

2021

Enrichment of Cerium from Eskişehir Bastnaesite Ore

İbrahim Dolak
idolak@dicle.edu.tr

Follow this and additional works at: <https://duje.dicle.edu.tr/journal>



Part of the [Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Dolak, İbrahim (2021) "Enrichment of Cerium from Eskişehir Bastnaesite Ore," *Dicle University Journal of Engineering*: Vol. 12 : Iss. 2 , Article 13.

Available at: <https://duje.dicle.edu.tr/journal/vol12/iss2/13>

This Research Article is brought to you for free and open access by Dicle University Journal of Engineering. It has been accepted for inclusion in Dicle University Journal of Engineering by an authorized editor of Dicle University Journal of Engineering.



Eskişehir Bastnasit Cevherinde Bulunan Seryumun Zenginleştirilmesi

*Enrichment of Cerium from Eskişehir Bastnaesite Ore***İbrahim Dolak**Dicle Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kimya Teknolojileri Bölümü, Diyarbakır,
idorak@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0002-2095-7614, Tel: +90 542 531 21 21

MAKALE BİLGİLERİ

Makale geçmişi:

Geliş: 7 Aralık 2020
Düzeltilme: 28 Aralık 2020
Kabul: 28 Aralık 2020

Anahtar kelimeler:

Seryum Zenginleştirme, Bastnaesit cevheri, Flotasyon,

ÖZET

Bu çalışma, Eskişehir ili Sivrihisar ilçesi sınırları içinde bulunan ve ülkemiz ekonomisi açısından oldukça büyük bir öneme sahip olan nadir toprak element içerikli bastnasit cevherinde bulunan seryumun flotasyon işlemi ile seçici olarak cevherden ayırdıktan sonra çözelti ortamında zenginleştirilmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında temin edilen cevherin bileşen analizi yapılmış ve cevher içerisinde bulunan toryum, seryum ve lantan gibi nadir toprak elementlerinin miktarları tespit edilmiştir. Çalışmanın devamında cevher içerisinde bulunan seryumu flotasyon işlemi ile cevher yapısından ayırmak ve zenginleştirmek amaçlanmıştır. Bu çalışmanın en önemli tarafı ise flotasyondan önce cevherin kristal yapısını değiştirerek belli bir tanecik boyutunda serbestleşme derecesini sağlamak ve daha sonra elde edilen örneğin flotasyonla seryum içeriğini ana mineralden yüksek verimle ayırmak olmuştur. Cevherin kristal yapısını değiştirerek belli bir boyutta serbestleşme derecesini arttırmak amacıyla yaptığımız işlem sülfürleme işlemidir. Bu amaçla yapılan deneylerde sülfürleme işlemine sıcaklık, süre ve H₂S miktarının etkisi, flotasyon verimine ise pH, toplayıcı miktarı, pülp yoğunluğu ve canlandırıcı-bastırıcı reaktiflerin etkisi incelenmiş olup, tespit edilen optimum koşullarda cevher içerisinde bulunan seryumun flotasyon verimi %96,1 olarak tespit edilmiştir. Bu şekilde elde edilen konsantrde seryum tenörü % 1,0'dan % 10,35'lere kadar çıktığı tespit edilmiştir.

Doi: 10.24012/dumf.837091

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 7 December 2020
Revised: 28 December 2020
Accepted: 28 December 2020

Keywords:

Enrichment of Cerium,
Batnaesite Ore, Flotation

ABSTRACT

This study was carried out in order to enrich the cerium in bastnaesite ore containing rare earth elements, which is located within the boundaries of Sivrihisar district of Eskişehir province and which is of great importance for our country's economy, in solution environment after selectively separating it from the ore by flotation process. In the first stage of the study, the component analysis of the supplied ore was made and the amounts of rare earth elements such as thorium, cerium and lanthan in the ore were determined. In the continuation of the study, it is aimed to separate and enrich the seryum contained in the ore from the ore structure by the flotation process. The most important aspect of this study was to change the crystal structure of the ore before flotation to provide a certain particle size freeing degree and then to separate the cerium content from the main mineral with high efficiency by flotation. The process we do in order to increase the degree of liberation at a certain size by changing the crystal structure of the ore is the sulfurization process. In the experiments conducted for this purpose, the effect of temperature, time and H₂S amount on the sulfurization process, the effect of pH, collector amount, pulp density and some stimulating and suppressing reagents on the flotation efficiency were examined, and the flotation efficiency of cerium in the ore was determined as 96.1% in the determined optimum conditions. It has been determined that the cerium grade in the concentrate obtained in this way increases from 1.0% to 10.35%.

