e ayarlı yıkama suyu çözeltileri için de tekrarlandı. Numunelerin bulanıklık değerleri spektrofotometre cihazında ölçüldü. Toplu sonuçlar Çizelge 3.3'de verilmiştir. Bulanıklık (NTU) ile pH arasındaki değişim ilişkisi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Metalik altının değişik pH'larda P.8000 ile çöktürülmesindeki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1353	1396	2147	2990	1726	1200



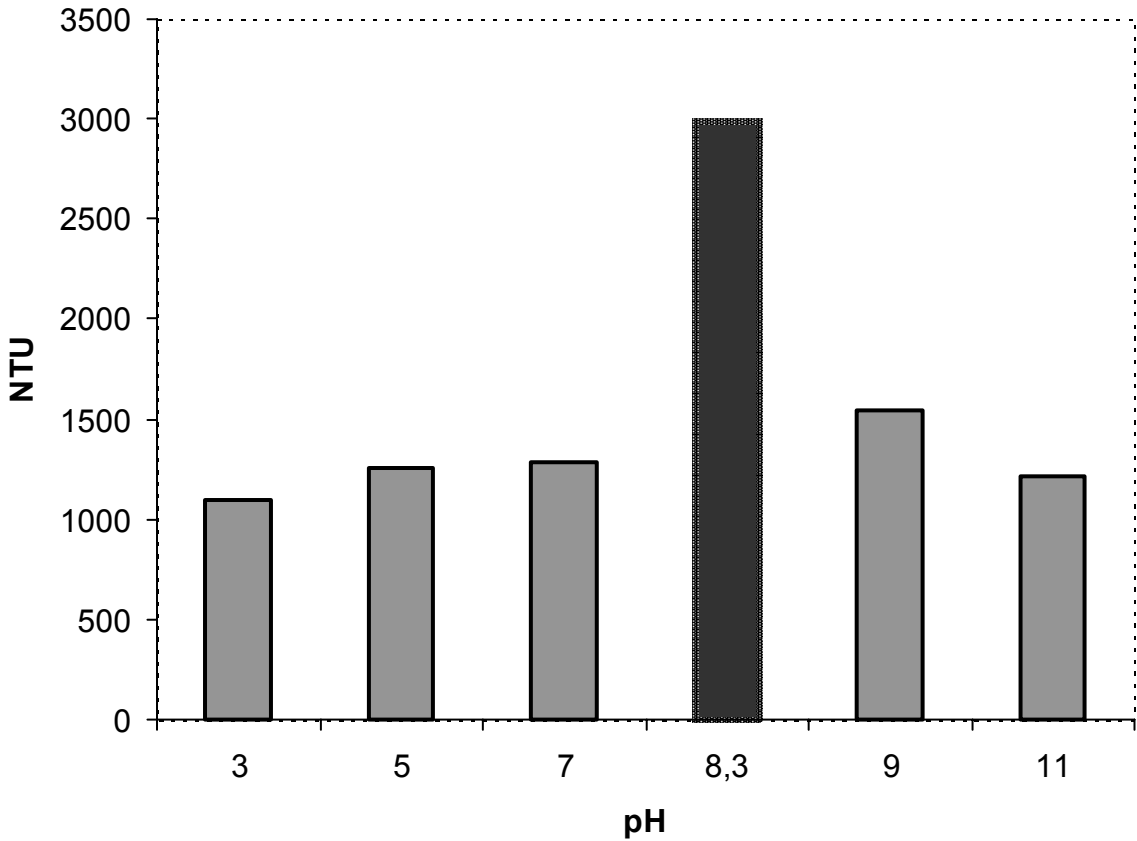
Şekil 3.7 Metalik altının P.8000 ile çöktürülmesinde bulanıklık ile pH arasındaki ilişki

3.3.4 Metalik Altının Polielektrolit P.502 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

750 ml hacimde alınan metalik altın içeren yıkama çözeltisinin, asitliği pH metre yardımıyla önce 3 değerine ayarlandı. Üzerine 1000 ppm'lik katyonik polielektrolit P.502 çözeltisinden 0,5 ml (10 damla), yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika bekletilerek çökmesi sağlanan çözeltinin üst kısmından numune alındı. Aynı işlemler pH değerleri 5, 7, 9, 11'e ayarlanan yıkama çözeltileri için tekrarlandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Toplu sonuçlar Çizelge.3.4'de verilmiştir. Bulanıklık (NTU) ile pH arasında ortaya çıkan ilişki Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Metalik altının P.502 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1100	1260	1290	2990	1550	1220



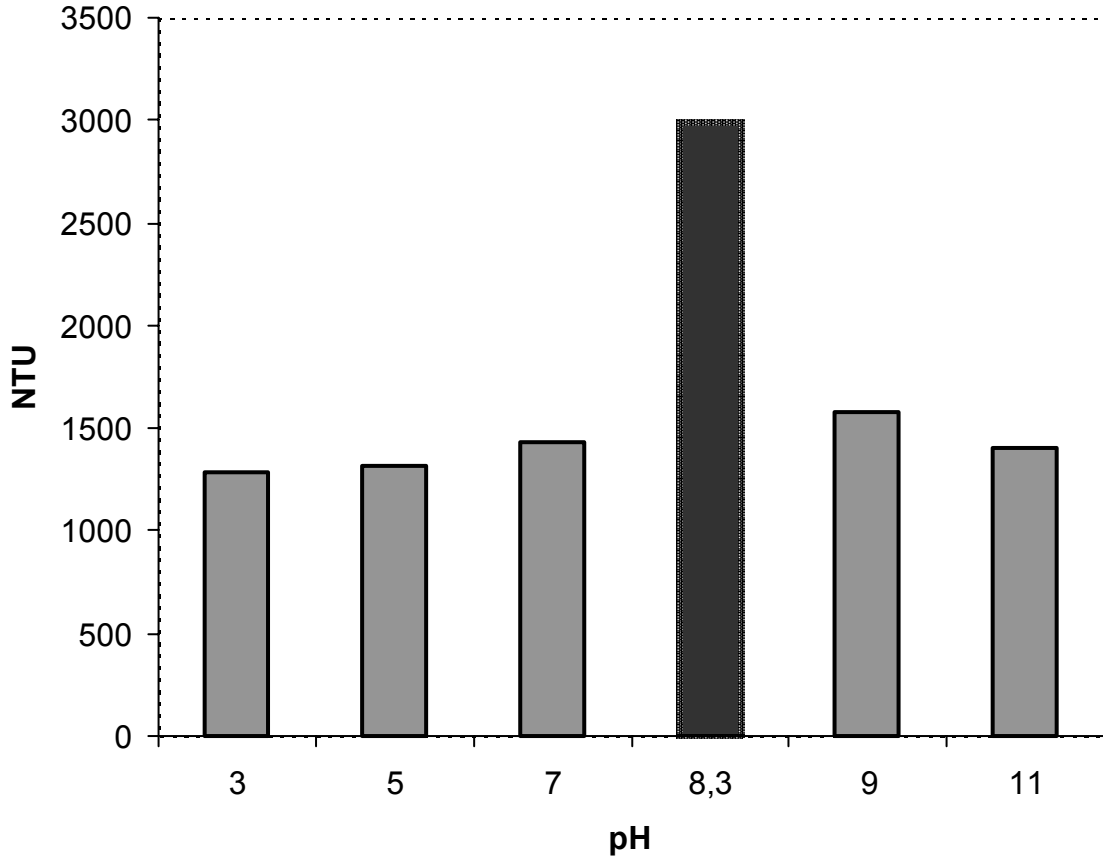
Şekil 3.8 Metalik altının P.502 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki

3.3.5 Metalik Altının Polielektrolit P.503 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

3 değerine ayarlanan pH'da, metalik altın ihtiva eden yıkama çözeltisi üzerine, 1000 ppm'lik katyonik polielektrolit P.503 çözeltisinden yavaş yavaş 0,5 ml (10 damla) eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika dinlendirilerek çözeltinin çökmesi sağlandı ve üst kısmından numune alındı. Bu işlemler pH değerleri 5, 7, 9, 11'e ayarlı yıkama çözeltileri için de tekrarlanarak, numuneler toplandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Toplu sonuçlar Çizelge 3.5'de verilmiştir. Bulanıklık (NTU) ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Metalik altının P.503 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1290	1320	1430	2990	1580	1400



