

Bizmut ve Kalay İçeren Atıklardan Altının Kazanımı

Rukiye Atay^a, M. Şeref Sönmez^{*,b}

^a Mioro Hediyelik Eşya San. ve Tic. A. Ş., Bahçelievler, İSTANBUL, TÜRKİYE

^{b,*} İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL, 34469, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 12.09.2018
Kabul: 14.11.2018

Anahtar Kelimeler:
Elektroform
atıkları, Altın
kazanımı, Kral
suyu, Sodyum
bisülfid

^{*}Sorumlu Yazar:
e-posta:
ssonmez@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada; mücevherat üretiminde uygulanan elektroform işlemi sonrasında oluşan bizmut ve kalay içeren atıklardan altının geri kazanımı için bir yöntem geliştirilmiştir. Deneysel çalışmaların ilk aşamasında belli bir boyut aralığına getirilen atık kral suyuyla çözümlendirilmiştir. Kral suyu ile çözümlendirmede en uygun şartlar; oda sıcaklığı, 1:10 K/S oranı, 5 dk karıştırma süresi ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı olarak belirlenmiştir. Çözümlendirme sonrasında altının çözeltiye geçme verimi %99,38'dir. İkinci aşamada çözeltide bulunan altın, kimyasal çöktürme yöntemiyle NaH₂SO₃ kullanılarak kazanılmıştır. NaH₂SO₃'in stokiyometrik miktarının 5 katı, 30 dk, 600 dev.dk⁻¹ ve 80 °C en uygun kimyasal çöktürme şartları olarak tespit edilmiş ve çöktürme verimi %99,73 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen altın çökeleği ergitilerek altın bulyonu haline getirilmiştir.

DOI: 10.30855/GJES.2018.04.03.008

Recovery of Gold From Bismuth and Tin Containing Wastes

ARTICLE INFO

Received: 12.09.2018
Accepted: 14.11.2018

Keywords:
Electroform dross,
Gold recovery, Aqua
regia, Sodium
bisulfide

^{*}Corresponding
Authors
e-mail:
ssonmez@itu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, a process was designated to recover gold from bismuth and tin containing wastes obtained after the electroform process that was used in the jewellery manufacturing. Waste, which was sieved to a certain size, was leached by aqua regia in the initial stage of the experiments. Optimal conditions for aqua regia leaching were considered to be as follows; room temperature, solid/ liquid ratio of 1:10, 5 min of leaching duration, and 600 rpm of stirring rate. Dissolution efficiency of gold by leaching was 99.38%. In the second stage, gold in solution was recovered by chemical precipitation using NaH₂SO₃. Optimal precipitation conditions were determined as; the use of NaH₂SO₃ as 5 times of the stoichiometry, by the stirring at 600 rpm for 30 min at 80 °C and the precipitation efficiency were calculated as 99.73%. Gold precipitates were melted to produce gold bullion.

DOI: 10.30855/GJES.2018.04.03.008

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Etkileyiciliği ve rengi nedeniyle değerli bir metal olan altının kullanımı MÖ 3400 yılından da öncesine dayanmaktadır [1]. Ayrıca; sünek ve dövülebilir bir metal olarak, benzersiz fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı mücevher, yüksek teknoloji

endüstrileri, tıbbi uygulamalarda kullanılmaktadır [2]. Altın son yıllarda; mükemmel elektrik iletkenliği, düşük elektrik direnci ve üstün korozyon direnci özelliklerinden dolayı elektrik ve elektronik endüstrisinde de kullanılmaktadır. Artan altın talebi, kaçınılmaz olarak oluşan atık ürünlerden altın elde

etmeyi (geri kazanım) çok önemli bir hale getirmektedir [1].