* Sorumlu yazar / Correspondence
İbrahim Dolak
✉ idolak@dicle.edu.tr

Giriş

Seryum doğada diğer nadir toprak elementleriyle beraber karışık olarak bulunur. Pek çok mineral içinde yer alabilen seryum özellikle monazit ve bastnasit içerisinde bulunur. Uranyum, toryum ve plutonyum'un fisyon ürünleri içinde de seryum bulunmaktadır [1]. Seryum lantanid serisinin ikinci ve en aktif olan üyesidir. Oldukça elektropozitif bir elementtir. Ce^{+3} 'da dahil olmak üzere +3 değerli lantanitlerin birbirine çok benzer kimyasal davranışları bulunur [2,3]. Seryumun tetravalent hali olan $Ce(IV)$ lantanidler arasında trivalent olmadığı halde sulu çözeltisi kararlı olan tek elementtir. $Ce(IV)$ tuzlarının çözeltileri oldukça asidiktir. Seryumun tetravalent hali güçlü bir yükseltgendir ve okzalik asitle, halojen asitlerle, hidrojen peroksitle ya da demir(II) tuzlarıyla indirgenebilir [4]. Yüksek indirgenme potansiyeline sahip olmasına rağmen sulu çözeltiler içindeki $Ce(IV)$ türleri büyük olasılıkla kinetik nedenlerden dolayı kararlıdır [5]. Seryum, Metalürji endüstrisinde, Cam ve seramik endüstrisinde, Katalizör ve kimyasalların yapımında Fosforesans ve lüminesans özellikli cihazların yapımında kullanılmaktadır [1].

Eskişehir ili Sivrihisar ilçesi sınırları içerisinde bulunan cevher yatağı ülkemizde bulunan en önemli bastnasit, fluorit ve barit yatağıdır. Yatakta ortalama %3 tenörlü 4,000,000 ton nadir toprak cevheri bulunmaktadır. Cevherde bulunan nadir toprak elementleri bastnasit mineraline bağlıdır. Ancak cevher fluorit ve barit ile birlikte oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Yapısında bulunan nadir toprak elementleri ve özellikle de düşük tenörlü toryum, seryum ve lantan içeriğinden dolayı devletçe işletilecek madenler kapsamında tutulan söz konusu cevherdeki mevcut nadir toprak elementleri ve seryum, kompleks cevher içinde bulunan bastnasit mineralinde bulunmakta olup, cevher % 1 dolaylarında seryum tenörüne sahiptir. Saha üzerinde yapılan çalışmalar 1959 yılına kadar uzanır. İlk aşamada yapılan çalışmalar, cevherleşmenin oluşumu ve yatağın rezervi konularında yoğunlaşmıştır [6,7]. Bununla beraber cevher yatağının teknolojik sorunlarını çözmek amacıyla da bazı ön teknolojik çalışmalar da gerçekleştirilmiştir [8]. Nadir toprak elementlerini içeren minerallerin oluşumlarının çok ince taneli olmaları, fiziksel yollar ile

zenginleştirilebilmesini ve onların mineral olarak tespit edilmelerini zorlaştırmıştır. Nadir toprak elementlerinin MTA genel müdürlüğü laboratuvarlarında analizleri yapılmış, analiz sonucu seryum, lantan, neodimyum, niyobyum gibi nadir toprak elementleri ve toryum tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda nadir toprak minerallerinin bastnasit şeklinde olduğu tespit edilmiştir [9].

Cevher içerisinde bulunan seryumun cevherden ayrılması için yapılan çalışmalarda, asit liçi [5] ve flotasyon [10-13] gibi metotlar kullanılmış olup yapılan tüm çalışmalarda istenilen düzeyde seryum zenginleştirilmesi yapılamamıştır. Çözelti ortamında bulunan metal iyonlarının ve seryumun seçici olarak ayrılmaları için adsorpsiyon/biyosorpsiyon [14-16], ekstraksiyon [17-24] gibi metotlar kullanılır. Flotasyon ve liç işleminden sonra cevher yapısından çözelti ortamına alınmış seryumun diğer bileşenlerden seçici olarak ayırmak için bu metotlardan bazıları kullanılmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir [21].