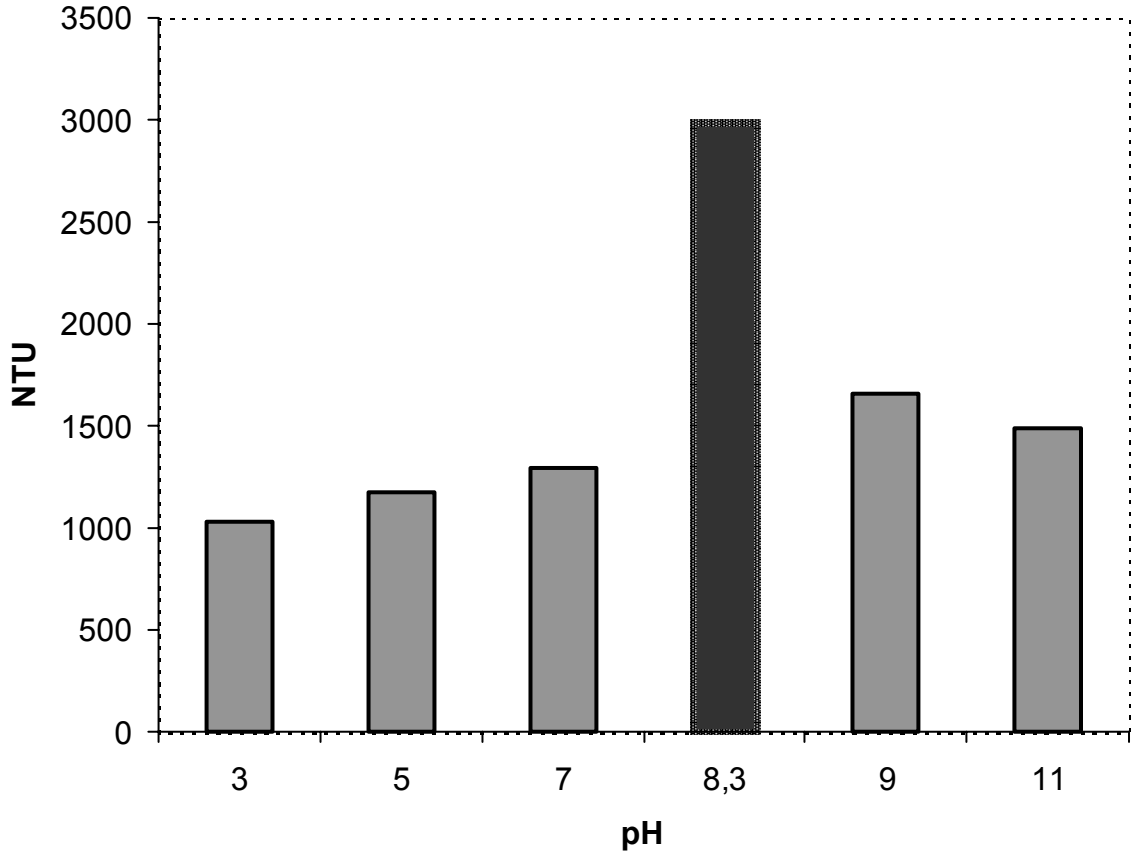
Şekil 3.9 Metalik altının P.503 ile çöktürülmesinde pH ile bulanıklık arasındaki ilişki

3.3.6 Metalik Altının Polielektrolit P.507 ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

pH' sı 3'e, hacmi 750 ml' ye ayarlanan, metalik altın içeren yıkama çözeltisi üzerine, 1000 ppm'lik katyonik polielektrolit P.507 çözeltisinden 0,5 ml (10 damla), yavaş yavaş ilave edildi. Sonra çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. Çökmesi için geçen 20 dakika sonrasında, çözeltinin üst kısmından numune alındı. Bu işlem 5, 7, 9, 11 pH değerleri için de tekrarlandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Sonuçlar Çizelge 3.6'da verilmiştir. pH değerleri ile bulanıklık (NTU) arasındaki ilişki Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Metalik altının P.507 ile çöktürülmesinde değişik pH'lardaki bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	1034	1176	1290	2990	1660	1490



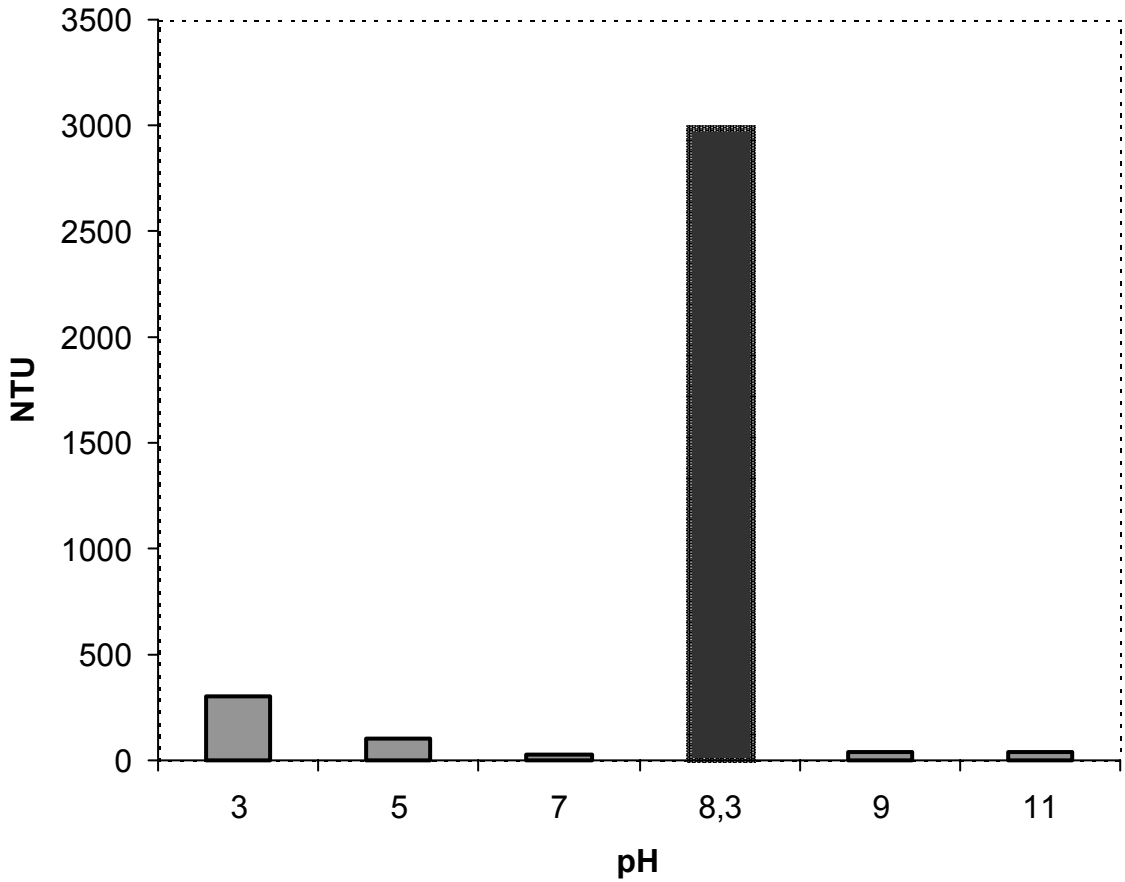
Şekil 3.10 Metalik altının P.507 ile çöktürülmesinde bulanıklık ile pH arasındaki ilişki

3.3.7 Metalik Altının Koagülant Fe^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

750 ml hacimde alınan, metalik altın içeren yıkama çözeltisi pH'ı 3'e ayarlanarak üzerine 1M Fe^{+3} çözeltisinden 5 ml, yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dak. orta hızda ve 10 dak. da yavaş konumda karıştırıldı. Çökmesi için 20 dakika bekletilen çözeltinin üst kısmından dekante edilerek numune alındı. Aynı işlem çözeltinin pH değerleri 5, 7, 9, 11 için de tekrarlandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Toplu sonuçlar Çizelge 3.7'de verilmiştir. Bulunan bulanıklık değerleri (NTU) ile pH arasındaki oluşan ilişki Şekil 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 Metalik altının Fe^{+3} ile değişik pH'larda oluşturduğu bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	242	30	3,9	2990	4,6	4,8