Karmaşık üç boyutlu hafif şekillerin elektroform ile şekillendirilmesi, popülerliği artmakta olan bir tekniktir. Bu teknik, mücevher tasarımında benzersiz olanaklar sunmaktadır. Elektroform genellikle son ürünün şeklini veren mandrel ya da kalıbın üzerine metal malzeme kaplanması işlemidir. İstenilen kaplama kalınlığına ulaşıldıktan sonra, elektroformlanan obje uygun prosedürlerle mandrelden ayrılmaktadır. Böylece, mandrel aynı şekli üretmek için tekrar kullanılabilir. Kuyumculuk üretiminde elektroform, geleneksel döküm teknikleriyle kıyaslandığında, daha hafif, daha ince ve daha gösterişli içi boş ürünler üretilmesine izin vermektedir. Elektroform yöntemi sonrasında ürün elde edildiğinde altınla birlikte bizmut ve kalay içeren katı bir atık oluşmaktadır [3].

Altının ikincil kaynaklardan kazanımında hammadde türüne göre kazanım yöntemini seçmek mümkündür. Bu doğrultuda; altın alaşımları, hurdalar ve yüzey kaplama malzemelerinden oluşan atıklara farklı geri kazanım yöntemleri uygulanmaktadır. Mekanik ayırma, piro-metalurjik, hidrometalurjik ve biyo-hidrometalurjik teknolojiler ikincil kaynaklardan altın elde etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [4, 5, 6]. Altın geri kazanımında siyanür kullanımı doğal su kaynakları üzerinde ciddi kirlenmelere neden olmaktadır. Bunun üstesinden gelebilmek amacıyla; kral suyu [7], amonyum tiyosülfat [8], klorür-hipoklorür [9] ve tiyoüre [10] gibi alternatif kimyasal maddelerle çözündürme işlemleri denenmiştir. Daha sonra ayırma ve çözelti saflaştırma amacıyla sementasyon [11], indirgeme [12], adsorpsiyon [13, 14], koagülasyon [15], solvent ekstraksiyon [16, 17] ve iyon değişimi [18] gibi yöntemler uygulanarak altın kazanımı üzerine çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Erdem [19], cila ramatlarının kral suyu ile çözündürülmesi konusunda çalışmalar gerçekleştirmiştir. Güldal [20] ise düşük içerikli ve işlenmesi güçlük arz eden cila ramatlarındaki altının, hidroklorik asit ve hidrojen peroksit ($HCl+H_2O_2$) kombinasyonu ile farklı sıcaklıklarda zamana bağlı olarak çözündürülmesi şartlarını incelemiştir. Bu çalışmada ayrıca sodyum bisülfat (NaH_2SO_3) ve amonyum demir sülfat ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) kullanılarak altının çökme verimleri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada; elektroform atıklarında bulunan altının kral suyuyla çözündürülerek çözeltiye alınması, ardından NaH_2SO_3 kullanılarak çöktürülmesi şartlarını belirlemek üzere yapılan deneysel çalışmalar açıklanmaktadır [21].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL)

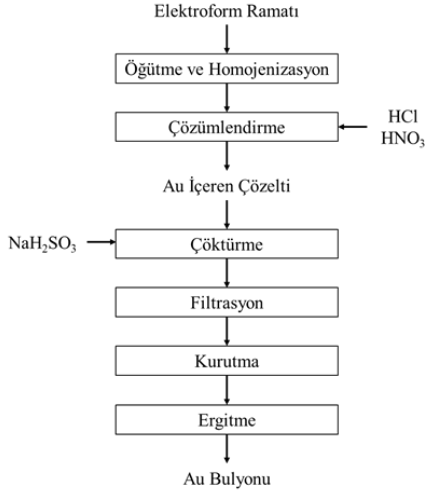
Deneysel çalışmalarda; endüstriden temin edilen ve %1 oranında altın içeren elektroform ramatı kullanılmıştır. Ramat parçaları halkalı kırıcıda 1 saat öğütülerek tane boyutu homojen haline getirilmiştir. Çözündürme deneylerinde analitik safiyette hidroklorik asit (HCl, Merck) ve nitrik asit (HNO_3 , Merck), çöktürme deneylerinde ise sodyum bisülfat (NaH_2SO_3 , Merck) ve saf su kullanılmıştır. Deneyler analitik kalitede cam laboratuvar malzemeleriyle manyetik ısıtıcı-karıştırıcı (WiseStir MSH-D) kullanılarak yapılmıştır. Katı-sıvı ayrımı vakumlu süzme hunisi ve mavi bant filtre kağıdıyla gerçekleştirilmiştir. Süzme işleminden sonra filtre kağıtları Binder marka etüvde kurutulmuştur. Numuneler Sartorius marka hassas terazide tartılmıştır. Hammadde analizi Thermo Scientific marka XRF cihazı, çözelti analizleri ise; Perkin Elmer AAnalyst 800 marka atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) cihazında yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan hammaddenin XRF analizi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan hammaddenin XRF analizi. (XRF analysis of raw materials used in experimental studies)