Bu çalışma, Eskişehir ili Sivrihisar ilçesi sınırları içinde bulunan ve ülkemiz ekonomisi açısından oldukça büyük bir öneme sahip olan seryum içerikli bastnasit cevherinden seryumun flotasyon işlemi ile zenginleştirilmesi ve liç işlemi ile çözeltilmeye alınması amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında temin edilen cevher örnekleri önce belirli tanecik boyutuna getirilmiştir. Bu şekilde öğütülmüş numunelerin homojen hale gelmesi için elek işlemi yapılmış ve tüm numune homojen hale getirilmiştir. Bu işlemden sonra cevherin bileşen analizi gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda cevherde bulunan toryum, seryum ve lantan gibi nadir toprak elementlerinin miktarları tespit edilmiştir. Çalışmanın devamında cevher içerisinde bulunan seryumun flotasyon işlemi ile cevher yapısından ayırmak ve zenginleştirmek amacıyla yapılan deneylerde, cevherin serbestlik derecesini artırıp flotasyon verimini artırmak amacıyla flotasyon öncesi cevher sülfürleme işlemine tabi tutulmuş ve bu sayede flotasyon verimi artırılmıştır. Sülfürleme optimizasyonu yapmak amacıyla yapılan deneylerde, sülfürleme işlemine sıcaklık, süre ve H_2S miktarının etkisi gibi parametreler incelenmiş olup optimum sülfürleme koşulları belirlenmiştir. Flotasyon verimine ise pH, toplayıcı miktarı, pülp yoğunluğu ve bazı canlandırıcı ve bastırıcı reaktiflerin etkileri

incelenmiş olup optimum koşullar tespit edilmiştir. Tespit edilen optimum koşullarda cevher içerisinde bulunan seryumun flotasyon veriminin %96 olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde elde edilen konsantride seryum tenörü % 10,35'lere çıkarılmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise flotasyon işlemiyle cevher yapısından ayrılmış ve zenginleştirilmiş seryumun sülfatlaştırıcı kavurma ve H₂O liçi metodları ile çözelti ortamına alınması için deneyler yapılmıştır. Bu amaçla konsantride numuneler yüksek sıcaklıklarda kavurma işlemine tabi tutulmuş olup kavurma sıcaklığı ve kavurma süresi gibi parametreler incelenmiştir. Elde edilen optimum koşullarda seryumun tamamına yakınının çözelti ortamına alındığı tespit edilmiştir.

DeneySEL Bulgular

Araştırma kapsamında yapılan deneysel çalışmaları 5 ana başlık altında toplayabiliriz. Bu başlıklar;

- ✓ Temin edilen cevher numunelerinin kırılıp, öğütülüp deneysel işlem için uygun tanecik boyutuna getirilmesi ve uygun tanecik boyutuna getirilmiş cevher numunelerinin elek işlemi ile homojenleştirilmesi: Cevher numunelerinin öğütülmesinde Baysan Marka kırıcı kullanılmıştır.
- ✓ Uygun tanecik boyutuna getirilmiş ve homojenleştirilmiş cevher numunelerinin bileşim analizi: Cevher numunelerinde bulunan toryumun ve diğer nadir toprak elementlerinin miktarlarını belirlemek amacıyla cevher numunelerinin çözünürleştirme işlemleri HNO₃-HF çözücü karışımında Berghow marka MWS-2 model sıcaklık ayarlı mikrodalga içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu elementlerin tayinleri Perkin Elmer marka 2100 model ICP-OES spektrometresi kullanılarak yapılmış olup yapılan analizler sonucunda % 1.23 Lantan, % 1.01 Seryum ve % 0.029 Toryum olduğu tespit edilmiştir.
- ✓ Cevherdeki seryumun flotasyon verimini arttırmak amacıyla sülfürleme işleminin yapılması ve sülfürleme koşullarının optimizasyonu: Cevher numunelerinin sülfürleme işlemi Cr-Ni çeliğinden yapılmış, 1,3 L iç hacim ve 2 cm et kalınlığındaki bir hücreye sahip, 350 °C sıcaklığa ve 250 atm basınca

dayanıklı özel tasarım otoklav içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Sülfürleme işlemlerinin yapıldığı Otoklav