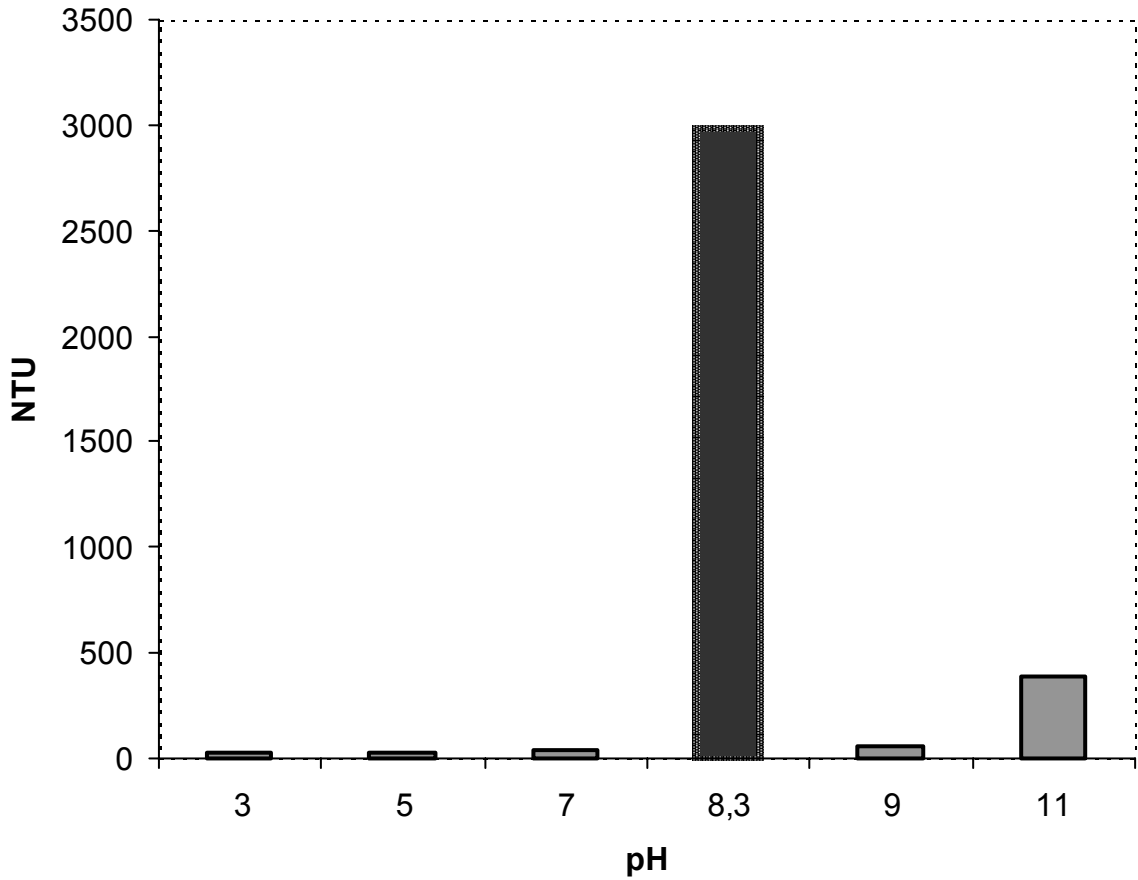
Şekil 3.11 Fe^{+3} iyonun pH değişikliklerinde oluşturduğu bulanıklık değerlerinin incelenmesi

3.3.8 Metalik Altının Koagülant Al^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine pH'ın Etkisi

Metalik altın bulunduran yıkama çözeltisinden 750 ml hacim alındı. Asit yardımıyla pH' ısı önce 3 olarak ayarlandı. Üzerine 5 ml 3M Al^{+3} çözeltisi yavaş yavaş eklendi. Çözelti 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika bekletilerek çözeltinin oturması sağlandı ve üst kısımdan numune alındı. İşlemler pH 5, 7, 9, 11'e ayarlı yıkama çözeltileri için de tekrar edildi. Alınan numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.8'de verilmiştir. Bulanıklık değerleri (NTU) ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 Metalik altının Al^{+3} iyonu ile değişik pH'larda oluşturduğu bulanıklık değerleri

pH	3	5	7	8,3	9	11
NTU	2,6	2,4	6,3	2990	36	353



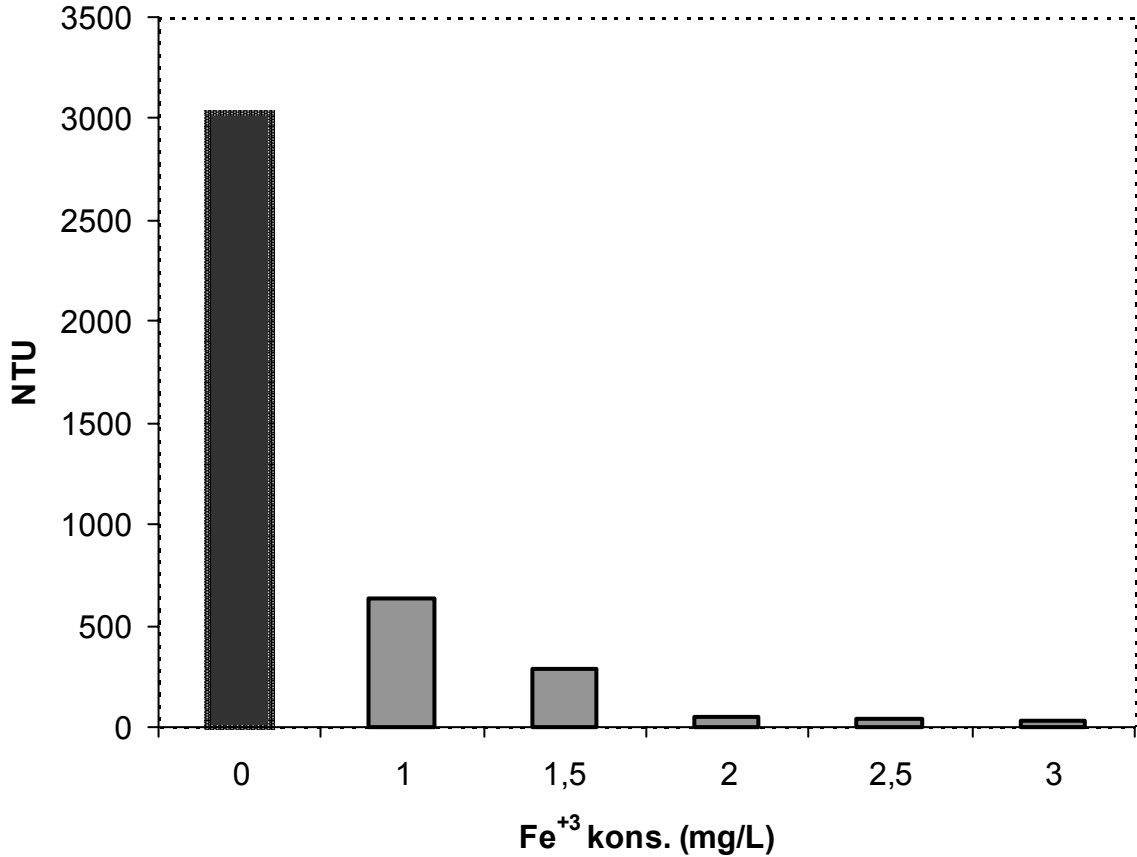
Şekil 3.12 Al^{+3} iyonun değişik pH larda oluşturduğu bulanıklık sonuçlarının incelenmesi

3.3.9 Metalik Altının Çöktürülmesi Üzerine Fe^{+3} Konsantrasyonu Etkisi

Metalik altın bulundurduğu bilinen 750 ml'lik yıkama çözeltisinin pH'sı, Fe^{+3} çözeltisi ile bulduğumuz minimum bulanıklık değerine tekabül eden asitlik değeri 7,0'e ayarlandı. Daha sonra 1 ml 1M Fe^{+3} çözeltiye damla damla katıldı. 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırılan çözeltiden 20 dakika bekletildikten sonra, dekantasyon ile üst kısımdan numune alındı. Aynı işlem 1,5, 2, 2,5, 3 ml hacimde 1M Fe^{+3} için tekrarlandı. Numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Alınan değerler Çizelge 3.9'da verilmiştir. Oluşan bulanıklık (NTU) ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 pH 7,0'de metalik altının çöktürülmesi üzerine Fe^{+3} konsantrasyonunun etkisi