| Element | Miktar (%) |
|---------|------------|
| Bizmut | 49,3 ± 0,1 |
| Kalay | 49,7 ± 0,1 |
| Altın | 1,0 ± 0,1 |

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE İRDELEMELER (EXPERIMENTAL STUDIES AND DISCUSSION)

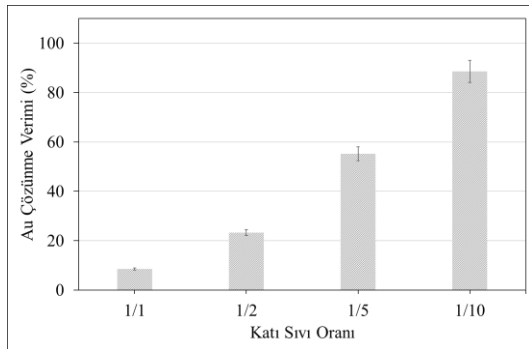
Deneysel çalışmalarda; ramat atığının kral suyunda çözündürme şartları optimize edilmiştir. Bu amaçla, çözündürme verimine; katı/sıvı oranının, sürenin ve karıştırma hızının etkisi incelenmiştir. Uygun çözündürme şartları belirlendikten sonra sodyum bisülfat kullanarak kimyasal çöktürme deneyleri yapılmıştır. Bu grup deneylerde; pH, süre, karıştırma hızı ve çöktürücü miktarının çöktürme verimine etkisi incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalara göre oluşturulan akım şeması Şekil 1'de verilmektedir:



Şekil 1. Elektroform ramatından altın kazanımı akım şeması. (Flow sheet for the recovery of gold from electroform dross)

3.1. Kral Suyunda Çözündürme (Aqua Regia Leaching)

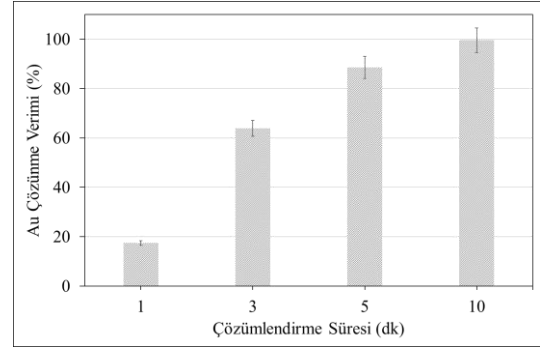
Elektroform ramatları öğütüldükten sonra 3:1 oranında HCl ve HNO₃ içeren çözümlerle çözündürme işlemine tabi tutulmuştur. Kral suyunun elektroform ramatı çözündürme verimine etkisinin incelendiği deneysel çalışmalar, oda sıcaklığında, 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında ve 5 dk karıştırma süresinde gerçekleştirilmiştir. Uygun katı/sıvı oranının belirlenmesi için 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 katı/sıvı oranlarında denemeler yapılmıştır. Deneyler sonucunda AAS analizi sonucunda hesaplanan altın çözünme verimleri Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Katı/sıvı oranının Au çözündürme verimine etkisi (sabit şartlar: oda sıcaklığı, 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı, 5 dk. (The effect of solid/liquid ratio on Au leaching efficiency (constant conditions: room temperature, 400 rpm of stirring rate, 5 min))

