

**BOR ENDÜSTRİSİ KATI ATIKLARINDAN BORAKSIN KATI-SIVI ÖZÜTLEME
İLE GERİ KAZANILMASI**

Mine ÖZDEMİR, İlker KIPÇAK, Neşe (UYGAN) ÖZTÜRK

**Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü,
Eskişehir**

ÖZET

Bor modern teknolojiye çok çeşitli ve yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Türkiye sahip olduğu bor mineralleri rezervlerinin büyüklüğü, niteliği ve çeşitliliği açısından dünyada birinci sırada bulunmaktadır. Yıllık 1.72 milyon tonluk boraks üretimi ile ABD'den sonra en büyük bor üreticisi durumundaki ülkemizde, bu büyük miktardaki üretimin getirdiği çevre problemleri de yaşanmaktadır. Bu çalışma, bor üretimi sırasında oluşan katı atıkların neden olduğu çevre problemlerine çözüm oluşturması amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada Etibank Kırka Boraks Tesisi katı atıklarından boraksın geri kazanılması için su ile katı-sıvı özütleme yapılmıştır. Deney tasarımı ile katı-sıvı özütlemeye katı/sıvı oranı, reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığı parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Sonuçta katı/sıvı oranı, reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığının katı/sıvı özütleme ile boraksın geri kazanılmasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Katı-Sıvı Özütleme, Bor, Katı Atık

**RECOVERING OF BORAX FROM ETİBANK KIRKA BORAX PLANT'S SOLID WASTES
BY THE SOLID-LIQUID EXTRACTION METHOD**

ABSTRACT

Boron is used commonly in modern technology. Turkey has the first place in the world regarding the quantity, quality and kind of boron mineral reserves. Next to USA, Turkey is the first producer in production with 1.72 million tons of boron minerals. This causes environmental problems. This study was done with the aim of being a step for solutions of this environmental problems.

In this study, for recovering of borax from Etibank Kırka Borax Plant's solid wastes, the solid-liquid extraction by distilled water was applied to the solid wastes. Effect of solid/liquid ratio, reaction time and reaction temperature on solid-liquid extraction was investigated by experimental design.

According to the experimental design result, it was determined that solid/liquid ratio, reaction time and solvent concentration affect the extraction.

Key Words: Solid-Liquid Extraction, Boron, Solid Waste

Giriş

Bor mineralleri ve bor bileşikleri çok çeşitli alanlarda kullanılmakta ve kullanım alanları giderek artmaktadır. Türkiye 803 milyon ton (B_2O_3 bazında) bor rezervi ile dünya bor rezervlerinin %63'ünü bulundurmaktadır. Bu nedenle bor stratejik bir öneme sahiptir (Anonim, 1995).

Türkiye'de önemli bor yatakları Eskişehir-Kırka, Bursa-Kestelek, Balıkesir-Bigadiç ve Kütahya-Emet yörelerinde bulunmaktadır. Türkiye 1.72 milyon tonluk boraks üretimi ile ABD'den sonra en büyük bor minerali ve kimyasalları üreticisidir. Bor ihracat gelirlerinin, toplam maden ihracatından elde edilen döviz gelirlerindeki payı %50'lere ulaşmıştır (Anonim, 1996).

Etibank Kırka Boraks Tesisleri'nde 800 000 ton/yıl tinkal konsantresi, 160 000 ton/yıl boraks pentahidrat, 60 000 ton/yıl susuz boraks, 17 000 ton/yıl boraks dekahidrat kapasiteleri ile üretim yapılmaktadır. Üretim sırasında boraks konsantre ve boraks pentahidrat tesisinden yaklaşık %8-10 B_2O_3 içeren yılda 120 000 ton kil pestili şeklinde katı atık oluşmaktadır. Ayrıca konsantre tesisinden %19.44 B_2O_3 içeren yılda 125 000 ton boraks şlampı atık göletine verilmektedir. Stratejik öneme sahip olan bor mineralinin, yüksek oranda B_2O_3 içeren atıklarının değerlendirilmesi zorunludur. Diğer taraftan bu atıklar çevre açısından da sorun oluşturmaktadır. Katı atıkların değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır.