Fe^{+3} kons.(mg/L)	1	1,5	2	8,3	2,5	3
NTU	595	235	26	2990	14,2	11,4



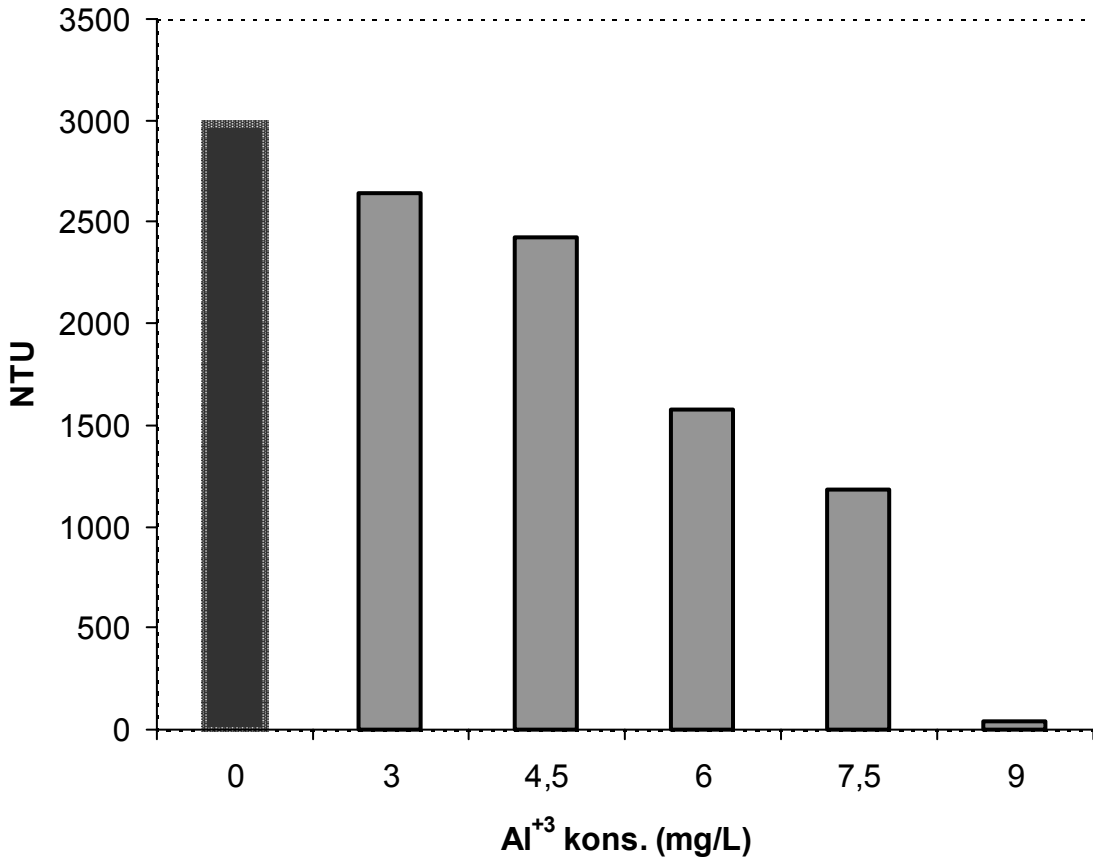
Şekil 3.13 Metalik altının çöktürülmesinde pH 7,0'de Fe^{+3} kons. ile bulanıklık arasındaki ilişki

3.3.10 Metalik Altının Koagülant Al^{+3} ile Çöktürülmesi Üzerine Konsantrasyonun Etkisi

İçinde metalik altın olduğu bilinen 750 ml'lik yıkama suyu çözeltisi, HNO_3 çözeltisi ile Al^{+3} için bulunan en uygun çökme pH değeri olan 5,0'e ayarlandı. 1ml hacim 3M Al^{+3} çözeltisi yavaş yavaş behere katıldı ve devamında çözelti, 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika da yavaş konumda karıştırıldı. 20 dakika bekletilmesi sonunda çözeltinin üst kısmından numune alındı. Aynı işlemler Al^{+3} çözeltisinin 1,5, 2, 2,5, 3 ml'lik hacimleri için tekrarlandı. Alınan numuneler bulanıklık cihazında ölçüldü. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.10'da verilmiştir. Bulanıklık (NTU) ile pH arasındaki ilişki Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 pH 5,0'de metalik altının çöktürülmesi üzerine Al^{+3} konsantrasyonunun etkisi

Al^{+3} kons.(mg/L)	3	4,5	6	8,3	7,5	9
NTU	2640	2430	1580	2990	1180	20



Şekil 3.14 Metalik altının çöktürülmesinde pH 5,0'de Al^{+3} kons. ile bulanıklık arası ilişki

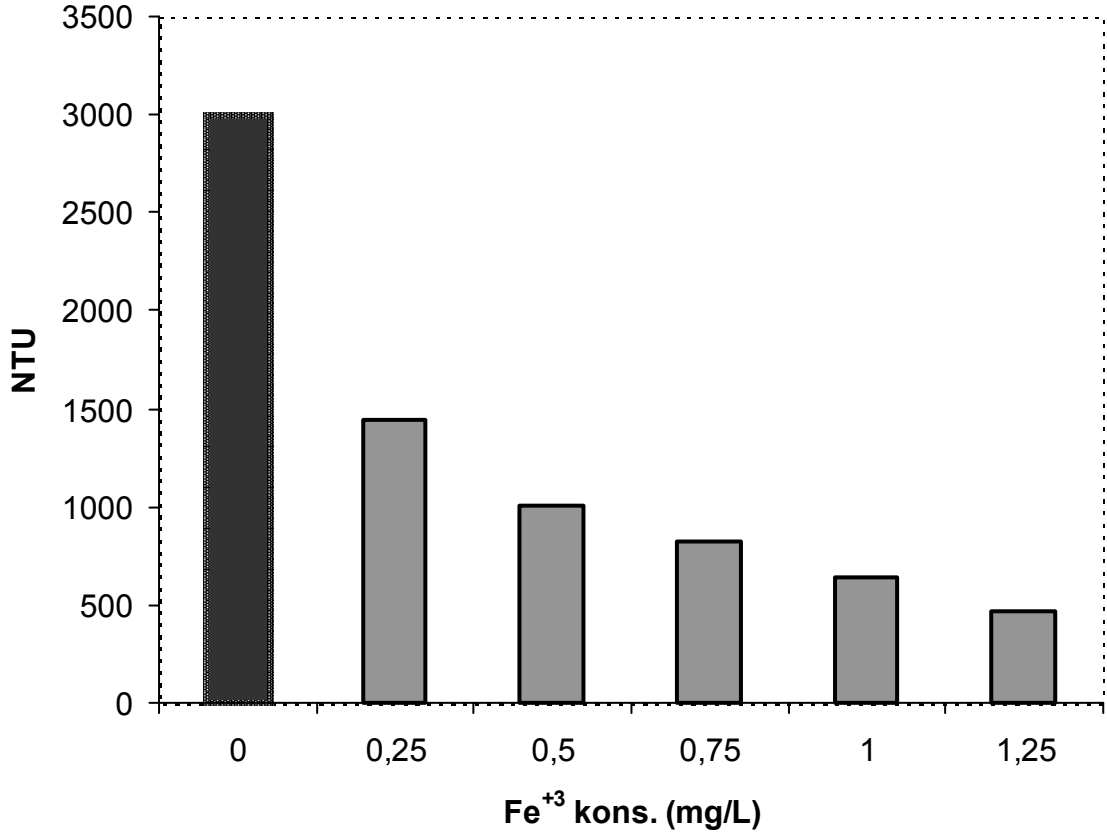
3.3.11 Metalik Altının Çöktürülmesi Üzerine Polielektrolit–Koagülant Karışımı Etkisi

Yıkama suyundaki metalik altının polielektrolit ve koagülant karışımları ile çöktürülmesi için, 750 ml'lik yıkama suyu çözeltileri, Fe^{+3} iyonu için bulunan en uygun pH değeri olan 7,0 ve Al^{+3} için de pH 5,0'e ayarlandı. Farklı konsantrasyonlardaki Fe^{+3} üzerine, bulanıklık değerini düşürmediği yani çökelme işleminin tam olarak gerçekleşmediği anyonik, katyonik ve non-iyonik polielektrolitlerden oluşan 6 farklı polielektrolitten 10 damla (0,5 ml), ayrı ayrı ilave edildi. Çözeltiler 2 dakika hızlı 5 dakika orta hızda ve son olarak 10 dakika yavaş karıştırıldı. 20 dakika dinlendirilen çözeltilerin üstünden numuneler alındı. Yine pH'sı 5,0'e ayarlanmış 750 ml'lik yıkama suyu çözeltileri üzerine farklı konsantrasyonlardaki Al^{+3} çözeltileri ve anyonik, katyonik ve non-iyonik polielektrolit çözeltilerinden 10'ar damla ayrı ayrı eklenerek, benzer karıştırma işlemleri uygulandı. Dinlendirilmiş numune çözeltilerinin üst kısmından örnekler alındı. Bulanıklık değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmedi. Aşağıda örnek teşkil etmesi bakımından polielektrolit-koagülant karışımının metalik altının çöktürülmesi üzerine etkisinin incelendiği birer örnek verilmiştir.