1:1 katı/sıvı oranında atıkta bulunan altının %8,5’i çözüme geçerken; katı/sıvı oranı 1:10 olarak ayarlandığında çözünme verimi %88,57 olarak hesaplanmıştır. Buna göre; katı/sıvı oranı azaldıkça altının çözünme veriminin arttığı belirlenmiştir. Çözündürme sırasında atıkta altın dışında bulunan bizmut ve kalay da çözünmektedir. Bu nedenle yüksek altın çözünme verimi elde edebilmek için daha fazla miktarda kral suyu kullanılması gerekmektedir. Çözündürme deneylerinde etkili diğer parametreler, enerji ve sarf malzemesi tüketimi göz önüne alındığında, 1:10 katı/sıvı oranından daha düşük değerler denenmemiştir.

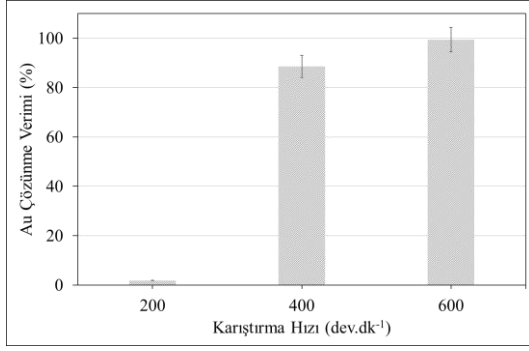
Çözündürme süresinin incelendiği deneyler 1/10 katı/sıvı oranında, oda sıcaklığında, 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında, 1, 3, 5 ve 10 dk sürelerde yapılmıştır. Sürenin altın çözünme verimine etkisini gösteren grafik Şekil 3’te verilmektedir.



Şekil 3. Sürenin Au çözündürme verimine etkisi (sabit şartlar: oda sıcaklığı, 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı, 1/10 katı/sıvı oranı). (The effect of duration on Au leaching efficiency (constant conditions: 400 rpm of stirring rate, 1/10 of solid/ liquid ratio))

1 dk çözündürme sonrasında altının sadece %17,45’i çözüme geçerken, 5 dk sonrasında %88,57’si, 10 dk sonrasında ise %99,61’i çözüme geçmektedir. Altının nispeten daha uzun sürede çözüme geçmesinin sebebi, atıkta bulunan bizmut ve kalayın kral suyu içeren çözümlerde çözünme afinitelerinin daha yüksek olmasıdır.

Bu bölümde son olarak, karıştırma hızının altının çözündürme verimine etkisini belirlemek amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 1/10 katı/sıvı oranında, oda sıcaklığında, 5 dakika sürede yapılan deneylerde sırasıyla; 200, 400 ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızlarında çalışılmıştır. Altının çözünme veriminin karıştırma hızıyla olan ilişkisi Şekil 4’te gösterilmektedir.



Şekil 4. Karıştırma hızının Au çözümlendirme verimine etkisi (sabit şartlar: oda sıcaklığı, 5 dk ve 1/10 katı/sıvı oranı). (The effect of stirring rate on Au leaching efficiency (constant conditions: room temperature, 5 min, and 1/10 of solid/liquid ratio))

100 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında çözeltiliye ancak %1,85 oranında altın geçmiştir. 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında ise; %88,57 oranında altın çözümlendirilmiştir. Bu artış, elektroform atıklarındaki altının çözünme davranışının altın-çözelti ara yüzeyindeki asit konsantrasyonuyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Altının çözünme verimini artırmak için ara yüzeydeki asit konsantrasyonunun yüksek olması gerekmektedir. Bu da çözümlendirme işleminde karıştırmanın belli bir hızın üzerinde yapılmasıyla mümkün olmaktadır. En fazla altın çözünürlüğünün elde edildiği 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında verim %99,38'dir. Yüksek çözümlendirme verimlerine ulaşıldığından başka karıştırma hızlarında denemeler yapılmamış, en uygun değer 600 dev.dk⁻¹ olarak belirlenmiştir.