- ✓ Sülfürlenmiş cevher numunelerinde bulunan seryumun flotasyon işlemi ile cevher yapısından ayrılıp konsantride edilmesi; flotasyon işleminde Denwer tipi flotasyon cihazı kullanılmıştır. Flotasyon işlemi sonrası konsantride ve artık numunelerde kalan seryum ve diğer nadir toprak elementlerinin analizleri Perkin Elmer marka 2100 model ICP-OES spektrometresi kullanılarak yapılmıştır.
- ✓ Flotasyon işlemiyle cevher yapısından ayrılmış ve konsantride edilmiş seryumun çözelti ortamına alınması; bu işlemde sülfatlaştırıcı kavurma ve H₂O liçi metodları kullanılmış olup kavurma işleminde Carbolite marka tünel fırın kullanılmıştır. Kavurma işlemi sonrası çözeltiye geçen ve artıktaki kalan seryum ve diğer nadir toprak elementlerinin analizleri Perkin Elmer marka 2100 model ICP-OES spektrometresi kullanılarak yapılmıştır.

2.1.Sülfürlemede kullanılan reaktifler

Sülfürleme işlemi, sıcaklık ve basınç ayarlı otoklav içerisinde aşağıdaki reaksiyon gerçekleştirilerek yapılmıştır.

- ✓ $FeS_2 \rightarrow FeS + S$ (Havasız ortamda 725 °C'de kavurma işlemi) (1)
- ✓ $2FeS + H_2SO_4 \rightarrow H_2S(g) + FeSO_4$ (2)

Reaksiyon (1) ve (2)'den görüldüğü üzere sülfürleme işleminde sülfür kaynağı olarak pirit, asit olarak da teknik H₂SO₄ kullanılmıştır.

Flotasyon işleminde kullanılan reaktifler

Seryum flotasyonunda, toplayıcı olarak Merck marka potasyum amil ksantat, köpürtücü olarak DW-250, canlandırıcı olarak Merck marka FeCl₃, pH ayarlamalarında NaOH (Merck marka

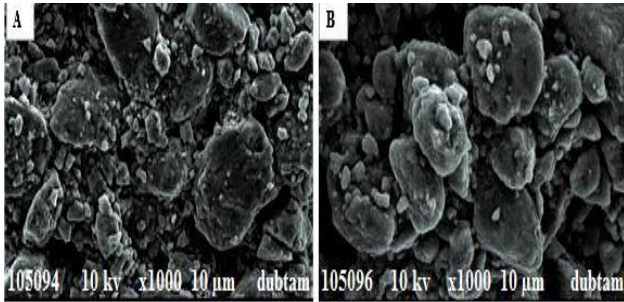
tuzundan hazırlanmış 0.1 M çözeltisi) ve HNO₃ (Merck marka % 65'lik HNO₃'ten gerekli seyreltmeler yapılarak hazırlanmış 0.1 M'lik çözeltisi) ve bastırıcı olarak Merck marka Na₂SiO₃ çözeltisi kullanılmıştır. Sülfatlaştırıcı kavurma liç işleminde Fluka marka % 98'lik H₂SO₄ ve bidistile saf su, çözünürleştirme işleminde Sigma Aldrich marka HF ve Merck marka HNO₃ kullanılmıştır.

Bastnasit cevherinin karakterizasyon çalışmalarında SEM görüntüleri marka FEI marka Quanta FEG 250 model SEM cihazı ile, IR spektrumları Perkin Elmer marka Spectrum 400 FT-IR model IR spektrofotometresi ile yapılmıştır.

Çalışma süresince yapılan seryum analizlerinde kullanılan seryum standartları Merck marka Ce(NO₃)₃.6H₂O tuzundan hazırlanmıştır. Ce(III) bakımından 100 mg/L'lik stok çözelti hazırlanmış olup analizlerde 1.0, 5.0, 10.0 ve 20.0 mg/L'lik standartlar kullanılmıştır. Yapılan bütün deneylerde işlem öncesi ve işlem sonrası pH ölçümleri Mettler Toledo marka dijital pHmetre kullanılarak yapılmıştır.