0,25-1,25 ml değişen hacimlerde 1M Fe^{+3} iyonu ilave edilmiş ve pH'sı 7,0'e ayarlanarak yıkama suyu üzerine 10'ar damla P.9160 anyonik polielektroliti ilaveleri yapılmıştır. Ardından 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika yavaş karıştırılıp, 20 dakika bekletildikten sonra, çözeltilerin üst bölümünden alınan numunelerin bulanıklık değerleri, Çizelge 3.11'de verilmiştir. Bu değerlerin grafik halinde incelenmesi ise Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11 pH 7,0'de farklı konsantrasyonlardaki Fe^{+3} ve P.9160 polielektrolit karışımının metalik altının çöktürülmesi üzerine etkisi.

Fe^{+3} kons. (mg/L)	0,25	0,5	0,75	8,3	1	1,25
NTU	1440	1010	820	2990	640	470

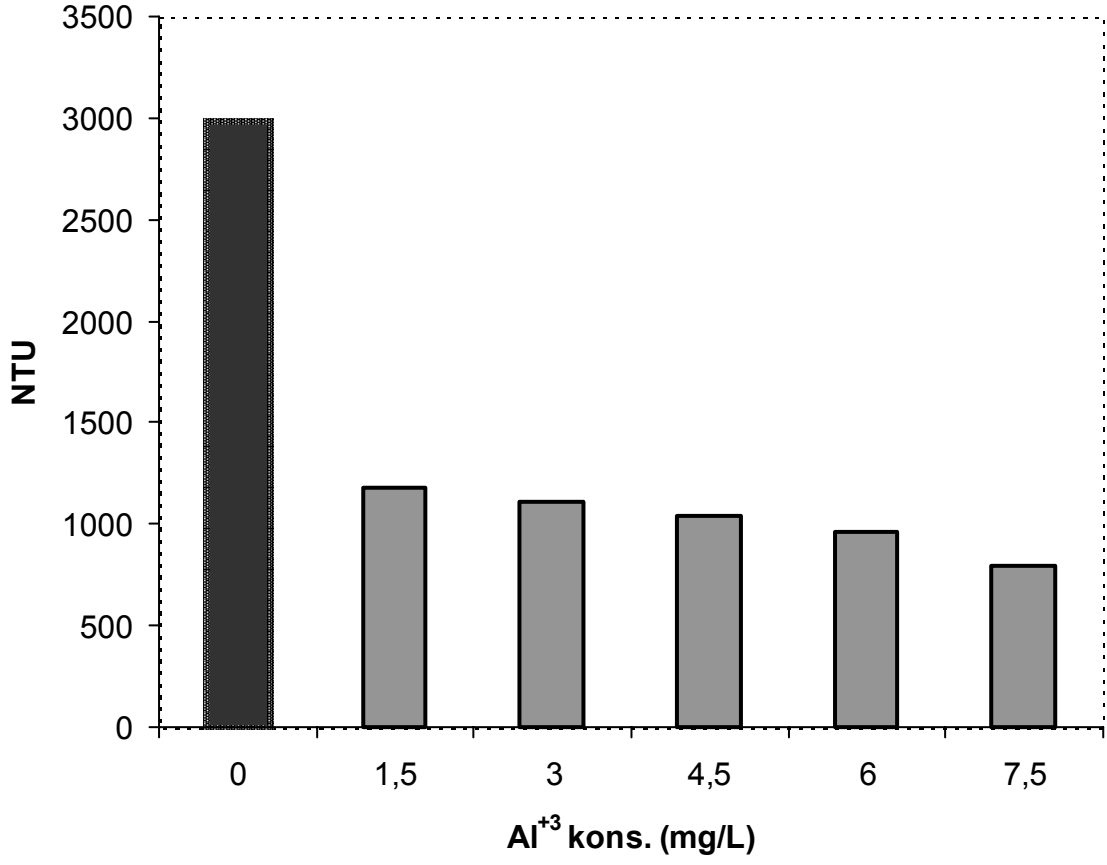


Şekil 3.15 pH 7,0'de metalik altının çöktürülmesinde farklı konstrasyonlardaki Fe⁺³ ve P.9160 polielektrolit karışımı ile bulanıklık arası ilişki

0,5-2,5 ml değişen hacimlerde 3M Al⁺³ iyonu ilave edilmiş ve pH'sı 5,0'e ayarlanmış yıkama suyu çözeltileri üzerine 10'ar damla P.502 katyonik polielektroliti ilaveleri yapılmıştır. Çizelge 3.12'de, ardından 2 dakika hızlı, 5 dakika orta hızda ve 10 dakika yavaş karıştırılıp, 20 dakika dinlendirildikten sonra, çözeltilerin üst bölümünden dekante edilerek alınan numunelerin bulanıklık değerleri verilmiştir. Şekil 3.16'da da, elde edilen değerler grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 pH 5,0'de farklı konsantrasyonlardaki Al⁺³ ve P.502 polielektrolit karışımının metalik altının çöktürülmesi üzerine etkisi.

Al ⁺³ kons. (mg/L)	1,5	3	4,5	8,3	6	7,5
NTU	1180	1110	1040	2990	960	800



Şekil 3.16 pH 5,0'de metalik altının çöktürülmesinde farklı konstrasyonlardaki Al³⁺ ve P.502 polielektrolit karışımı ile bulanıklık arası ilişki

Polielektrolit/ Koagülant	Başlangıç Bulanıklık (NTU)	Alınan En Düşük Bulanıklık (NTU)	% Kazanım
Anyonik P.9160	2990	874	70,76
Anyonik P.9130	2990	893	70,13
Non-İyonik P.8000	2990	1200	59,86
Katyonik P.502	2990	1100	63,21
Katyonik P.503	2990	1260	57,85
Katyonik P.507	2990	1034	65,41
Demir(III)	2990	3,9	99,86
Aluminyum(III)	2990	2,4	99,91

Çizelge 3.13 Yıkama suyundan Polielektrolit/Koagülant ile altının en yüksek verimli geri kazanım değerleri



Şekil 3.17 Yıkama çözeltisi başlangıç görünümü



Şekil 3.18 Optimum Fe³ ilavesi sonrası görünüm



Şekil 3.19 Optimum Al³ ilavesi sonrası görünüm

3.3.12 Yıkama Suyundaki Metalik Altının Klor Gazı Yöntemi ile Çözülmesi

Metalik altın içeren 750 ml yıkama suyu çözeltisi, 250 ml 5M HCl çözeltisi ile Şekil 3.20’de gözüken 3 boyunlu balona eklenerek 1 litrelik çözelti oluşturuldu. Çözelti magnetik karıştırıcı ve balık yardımıyla sabit hızda sürekli karıştırıldı. Sistemin sızdırmazlık kontrolü yapıldıktan sonra klor gazı yavaş bir şekilde, 2 saat süre ile geçirildi. Balondan çıkan klor gazı önce emniyet şişesinden, sonra sıvı derişik NaOH çözeltisinden geçirilerek atmosfere verildi. 2 saat süre sonunda gaz kapatılıp, sistem soğumaya bırakıldı. Çözelti süzgeç kağıdı yardımıyla süzöldü. Çözünmeyen kısım kral suyu yöntemiyle çözüldü. Süzöntü ve kral suyunda çözünmüş çözünmeyen kısımdan elde edilen numuneler 1/100 oranında seyreltilerek AAS’ de altın ölçümü yapıldı. Deneyin düzeneği Şekil 3.20’de gösterilmiştir. Yapılan 2 okumanın ortalaması Çizelge 3.14’de verilmiştir.