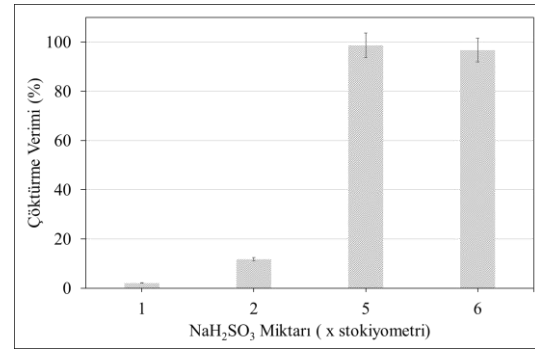
Elektroform ramat atıklarından kral suyu kullanılarak altının çözünme veriminin incelendiği deneylerin optimizasyonunda sıcaklık parametresi incelenmemiştir. Tüm deneysel çalışmalar oda sıcaklığında yapılmıştır. Bu atıkların, çözümleri ekzotermik reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir. Dolayısıyla oda sıcaklığında başlanılan çözümlendirme deneylerinde kısa bir süre sonra dahi çözelti sıcaklığı yaklaşık 80°C'ye (bu sıcaklık deneyler sırasında çözeltinin kontakt termometre ile ölçüldüğü sıcaklıktır) çıkmaktadır. Çözünmenin bu davranışı ve incelenen parametrelerde alınan verimli sonuçlar göz önüne alındığında sıcaklığın çözünme verimine etkisi incelenmemiştir.

3.2. Kimyasal Çöktürme (Chemical Precipitation)

Bu aşamada; kral suyu ile çözümlendirme deneylerinden elde edilen çözeltiler bir araya getirilerek ana stok çözeltisi oluşturulmuştur.

Kimyasal çöktürme deneylerinde 30 ppm altın içeren stok çözelti kullanılmıştır.

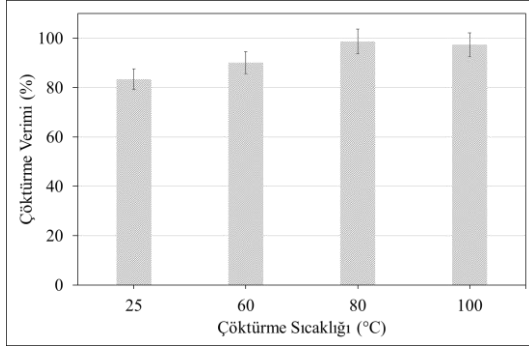
Kimyasal çöktürme deneylerinin ilk aşamasında; NaH₂SO₃ miktarının kimyasal çöktürmeye olan etkisi incelenmiştir. Stokiyometrik olarak; 2, 5 ve 6 katı oranlarında NaH₂SO₃ kullanılmış, deneyler 100 ml çözeltilde, 80°C sıcaklıkta, 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir. Kimyasal çöktürme işlemi ve ardından yapılan süzme işlemi sonrasında çözeltilde kalan altın miktarı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Kullanılan NaH₂SO₃ miktarının çöktürme verimine etkisi (sabit şartlar: 80°C ve 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı). (The effect of NaH₂SO₃ quantity on precipitation efficiency (constant conditions: 80 °C, 400 rpm of stirring rate))

Buna göre; stokiyometrik oranda NaH₂SO₃ kullanıldığında %2,15 oranında altın çökerken, stokiyometrik miktarın 5 katı kullanıldığında da %98,71 oranında altının çöktüğü belirlenmiştir. Çökme deneylerinde; malzeme sarfiyatını azaltmak amacıyla NaH₂SO₃ miktarının 6 katından daha yüksek oranlar denenmemiştir.