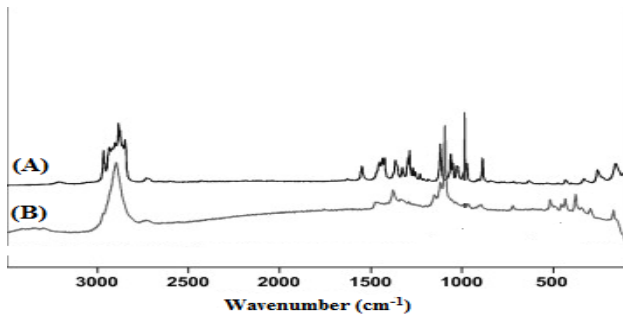
Cevher numunesi ile ilgili karakterizasyon çalışmaları

SEM görüntüleri



Şekil 2. Bastnasit cevherinin SEM görüntüleri (A) sülfürleme öncesi (B) sonrası

IR spektrumları



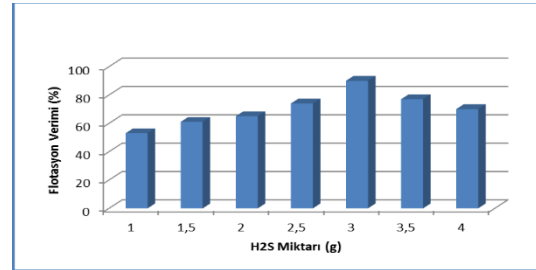
Şekil 3. Bastnasit cevherinin IR spektrumları (A) sülfürleme öncesi (B) sülfürleme sonrası

Flotasyon Öncesi Optimum Sülfürleme Koşullarının Belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşamasında bastnasit cevherinden seryumu ayırmak amacıyla flotasyon işlemi uygulanmış ancak flotasyon veriminin oldukça düşük seviyelerde kaldığı gözlenmiştir. Flotasyon veriminin düşük kalmasının nedeninin cevherin minerolojik yapısından kaynaklandığı düşünülmüş ve bunun çözümü amacıyla serbestleşme derecesini arttırmak amacıyla sülfürleme işlemi yapılmış ve seryumun flotasyon verimi artırılmıştır.

Sülfürlemede kullanılan Optimum H₂S Miktarının Tespiti

Yapılan deneylerde sülfürleme ortamındaki H₂S miktarının flotasyon verimine etkisi incelenmiş olup elde edilen sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir.

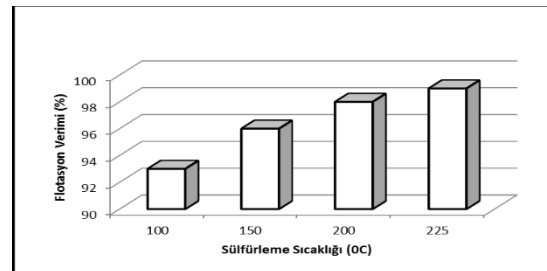


Şekil 4. Seryumun flotasyon verimine H₂S miktarı etkisi

Şekil 4'de görüldüğü üzere belirlenen koşullarda elde edilen optimum noktada (100 g cevher numunesi için 3g H₂S) seryumun flotasyon veriminin % 90.1 olduğu tespit edilmiş olup elde edilen konsantredeki seryum içeriğinin %8.82 olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

Optimum Sülfürleme Sıcaklığı Tespiti

Elde edilen optimum H₂S miktarı koşullarında yapılan deneylerde flotasyon verimine sülfürleme sıcaklığı etkisi incelenmiş olup elde edilen sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir.

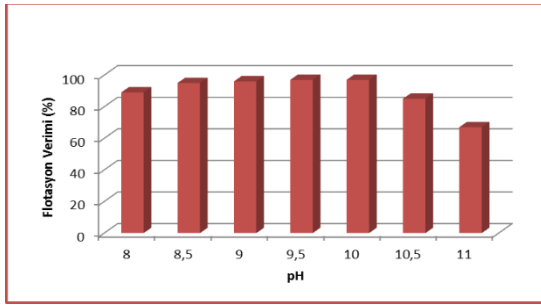


Şekil 5. Seryumun flotasyon verimine sülfürleme sıcaklığının etkisi

Şekil 5'te görüldüğü üzere sülfürleme sıcaklığının artmasıyla seryumun flotasyon veriminin arttığı tespit edilmiştir. Belirlenen koşullarda elde edilen optimum noktada toryumun flotasyon veriminin % 93.41 olduğu tespit edilmiş olup elde edilen konsantredeki seryum tenörünün %9,65 olduğu yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

Flotasyon işleminde optimum pH tespiti

Seryumun flotasyon verimine pH'nın etkisini incelemek amacıyla deneyler yapılmış elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.