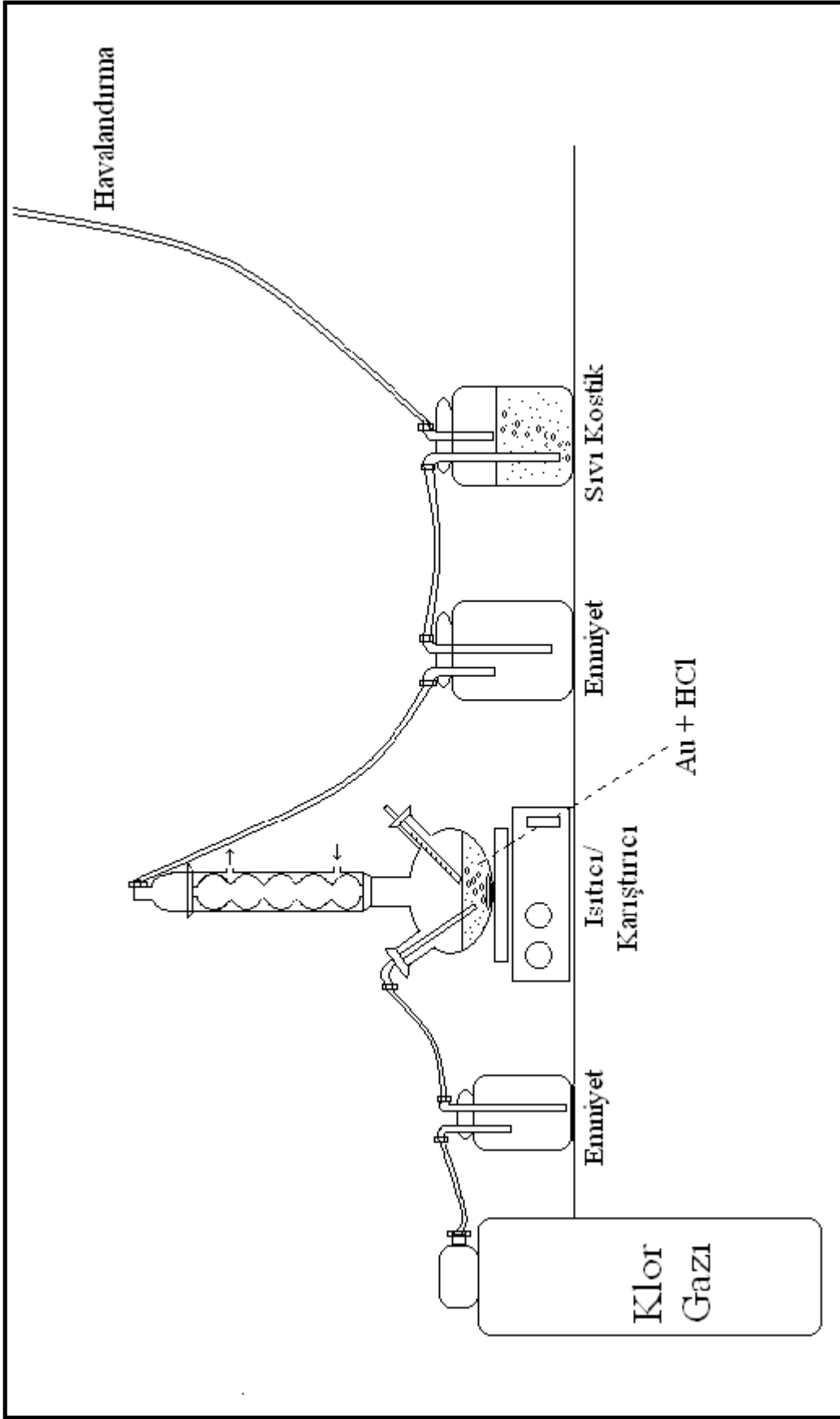
Çizelge 3.14 Klor gazı yöntemi ile çözünen Au miktarları

Klor gazı ile çözünen altın miktarı (mg/L)	73,63
Klor gazı işlemleri sonucu çözünmeyen altın miktarı (mg/L)	16,87

Ayrıca kıyaslama amacıyla, koagölant Fe^{+3} ve Al^{+3} ile çöktürölen yıkama suyu çökeltileri de süzölerek kral suyu ile çözüölüp, 1/100 oranında seyreltilerek AAS’ de altın miktarlarına bakıldı. 2 kere okutulan çözeltilerin ortalama değerleri, Çizelge 3.15’ de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Koagölant Fe^{+3} ve Al^{+3} ile çöktürölen Au miktarları

Al^{+3} ilavesi ile oluşun çökeltideki altın konsantrasyonu (mg/L)	93,4
Fe^{+3} ilavesi ile oluşun çökeltideki altın konsantrasyonu (mg/L)	90,5



Şekil 3.20 Metalik altın içeren yıkama sularının klor gazı yöntemi ile çözüldürülme işlemi deney düzeniği

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Şekil 3.5 ve Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi, anyonik bir polielektrolit olan P.9160 ile ramat yıkama suyundaki altının geri kazanılması için yapılan çalışmada, elde edilen bulanıklık değerleri pH 3 ile 11 arasında 874 NTU ile 2740 NTU arasında değişmektedir.

Sırasıyla pH 11, 9, 3, 5 ortamında daha düşük bulanıklık değerleri okunurken, pH 7’de 2740 NTU gibi yüksek bulanıklık elde edilmiştir. Bu sonuç bize, bu pH’da çözeltimizin yüksüz olabileceğini ve bir izoelektrik nokta oluşumu ihtimalini göstermektedir. En düşük bulanıklık değeri 874 NTU, pH 11’ de gözlemlenmiştir. Bu noktada geri kazanım değeri % 70,76’dır.

Benzer durum Şekil 3.6 ve Çizelge 3.2’de, yine anyonik bir polielektrolit olan P.9130 ile yapılan çöktürme işleminde de görülmektedir. Bu polielektrolit ile de, en iyi çöktürme pH 11 noktasında 893 NTU olarak bulunmuştur. Geri kazanım %70,13’tür.

Bir non-iyonik polielektrolit olan P.8000 ile yapılan denemelerde de, anyonik polielektrolitlerle alınan sonuçlara yakın değerlerin elde edildiği, Şekil 3.7 ve Çizelge 3.3’ de görülmektedir. En iyi verim pH 11’de 1200 NTU’dur ve kazanım %59,86’dır.

Yapılan bu deneyler, ramat örneğimizden altının anyonik ve non-iyonik polielektrolitler ile yapılan geri kazanımının, bazik bölgede daha anlamlı sonuçlar verdiğini ve en iyi verimin, anyonik polielektrolit P.9160 ile yapıldığını göstermektedir.

Çalışmanın daha kuvvetli bazik ortamlarda sürdürülmesi ile, çökmenin artarak bulanıklık değerinin daha fazla düşeceği düşünülmektedir.

Katyonik polielektrolitden olan P.502 polielektroliti ile gerçekleştirilen denemede, elde edilen bulanıklık değerlerinin pH 3-11 arasında 1100- 1550 NTU bulunduğu, Şekil 3.8 ve Çizelge 3.4’de belirtilmektedir.

En olumlu çökelmeyi, pH 3 ortamında 1100 NTU bulanıklık değeri ile verirken, pH 9’da en yüksek değer olan 1550 NTU’yu vermiştir. Altının çözüldüğüden geri alınma en yüksek verimi % 63,21’dir.

Benzer sonuçlar diğer katyonik polielektrolitler olan P.503 ve P.507 ile de alındığı Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6 ile Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da görülmektedir. P.503 için en iyi kazanım verimi % 57,85 olurken, P.507 polielektroliti için % 65,41 olmuştur.

Bu veriler, ramat çözeltilisinin katyonik polielektrolitler ile pH 9 civarında daha düşük değerlerde yük potansiyeli oluştuğu ve dolayısıyla çökelmenin nisbeten daha az olduğu, asidik ortamda daha anlamlı sonuçlar alındığını göstermektedir.