Bor endüstrisi katı atıkları, özütleme ile katı atıktaki borun geri kazanılması, çimento, yapı malzemesi, seramik, sır ve gübre üretiminde katkı maddesi olarak kullanımı şeklinde değerlendirilebilmektedir.

Boraks katı atıklarından özütleme ile borun geri kazanılması ile ilgili çalışmalarda çözücü olarak su, kükürtdioksit ve karbondioksit ile doyurulmuş su, sodyum karbonat ve sodyum bikarbonatın sulu çözeltileri kullanılmış, çeşitli sıcaklık, çözücü derişimi, katı/sıvı oranı, çözme sürelerinde bor yüksek verimlerle geri kazanılmıştır (Boncukcuoğlu ve arkadaşları, 1993; Özdemir ve arkadaşları, 2001).

Bu çalışma, Etibank Kırka Boraks Tesislerinden üretim sırasında oluşan ve çevre kirliliğine neden olan katı atıkların değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır. Bunun için konsantratör tesisi atığı boraks şlamp katısından bortioksitin su ile katı-sıvı özütleme ile geri kazanılmasına çalışılmıştır. Deney tasarımı ile katı/sıvı oranı, reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığı parametrelerinin özütlemeye etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmalarda kullanılan bor atığı Etibank Kırka Boraks Tesisi'nden temin edilmiştir. Konsantratör Tesisi'nde boraks şlampı olarak bilinen katı-sıvı karışımı tesis sahasında bırakıldığı noktadan alınmıştır.

Boraks şlampının katı kısmı, sıvı kısmından ayrıldıktan sonra açık havada serilerek kurutulmuştur. ASTM standartlı elekler kullanılarak -100 mesh tane boyutlu örnekler halinde sınıflandırılmıştır. Deneylerde kullanılan boraks şlamp katısının kimyasal analizi XRF ile yapılmıştır. %B₂O₃ titrasyon yöntemi ile belirlenmiş, sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Katı Atığın Kimyasal Bileşimi

| Bileşen | B ₂ O ₃ | CaO | MgO | SiO ₂ | Na ₂ O | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | KK |
|---------|-------------------------------|-------|-------|------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|
| (%) | 19.44 | 16.85 | 13.01 | 9.82 | 10.30 | 1.30 | 1.49 | 1.01 | 26.78 |

Katı atıktan bortrioksit geri soğutucu altındaki 150 ml hacimli ceketli-ısıtıcılı cam reaktörde özütlenerek sıvı faza alınmıştır. 120 ml distile su reaktöre konulmuş, reaktör sabit sıcaklıktaki MGW Lauda marka su banyosundan sirküle ettirilen sıcak su ile ısıtılmıştır. Sistem sıcaklığı istenilen reaksiyon sıcaklığına geldikten sonra belirli miktarda katı atık örneği reaktöre konulmuştur. Reaksiyon karışımı magnetik karıştırma ile 1250 devir/dk.'lık sabit hızda sürekli olarak karıştırılmıştır. Belirli reaksiyon süresi sonunda reaksiyon karışımı süzümüştür. Katı ürün kurutulularak stoklanmıştır. Süzüntü hacmi 250 mililitreye distile su ile tamamlandıktan sonra kapalı bir pet şişeye alınmış ve analizler için stoklanmıştır. Sıvı faza geçen bortrioksit miktarı titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir (Gülensoy, 1984). Bulunan sonuçların, katı atıktaki bortrioksit miktarına oranı alınıp, sıvı faza geçen bortrioksit oranları bulunmuştur.

Özütleme deneylerinde performansı etkileyen 3 parametrenin 2 düzeyinin ele alındığı "2³ tam faktöriyel" deney tasarımı seçilmiştir. Düşük ve yüksek düzey olmak üzere iki düzeyli tasarıma karar verilmiştir (Çömlekçi, 1988). Deney tasarımı için seçilen parametreler Tablo 2'de ve deneysel tasarım matrisi Tablo 3'de verilmiştir. Sonuçlar değişke çözümlemesi ile analiz edilmiştir.