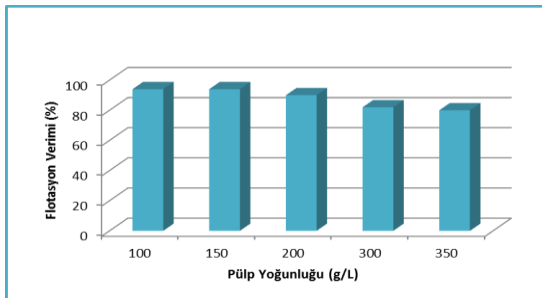


Şekil 6. Seryumun Flotasyon verimine pH etkisi

Şekil 6'da görüldüğü üzere, en iyi flotasyon veriminin pH 9.50'de olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu pH'da yüzen madde miktarı fazla olduğundan dolayı elde edilen konsantredeki seryum tenörleri pH 8.50'de elde edilen konsantre tenörlerinden düşük olmuştur. Bu yüzden flotasyon verimi yanında yüzen miktarda önemli olduğu için en ideal pH'nın yüzen madde miktarını da göz önüne alınmasıyla 8.50 olduğu sonucuna varılmıştır.

Flotasyon işleminde optimum pülp yoğunluğu tespiti

Seryumun flotasyon işleminde optimum pülp yoğunluğunu belirlemek amacıyla elde edilen optimum koşullarda deneyler yapılmış olup sonuçlar Şekil 7'de verilmiştir.

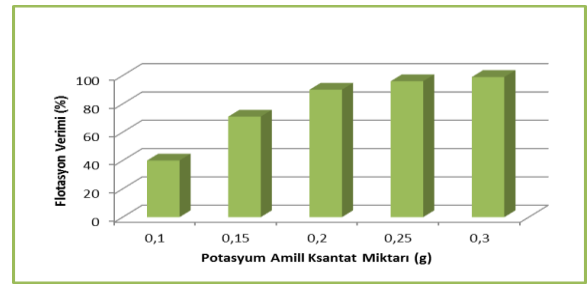


Şekil 7. Seryumun flotasyon verimine pülp yoğunluğu etkisi

Şekil 7'de görüldüğü üzere, 150 g/L pülp yoğunluğuna kadar seryumun flotasyon veriminin değişmediği tespit edilmiş olup, pülp yoğunluğunun 200 g/L'e çıkmasıyla flotasyon veriminin azaldığı yapılan analizler sonucunda tespit edilmiştir.

Flotasyon verimine toplayıcı (Potasyum amil ksantat) etkisi

Seryumun flotasyon işlemlerinde uygun toplayıcı miktarını tespit etmek amacıyla elde edilen optimum koşullarda deneyler yapılmış olup sonuçlar Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Seryumun flotasyon verimine toplayıcı miktarı etkisi

Şekil 8'den görüldüğü üzere, elde edilen optimum koşullarda yapılan deneylerde 0.25 g toplayıcı kullanıldığında seryumun flotasyon veriminin sırasıyla 96,11 olduğu tespit edilmiş olup bu koşullarda oluşan konsantredeki tenörü % 10,35 olarak bulunmuştur.

Flotasyon sonrası elde edilen konsantrelerden seryumun çözelti ortamına alınması

Flotasyon sonrası elde edilen konsantrelerden seryumun çözelti ortamına alınması amacıyla sülfatlaştırıcı kavurma ve sonrasında yapılan liç işleminde ilk aşamada H₂O, ikinci aşamada 0.1 M'lık H₂SO₄ çözeltisi kullanılmış bu amaçla kavurma süresi ve kavurma sıcaklığına bağlı olarak deneyler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Liç işlemi sonucu çözelti ortamına geçen seryum miktarları