Çalışma daha kuvvetli asidik pH değerleri ile devam ettirildiğinde, bulanıklık değerlerinin daha fazla oranda düşeceği düşünülmektedir. Sonraki çalışmalarda bu durum göz önüne alınacaktır.

Delfini vd., (2000) çalışmasında yıkama sularında gravimetri esasına dayanarak 35 µm çapından büyük altın taneciklerinde % 90 geri kazanım sağladıkları belirtilmiştir. Bizim polielektrolit kullanarak yaptığımız çalışmalarda, tanecik boyutu 1µm'dan küçük olan yıkama çözeltilisinden % 70 civarında geri kazanım sağlanmıştır. İki yöntem karşılaştırıldığında, kullanılan polielektrolitlerin basit, ekonomik, zaman ve enerji tasarrufu ile çöktürülmesi daha zor olan 1 µm'dan küçük olan taneciklerin bulunduğu dikkate alındığında, gravimetrik metoda üstünlük sağladığı görülmektedir.

Ramat örneğimizin başlangıç bulanıklık değeri 2990 NTU idi. Bu bulanıklık değerinin polielektrolitler ile önemli oranda azaldığı, dolayısıyla altının önemli ölçüde geri kazanıldığı gösteren toplu sonuçlar Çizelge 3.13'de verilmiştir.

Şekil 3.11' de görüldüğü gibi koagülant Fe^{+3} çözeltilisi, metalik altınla bazik bölgede daha iyi çökeltme işlemi yapmış ve en uygun asidite olarak pH 7,0'de çökmüştür. Elde edilen bulanıklık değeri 3,9 NTU'dur. Koagülant Al^{+3} iyon çözeltilisinin ise, asidik bölgede daha olumlu çökeltme işlemi gerçekleştirdiği ve optimum çökeltme değerinin pH 5,0'de 2,4 NTU olduğu Şekil 3.12'de görülmektedir.

Şekil 2.4 incelendiğinde, Al^{+3} iyonu için bazik pH değerlerinde, $Al(OH)_3$ yapısında olduğu görülmektedir. Bu bileşik, zeta-potansiyeli oluşturacak yüklü bir iyon içermediğinden, koagülasyonu engellemiş ve etkili çökme görülmemiştir. Snoeyink ve Jenkins, (1980) literatüründe, çok çekirdekli komplekslerin yüksek OH^- içeriğinin, hidrolize alüminyum iyonu oluşturarak, koagülant olarak daha etkin hale geldiği ve yine çok çekirdekli komplekslerin kısa zincirli polimerler gibi davranarak, partikül üstünde özel tutunma blokları oluşturduğu belirtilmiştir. Bu bilgi, asitliğin 3-7 değerleri arasında meydana gelen çökelmenin, $[Al_2(OH)_2^{4+}]$, Al^{+3} , $Al(OH)^{2+}$ kompleks bileşiklerin etkisinde pozitif yüklerin oluşması vasıtasıyla gerçekleştiğini düşündürmüştür.

Aynı kaynakta Fe^{+3} iyonu için, çok çekirdek barındıran hidrokso komplekslerinin, orta ve yüksek bazik pH değerlerinde baskın olduğu belirtilmiştir. Şekil 2.3 ile kıyaslandığında, zeta-potansiyel oluşturan Fe^{+3} , $Fe(OH)^{+2}$ ve $[Fe(OH)_2]^+$ kompleks bileşiklerinin etkili olduğu görülmüştür. Koagülasyona pH 3'te $[Fe_2(OH)_2]^{4+}$, pH 5'de Fe^{+3} iyonun önemli etkisi olurken, bazik değerlerde $Fe(OH)^{+2}$ ve $[Fe(OH)_2]^+$ iyonlarının katkısı görülmektedir.

Şekil 3.13'te Fe^{+3} iyonları ile pH 7,0'de, 1 litre yıkama suyu çözeltisinin çöktürülmesi için gerekli Fe^{+3} konsantrasyonu $[(1000/750) \times 2(\text{ml}) \times 1 (\text{M})] = 2,67 \text{ mg/L}$ bulunsa da, kıymetli maden olan altının çöktürülmesinde $[(1000/750) \times 3(\text{ml}) \times 1 (\text{M})] = 4 \text{ mg/L}$ alınmasının ekonomik açıdan fazla önemi yoktur.

Şekil 3.14'de pH 5,0 değerinde koagülant Al^{+3} iyon çözeltisinin 1 litre yıkama suyu çöktürmesi için en uygun çöktürme konsantrasyonu $[(1000/750) \times 3(\text{ml}) \times 3 (\text{M})] = 12 \text{ mg/L}$ olduğu görülmektedir.

Delfini vd. (2000) çalışması, koagülant iyonlar ile yaptığımız çalışma ile karşılaştırıldığında, 35 μm 'dan büyük çapta altın taneciklerinin % 90 geri kazanımı yerine, 1 μm çapından küçük taneciklerin % 99,9 civarında kazanımının üstünlüğü açıkça görülmektedir. Bu üstünlüğe ekonomi, kolaylık, enerji ve zaman üstünlüğünü de eklemek gerekir.

Metalik altın içeren yıkama suyunun başlangıç bulanıklık değeri olan 2990 NTU ile kıyaslandığında, gerek Fe^{+3} gerek Al^{+3} iyon çözeltilerinin polielektrolitlerle birlikte kullanıldığında, çöktürme işlemine daha olumlu anlamda bir değer katmadığı Şekil 3.15 ve 3.16'da açıkça görülmektedir.

Çizelge 3.14 ve 3.15 incelendiğinde ise, 2 saatlik klorlama işlemi sonunda yıkama suyundaki metalik altının yaklaşık % 81,36'sının çözüldüğü görülmektedir. Bu oran, aynı miktar yıkama suyu çözeltisinin kral suyu yöntemi ile çözülmesi sonucu oluşan değer esas alınarak karşılaştırılmasıdır.

Hoffmann, (1992) çalışması ve [6], (2003) literatürüne göre % 99 verimin elde edilmesine karşı, çalışmamızda aldığımız % 81,36'lık değer farkı, altın takılarının yıkama çözeltisine, cila işlemi sonrasında tabii tutulmasıdır. Cila işleminde, organik yağlar kullanılmaktadır. Bu işlemi takip eden arındırma basamağı ultrasonik yıkama suyu tankında, yüzeyden koparak çözeltiliye geçen altın partiküllerinin etrafı, kullanılan yağ molekülleri ile sarılı olacaktır.

Üstte belirtilen referanslarda ortamın ve altının yüzeyinin temiz olmasına karşın çalışmamızda, yıkama suyundaki kontaminasyondan özellikle yağ moleküllerinden dolayı, pasivize olmuş altın parçacıklarına klor gazının etkisinin azaldığı düşünülmüştür.

Bu çalışmanın, bundan sonra yapılacak olan ramattan altın kazanımı ile ilgili çalışmalara ışık tutacağı kanaatindeyim.

KAYNAKLAR

Acarkan, N., Tez. Yön: Bayraktar, T.C., (1984), Bolkardağı Altın-Gümüş-Kurşu-Çinko Cevherlerinin Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Adamson, R.J., (1972), Gold Metallurgy in South Africa, Cape Town, U.S.A.

Alkan, U., Teksoy, A., Başkaya, S., (2006), “Determination of Optimum Coagulation Conditions for the Removal of Natural Organic Matter from Surface Waters”, Ekoloji, 15(59):18-26.

Akita, S., Yang, L., ve Takeuchi, H., (1996), “Solvent Extraction of Gold(III) from Hydrochloric Acid Media by Nonionic Surfactants”, Hydrometallurgy, 43: 37–46.

Ammen, C.W., (1997), Recovery and Refining of Precious Metals, 2nd ed., London, England.

Arslan, F., Özdamar, D.Y., Dinçer, H., Gürkan, V., (1999), “Leaching of Silver and Gold Containing Ores of Artvin Cerattepe Region”, Metalurji, 23(122):16-21.

Avcı, H., Ziyadanoğulları, B., Güzel, F., Ziyadanoğulları, R., (1996), “Gold Recovery by Way of Extraction and Adsorption from Jeweller's Residues”, Communications/ Faculty of Sciences University of Ankara Series B: Chemistry and Chemical Engineering, 42(1-2): 23-31.

Aylmore, M.G., Muir, D.M., (2001), “Thiosulfate Leaching of Gold-a Review”, Minerals Engineering, 14: 135–174.