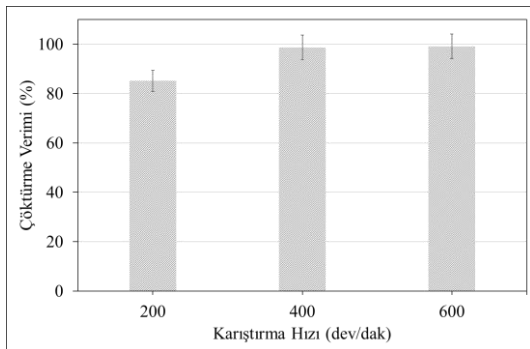
Sıcaklığın çökme verimine etkisini incelemek üzere stokiyometrinin 5 katı oranında NaH₂SO₃ kullanılmış, deneyler 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasıyla oda sıcaklığı, 60, 80 ve 100 °C'de 30 dk sürelerde yapılmıştır. Çökme veriminin sıcaklıkla değişimi Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Sıcaklığın çöktürme verimine etkisi (sabit şartlar: 5x sto. NaH_2SO_3 , 30 dk ve 400 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı). (The effect of temperature on precipitation efficiency (constant conditions: 5x of stoichiometric amount of NaH_2SO_3 , 30 min, 400 rpm of stirring rate))

Çökme verimine sıcaklığın etkisi incelendiğinde; oda sıcaklığında yapılan deneylerde %83,55, 60°C'de %90,13, 80°C'de %98,71 ve 100 °C'de %97,35 oranında altın çökmüştür. Buna göre, artan sıcaklıkla çöktürülen altın miktarının arttığı tespit edilmiştir. 100°C'de altının çökme veriminde meydana gelen azalmanın sebebi çözeltinin yüksek sıcaklıkta buharlaşmasıdır.

Karıştırma hızının çöktürme verimine etkisini tespit etmek amacıyla sırasıyla 200, 400 ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızlarında deneyler yapılmıştır. Önceki deneysel çalışmaların sonuçlarına göre deneylerde stokiyometrik miktarın 5 katı oranında NaH_2SO_3 kullanılmış ve 80°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığın çökme verimine etkisi de Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Karıştırma hızının çöktürme verimine etkisi (sabit şartlar: 80°C, 5x sto. NaH_2SO_3 , 30 dk). ((The effect of stirring rate on precipitation efficiency (constant conditions: 80 °C, 5x of stoichiometric amount of NaH_2SO_3 , 30 min))