Süre (Saat)	H ₂ O'ya geçen Ce	H ₂ SO ₄ 'e geçen Ce	Artıkta kalan Ce
1	19,12	73,58	8,40
2	20,41	74,69	4,90
3	21,33	76,67	2,00
4	27,62	71,57	0,81
5	30,48	68,12	1,40

Tablo 1’den de görüldüğü üzere flotasyon işlemi sonucu elde edilen konsantredeki seryumun çözelti ortamına alınması için uygulanan sülfatlaştırıcı kavurma işleminde en uygun sıcaklığın 650 °C, en uygun süreninde 4 saat olduğu sonucuna varılmıştır. Bu koşullarda yapılan kavurma işlemi sonucunda konsantredeki seryumun toplamda % 99.19’unun çözelti ortamına alındığı yapılan analizler sonucu tespit edilmiştir.

Sonuçlar

Eskişehir Sivrihisar-Beylikahır yöresinden temin edilen ve özellikle nadir toprak elementi içeriğine göre ülkemiz ekonomisi açısından oldukça büyük bir öneme sahip olan nadir toprak element içerikli bastnasit cevherinde bulunan seryumun zenginleştirilmesi amacıyla yapılan çalışmada, cevher bünyesinde bulunan % 1.01 oranındaki seryum içeriğini flotasyon işlemi ile konsantre etmek amaçlanmıştır. Cevher numunesi olduğu gibi flotasyon işlemine tabi tutulduğunda flotasyon veriminin düşük kaldığı görülmüş bu yüzden cevherin serbestlik derecesini arttırmak için flotasyon öncesi sülfürleme işlemine tabi tutulmuştur. Sülfürleme işlemi sonrası yapılan flotasyon işlemlerinde elde edilen optimum koşullarda seryumun % 96.1’i flote edilmiş bu şekilde elde edilen konsantredeki seryum içeriği % 10.35’lere kadar yükseldiği tespit edilmiştir. Ana cevherdeki yüzdesine bakıldığında yaklaşık 11 katlık bir zenginleştirme işlemi yapılmıştır. Çalışmanın devamında konsantre edilen seryum, sülfatlaştırıcı kavurma liçi ile elde edilen optimum koşullarda % 99.19’u çözeltilmiştir. seryumun özellikle bir çok alanda yaygınca kullanımı yapılan çalışmanın önemini ayrıca ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Dolak, İ., (2010). Nadir Toprak Elementleri İçeren Barit ve Fluorit Cevherinin Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye
- [2] Dolak, İ., Teğin, İ., Güzel, R., Ziyadanoğulları, R., (2010). Removal and Preconcentration of Pb(II), Cr(III), Cr(VI) from the Aqueous Solution and Speciation of Cr(III)-Cr(VI) by Using Functionalized Amberlite XAD-16 Resin with Dithioethylenediamine, *Asian Journal Of Chemistry*, **22**, 8, 6117-6124.
- [3] Zou, D., Chen, Ji., Li, D., (2014). Separation chemistry and clean technique of cerium(IV): A review, *Journal of Rare Earths*, **32**, 8, 681-685.
- [4] Dolak, İ., Teğin, İ., Güzel, R., Ziyadanoğulları, R., (2010). Removal and Preconcentration of Pb(II), V(V), Cr(VI) from the Aqueous Solution and Selective Separation of V(V)-Cr(VI) by Using Functionalized Amberlite XAD-16 Resin with Dithioethylenediamine, *Asian Journal Of Chemistry*, **22**, 8, 6107-6116.
- [5] Mioduski, T., Hao, D., Luan, H., (2005). Separation of cerium from other lanthanides by leaching with nitric acid rare earth(III) hydroxide-cerium(IV) oxide mixtures, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **132**, 1, 105-113.
- [6] Kaplan H., (1977). MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, *MTA Dergisi*, Ankara, Türkiye.
- [7] Kulaksız S., (1977). Eskişehir toryum cevherinin değerlendirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, Ankara, Türkiye.
- [8] Çiftçi M.S., (1985). Eskişehir-Sivrihisar-Beylikahır fluoritli kompleks cevher yatağının fluorit yönünden değerlendirilmesine ilişkin ön teknolojik çalışmalar *MTA Dergisi*, **103**, 82-83.
- [9] Elgin G., (1983). MTA Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, *MTA Dergisi*, Ankara, Türkiye.
- [10] Lobacheva, O.L., Chirkist, D.E., Dzhevega, D.V., Bazhin, V.Y., (2014). Ion flotation of cations of cerium group, *Russian Journal of Applied Chemistry*, **86**, 1862-1866.
- [11] Dolak, İ., Ziyadanoğulları, R., (2019). Eskişehir bastnasit cevherinde bulunan toryumun zenginleştirilmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, **10**, 1, 211-220.
- [12] Chamsaz M., Hosseini M.S., Arbab-Zavar M.H., (2002). Synergic Flotation Spectrophotometric Investigation of Rare Earth(III) Ions with Alizarin and 1,10-Phenanthroline, *Journal of Colloid Interface Science*, **256**, 472-476.
- [13] Ren J., Song S., Lopez-Valdivieso A., Lu S., (2000). Selective flotation of bastnaesite from monazite in rare earth concentrates using potassium alum as depressant, *International Journal of Mineral Processing*, **59**, 237,245.
- [14] Oral, E.V., Özdemir, S., Dolak, İ., Okumus, V., Dundar, A., Ziyadanoğulları, B., Aksoy, Z., Onat, R., (2015). Anoxybacillus sp. SO B1-Immobilized Amberlite XAD-16 for Solid-Phase Preconcentration of Cu(II) and Pb(II) and Their Determinations by Flame Atomic Absorption