Christy, S.B., (1896), “The Solution and Precipitation of Cyanide of Gold”, Trans. A.I.M.E.

Çıtak, Serdar, (2004), 24 Ayar, Düş Yıldızı Yayınları, Ankara.

Deflini, M., Manni, A., Massaci, P., (2000), “Gold Recovery From Jewellery Waste”, Minerals Engineering, 13: 663-666.

Dorr, J.V.N., Bosqui, F.L., (1950), Cyanidation and Concentration of Gold and Silver Ores, 2nd ed., Ohio, U.S.A.

Elsner, L., (1846), “Über das Verhalten verschredener Metalle in Einer Bringen Lösung Von Cyankalium”, J.Prakt Chem., 37: 441-446.

Fletcher, W.K., (1981), Handbook of Exploration Geochemistry, Elsevier Science Pub., New York.

Foo, K.A., Both, M.D. Ismay, A., Conterford, J.H. (1989), New Gold Processing Teknologies: An Engineer's Pers., Gold Forum and Tecnology and Practices-World Gold (1989), AIME: 233-234.

Gamez, G., Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Parsons, Dokken, J., Jose Yacaman M., (2003), “Recovery of Gold (III) from Multi-Elemental Solutions by Alfaalfa biomass”, Advances in Environmental Research, 7: 2: 563-571.

Gomes, C.P., Almeida, M.F. ve Loureiro, J.M., (2001), “Gold Recovery with Ion Exchange Used Resins”, Sep. Purif. Technol., 24: 35–57.

Hoffman, James, E. (1992), "Precious-Metal-Bearing Scrap: Some Considerations in Sampling and Negotiations", (7): 42-48.

Hydrochloric Acid Media by Nonionic Surfactants ", Hydrometallurgy, 43: 37-46.

Iglesias, M., Antico, E., Salvado, V., (1999), "Recovery of Palladium(II) and Gold(III) from Diluted Liquors Using the Resin Duolite GT-73", *Analytica Chimica Acta* 381: 61-67.

Ishakawa, S., Suyama, K., Arihara, K., Itoh, M., (2002), "Uptake and Recovery of Gold Ions from Electroplating Wastes Using Eggshell Membrane", *Bioresource Tecnoloji*, 81: 201-206.

Kargari, A., Kaghazchi, T., Mardangahi, B., Soleimani, M., (2006), "Experimental and Modeling of Selective Separation of Gold (III) Ions from Aqueous Solutions by Emulsion Liquid Membrane System", *Journal of Membrane Science*, 279: 1-2: 389-393.

Kavanoz, M., Gülce, H., Yıldız, A., (2004), "Anodic Stripping Voltammetric Determination of Gold on a Polyvinylferrocene Coated Glassy Carbon Electrode", *Turkish Journal of Chemistry*, 28 (3): 287-297.

Kirk, R.E., Othmer, D.F., (1980), *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., The U.S.A., 11: 972-992.

Kirk, R.E., Othmer, D.F., (1966), *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., The U.S.A., 10: 681-694.

Kuzugüdenli, Ö.E., Kantar, Ç., (1999), "Alternates to Gold Recovery by Cyanide Leaching", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 15 (1-2): 119-127.

Luigi, Vitiello., (1995), *Modern Teknik ve Pratik Kuyumculuk*, Türkajın Matb. A.Ş., Ankara.

Martínez, S., Navarro, P., Sastre, A.M. ve Alguacil, F.J., (1996), "The Solvent Extraction System Au(III)-HCl-Cyanex 471X ", *Hydrometallurgy* , 43: 1-12.

M. Balcerzak, (2004), "Sample Digestion Methods for the Determination of Traces of Precious Metals by Spectrometric Techniques", *Anal. Sci.* 18:737-750.

Metcalf & Eddy, INC., (1991), *Wastewater Engineering*, 3rd ed., Singapore.

Navarro, P., Vargas, C., Villarroel, A., Alguacil, F.J., (2002), "On the Use of Ammoniacal/Ammonium Thiosulphate for Gold Extraction from Concentrate", *Hydrometallurgy* 65: 37-42.

Ogata, T., Nakan, Y., (2005), "Mechanisms of Gold Recovery from Aqueous Solutions Using a Novel Tannin Gel Adsorbent Synthesized from Natural Condensed Tannin", *Water Research*, 39(18): 4281-4286.

Özacar, M., Şengil, İ.A., "The Use of Tannins from Turkish Acorns (*Valonia*) in Water Treatment as a Coagulant and Coagulant Aid", *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 26(3): 255-263.

Petrukhin, O.M., Avdeeva E.N. ve Shavnaya, Y.V., Yankauskas, V.P. ve Kazlauskas, R.M., (1987), "Ion-Selective Electrodes for Gold and Silver Determination", *Talanta* 34, 1, 111-121.

Puddephatt, R.J., (1986), *The Chemistry of Gold* Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam- Oxford- New York.

- Pyrzynska, K., (2005), "Recent Developments in the Determination of Gold by Atomic Spectrometry Techniques", *Spectrochimica Acta Part B* 60: 1316–1322.
- R.R. Barefoot, J.C., Van Loon, (1999), "Recent Advances in the Determination of the Platinum Group Elements and Gold", *Talanta* 49: 1–14.
- Romero-González, M.E., Williams, C.J., Gardiner, P.H.E., Gurman., S.J. ve Habesh, S., (2003), "Spectroscopic Studies of the Biosorption of Gold (III) by Dealginated Seaweed Waste", *Environ. Sci. Technol.*, 37: 4163–4169.
- Sanchez, J.M., Hidalgo, M. ve Salvado, V., (2000), "The Separation of Au (III) and Pd in Hydrochloric Acid Solutions by Strong Anion Type II Exchange Resins: the Effect of Counter Ion Concentration and Temperature", *Solvent Extr. Ion Exch.*, 18: 1199–1217.
- Skoog, D.A., Holler, F.J., Nieman T.A., (1998), *Enstrumantal Analiz Teknikleri*, 2nd ed., Orlando, Florida.
- Smith, E.A., (1947), *The Sampling and Assay of the Precious Metals*, 2nd ed., Charles Griffin G.Ltd., New York.
- Snell, F.P., Ettore, L.S., (1971), *Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis*, John Wiley & Sons., Inc., New York, London, Sydney, Toronto, 14: 1-49.
- Snoeyink, V.L., Jenkins, D., (1980), *Water Chemistry*, John Wiley&Sons Inc., Canada.
- Stumm, W., Morgan, J.J., (1980), *Aquatic Chemistry*, 2nd ed., Wiley-Interscience, New York.
- Stumm, W., (1968), *Chemical Aspect of Coagulation*, *Journall AWWA*, 60: 5.
- Syed, S., (2006), "A Green Technology for Recovery of Gold from Non-Metallic Secondary Sources", *Hydrometallurgy*, 82(1-2): 48-53.
- Ulusoy, U., Girgin, İ., (1998), "Gold Extraction Processes Other than Cyanidation for the Treatment of Refractory Ores", *Madencilik*, 37(4):23-33.
- Vinalsa, J., Juana, E., Ruiza, M., Ferrandoa, E., Cruellsa, M., Rocaa, A., Casadob, J., (2006), "Leaching of gold and palladium with aqueous ozone in dilute chloride media", *Hydrometallurgy* 81:142–151.
- Volesky, B. ve Holan, Z.R., (1995), "Biosorption of Heavy Metals", *Biotechnol. Prog.*, 11: 235–250.
- White, G.C., (1985), *Handbook of Chlorination*, 2nd ed., Van Nostrand-Reinhold, New York.
- Yannopoulos, J.C., (1991), *The Extractive Metallurgy of Gold*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Yılmaz, Y.Z., (1995), *Atıklardan Altın İzolasyonu, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*

İNTERNET KAYNAKLARI

[1]www.sciencedirect.com

[2]www.ulakbim.gov.tr

[3]www.geocities.com

[4]www.aquapena.com

[5]www.aquasu.com

[6]www.mintek.ac.za.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 23.05.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995-1999 Yunus Emre Süper Lisesi

Lisans 1999-2003 Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi
Kimya Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı, Analitik Kimya Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2001(Yaz)
2004-Devam ediyor

DYO Boya San. ve Tic. A.Ş.
Ceha Kuyumculuk San. ve Tic. A.Ş.