200 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında kral suyunda bulunan altının %85,17'si çöktürülürken karıştırma hızı arttıkça çöktürülen altın miktarı artmıştır. 400 ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızlarında yapılan deneyler sonucunda sırasıyla %98,71 ve %99,73 çöktürme verimleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, NaH_2SO_3 ile kral suyu arasında gerçekleşen reaksiyonun karıştırma hızının artmasıyla daha etkin bir şekilde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Çöktürme deneylerinde en uygun süre 30 dk olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bizmut, kalay ve altın içeren elektroform ramatında bulunan altın; kral suyuyla çözümlendirme, NaH_2SO_3 ile çöktürme, ardından ergitme işlemi sırasıyla geri kazanılmıştır. Kral suyuyla çözümlendirme işlemi için en uygun şartlar; işlemin oda sıcaklığında, 1:10 K/S oranında, 5 dk karıştırma süresinde ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızı olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda çözeltiye geçen altın oranı %99,38 olarak hesaplanmıştır. Kimyasal çöktürme deneylerinin başlangıcında tüm çözümlendirme deneyleri sonrasında elde edilen çözeltiler bir araya getirilerek stok çözelti oluşturulmuştur ve deneysel çalışmalarında 30 ppm altın içeren çözeltiler kullanılmıştır. Bu deneyler sonucunda parametrelere göre elde edilen en uygun şartlar; NaH_2SO_3 'ün stokiyometrik miktarının 5 katının kullanılması, deneylerin 80°C sıcaklıkta, 30 dk sürede ve 600 dev.dk⁻¹ karıştırma hızında gerçekleştirilmesi olarak belirlenmiştir. Bu şartlar sonrasında elde edilen çöktürme verimi %99,73 olarak hesaplanmıştır. Kimyasal çöktürme deneylerinden elde edilen altın parçacıkları süzme sonrasında etüvde kurutulmuştur. Kurutulan altın çökeleği ergitilerek altın bulyonu haline getirilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada; bizmut, kalay ve altın içeren elektroform atıklarından altın kazanımı için kral suyuyla çözümlendirme, NaH_2SO_3 ile çöktürme işlemlerini içeren bir yöntem tasarlanmıştır. Böylece; hem pirometalurjik geri kazanım yöntemlerinin yüksek sıcaklık gerektiren ve enerji yoğun uygulamalarından kaçınılmış hem de hidrometalurjik yöntem olarak siyanür kullanmaksızın daha çevre dostu bir yöntem geliştirilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Hammaddelerin temini için deseklerinden dolayı Mioro Hediyelik Eşya San. ve Tic. A. Ş.'ne ve çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Araştırma

Görevlisi Yük. Metalurji Müh. Ş. Samet Kaplan'a ve Kim. Müh. Z. İnci Kol'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S. Syed, "Recovery of gold from secondary sources-A review", *Hydrometallurgy*, vol. 115-116, pp. 30-51, March 2012. Doi: 10.1016/j.hydromet.2011.12.012
- [2] A. Ramesh, H. Hasegawa, W. Sugimoto, T. Maki and K. Ueda, "Adsorption of gold (III), platinum(IV) and palladium(II) onto glycine modified cross linked chitosan resin", *Bioresource Technology*, vol. 99, no. 9, pp. 3801-3809, June 2008. Doi: 10.1016/j.biortech.2007.07.008
- [3] C. Corti and R. Holliday, Ed., *Jewellery Manufacturing Technology, Gold Science and Applications*, Boca Raton: CRC Press, 2010 (Editör)
- [4] J. Cui and L. Zhang, "Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 158, pp. 228-256, October 2008. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.02.001
- [5] C. A. Fleming, "Hydrometallurgy of precious metals recovery", *Hydrometallurgy*, vol. 30, no. 1-3, pp. 127-162, June 1992. Doi: 10.1016/0304-386X(92)90081-A
- [6] C. Y. Yap and N. Mohamed, "An electro-generative process for the recovery of gold from cyanide solutions", *Chemosphere*, vol. 67, no. 8, pp. 1502-1510, April 2007. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.12.017
- [7] J. P. Young and J. F. Derek, "Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 164, no. 2-3, pp. 1152-1158, May 2009. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.043
- [8] V. H. Ha, J. Lee, J. Jeong, H. T. Hai and M. K. Jha, "Thiosulfate leaching of gold from waste mobile phones", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 178, no. 1-3, pp. 1115-1119, June 2010. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.01.099
- [9] D. Feng and J. S. J. Van Deventer, "Ammoniacal thiosulphate leaching of gold in the presence of pyrite", *Hydrometallurgy*, vol. 82, no. 3-4, pp. 126-132, August 2006. DOI: 10.1016/j.hydromet.2006.03.006
- [10] A. Aydin, E. Kaki, A. A. Aydin, "Gold leaching by use of an N,N'-disubstituted thiourea", *Separation Science and Technology*, vol. 36, no. 14, pp. 3239-3251, February 2007. Doi: 10.1081/SS-100107770
- [11] M. Karavasteva, "Kinetics and deposit morphology of gold cemented on magnesium, aluminum, zinc, iron and copper from ammonium thiosulfate-ammonia solutions", *Hydrometallurgy*, vol. 104, no. 1, pp. 119-122, July 2010. Doi: 10.1016/j.hydromet.2010.04.007
- [12] B. H. Jung Y. Y. Park, J. W. An, S. J. Kim, T. Tran and M. J. Kim, "Processing of high purity gold from scraps using diethylene glycol di-N-butyl ether (dibutyl carbitol)", *Hydrometallurgy*, vol. 95, no. 3-4, pp. 262-266, February 2009. Doi: 10.1016/j.hydromet.2008.06.006
- [13] Xin, H., Yanpin, W., Xuepin, L., Bi, S., Adsorptive recovery of Au³⁺ from aqueous solutions using bayberry tannin-immobilized mesoporous silica. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 183, no. 1-3, pp. 793-798, November 2010. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.07.096
- [14] C. Abbruzzese, P. Fornari, R. Massidda, F. Vegliò and S. Ubaldini, "Thiosulphate leaching for gold hydrometallurgy", *Hydrometallurgy*, vol. 39, no. 1-3, pp. 265-276, October 1995. Doi: [https://doi.org/10.1016/0304-386X\(95\)00035-F](https://doi.org/10.1016/0304-386X(95)00035-F)
- [15] K. Inoue, M. Gurung, Y. Xiong, H. Kawakita, K. Ohto and S. Alam, "Hydrometallurgical Recovery of Precious Metals and Removal of Hazardous Metals Using Persimmon Tannin and Persimmon Wastes", *Metals*, vol. 5, no. 4, pp. 1921-1956, October 2015. Doi: 10.3390/met5041921
- [16] F. Xie, D. Lu, H. Yang and D. Dreisinger, "Solvent Extraction of Silver and Gold From Alkaline Cyanide Solution with LIX 7950", *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, vol. 35, pp. 229-238, July 2013. Doi: 10.1080/08827508.2013.825615
- [17] Y.F. Shen and W. Y. Xue, "Recovery palladium, gold and platinum from hydrochloric acid solution using 2-hydroxy-4-sec-octanoyl diphenyl-ketoxime", *Separation and Purification Technology*, vol. 56, no.