- Spectrometry, *Bioremediation Journal*, **19**, 2, 139-150.
- [15] Yener, İ., Varhan, E.V., Dolak, İ., Özdemir, S., Ziyadanogullari, R., (2017). A new method for preconcentration of Th (IV) and Ce (III) by thermophilic *Anoxybacillus flavithermus* immobilized on Amberlite XAD-16 resin as a novel biosorbent, *Ecological Engineering*, **103**, 43-49.
- [16] Baran, M.F., Duz, M.Z., Uzan, S., Dolak, İ., Celik K.S., Kılınç, E. (2018). Removal of Hg (II) from Aqueous Solution by *Bacillus subtilis* ATCC 6051 (B1), *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, **8**, 4, 1-7.
- [17] Dolak İ., Karakaplan M., Ziyadanogulları B., Ziyadanogulları R., (2011). Solvent Extraction, Preconcentration and Determination of Thorium with Monoaza 18-Crown-6 Derivative, *Bulletin of the Korean Chemical Society*, **32**, 5, 1564-1568.
- [18] Dolak İ., Keçili R., Hür D., Ersöz A., Say R., (2015). Ion-imprinted polymers for selective recognition of neodymium (III) in environmental samples, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **54**, 19, 5328-5335.
- [19] Oral E.V., Dolak İ., Temel H., Ziyadanogulları B., (2011). Preconcentration and determination of copper and cadmium ions with 1,6-bis(2-carboxy aldehyde phenoxy)butane functionalized Amberlite XAD-16 by flame atomic absorption spectrometry, *Journal of Hazardous Materials*, **186**, 1, 724-730.
- [20] Dolak İ., (2018). Selective Separation and Preconcentration of Thorium (IV) in Bastnaesite Ore Using Thorium (IV)-Imprinted Cryogel Polymer, *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, **46**, 2, 187-197.
- [21] Keçili R., Dolak İ., Ziyadanoğulları B., Ersöz A., Say R. (2018). Ion imprinted cryogel-based supermacroporous trapsfor selective separation of cerium (III)in real sample, *Journal of Rare Earths*, **36**, 8, 857-862.
- [22] Dolak, İ., (2018). Selective Adsorption of U(VI) by using U(VI)-imprinted poly-hydroxyethyl methacrylate-methacryloyl-L-histidine (p-[hema-(mah)3]) cryogel polymer, *Applied Ecology and Environmental Research*, **17**, 2, 3165-3178.
- [23] Baysal Z., Aksoy E., Dolak İ., Ersöz A., Say R., (2018). Adsorption behaviours of lysozyme onto poly-hydroxyethyl methacrylate cryogels containing methacryloyl antipyrine-Ce(III), *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, **67**, 4, 199-204.
- [24] Dolak, İ., (2019). Ion Imprinted AffinityCryogels for the Selective Adsorption Uranium in Real Samples, *Iranian journal of chemistry and chemical engineering*, **38**, 6, 115-125.