3, pp. 278-283, September 2007. Doi: 10.1016/j.seppur.2007.02.001

[18] R. Navarro, I. Saucedo, M. A. Lira, and E. Guibal, “Gold (III) recovery from HCl solutions using amberlite XAD-7 impregnated with an ionic liquid (Cyphos IL-101)” *Separation Science and Technology*, vol. 45,no. 12-13, pp. 1950-1962, August 2010. DOI: 10.1080/01496395.2010.493116

[19] B. Erdem, “İkincil Altın Kaynaklarından Altın Geri Kazanım Ve Rafinasyon Prosesinin Optimizasyonu”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

[20] B. Gürdal, “Cila Ramatlarından Altın Geri Kazanımı Ve Optimizasyonu”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.

[21] R. Atay, “Düşük Miktarda Altın İçeren Bizmut-Kalay Atığından Altın Geri Kazanımı”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.

Rukiye ATAY

2014 yılında Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Üretim Metalurjisi ve Teknolojileri Mühendisliği Programı’nı 2018 yılında tamamlayarak Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2016 yılından beri Mioro Hediyelek Eşya San. ve Tic. A. Ş. firmasında mühendis olarak çalışmaktadır.

M. Şeref SÖNMEZ*

1996 yılında İTÜ Metalurji Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı Malzeme Programı’nı 1999, Üretim Metalurjisi Programı’nı ise 2006 yılında tamamlayarak doktor ünvanını almıştır. 2004-2005 yılları arasında University of Cambridge, Department of Materials Science and Metallurgy’de davetli araştırmacı olarak çalışmalarda bulunmuştur. Hidrometalurji, nanohidrometalurji, çözelti yanma sentezi ve geri kazanım konularında çalışmalar gerçekleştirmektedir.