Tablo 2. Seçilen Parametreler ve Düzeyleri

| | Düşük düzey (-) | Yüksek düzey (+) |
|-------------------------|-----------------|------------------|
| Katı/sıvı oranı, g/ml | 1/120 | 10/120 |
| Reaksiyon süresi, dk | 5 | 60 |
| Reaksiyon sıcaklığı, °C | 25 | 75 |

Tablo 3. Deneysel Tasarım Matrisi

| Deney No | İşleyimler | Katı/sıvı oranı, g/ml | Reaksiyon süresi, dk. | Reaksiyon sıcaklığı, °C | Etkiler |
|----------|---------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| 1 | $a_0 b_0 c_0$ | 1/120 | 5 | 25 | Ortalama |
| 2 | $a_1 b_0 c_0$ | 10/120 | 5 | 25 | Katı/sıvı oranı etkisi |
| 3 | $a_0 b_1 c_0$ | 1/120 | 60 | 25 | Reaksiyon süresi etkisi |
| 4 | $a_1 b_1 c_0$ | 10/120 | 60 | 25 | Katı/sıvı oranı ve reaksiyon süresi ikili etkisi |
| 5 | $a_0 b_0 c_1$ | 1/120 | 5 | 75 | Reaksiyon sıcaklığının etkisi |
| 6 | $a_1 b_0 c_1$ | 10/120 | 5 | 75 | Katı/sıvı oranı ve reaksiyon sıcaklığının ikili etkisi |
| 7 | $a_0 b_1 c_1$ | 1/120 | 60 | 75 | Reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığının ikili etkisi |
| 8 | $a_1 b_1 c_1$ | 10/120 | 60 | 75 | Katı/sıvı oranı, reaksiyon süresi ve reaksiyon sıcaklığının üçlü etkisi |

Sonuçlar ve tartışma

Boraks şlamp katısından boraksın geri kazanılması için Tablo 3'e göre yapılan özütleme deneylerinin sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Boraks Şlamp Katısından Sıvı Faza Alınan Bortrioksit Miktarı, %

| Reaksiyon sıcaklığı, °C | Katı/sıvı oranı, g/ml | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------|----------|--------|
| | 1 / 120 | | 10 / 120 | |
| | 5 dk. | 60 dk. | 5 dk. | 60 dk. |
| 25 | 66.73 | 75.02 | 58.58 | 60.20 |
| | 68.98 | 77.29 | 58.83 | 60.42 |
| 75 | 84.71 | 92.33 | 69.57 | 68.00 |
| | 86.65 | 93.25 | 71.26 | 68.50 |

Tablo 3'e göre düzenlenen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Deneysel Bulgular

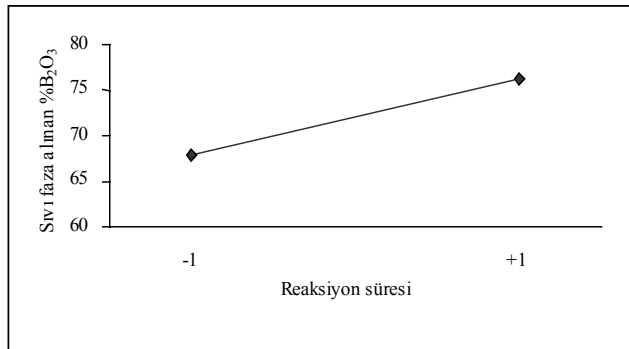
| | 1 | a | b | ab | c | ac | bc | abc |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 66.73 | 58.58 | 75.02 | 60.20 | 84.71 | 69.57 | 92.33 | 68.00 |
| 2 | 68.98 | 58.83 | 77.29 | 60.42 | 86.65 | 71.26 | 93.25 | 68.50 |
| Toplam | 135.71 | 117.41 | 152.31 | 120.62 | 171.36 | 140.83 | 185.58 | 136.50 |

2^3 tam faktöriyel deney tasarımı için parametrelerin özütlemeyi katı/sıvı oranı > reaksiyon sıcaklığı > katı/sıvı oranı–reaksiyon süresi > reaksiyon süresi > katı/sıvı oranı–reaksiyon sıcaklığı > reaksiyon süresi–reaksiyon sıcaklığı sırası ile etkilediği belirlenmiştir.

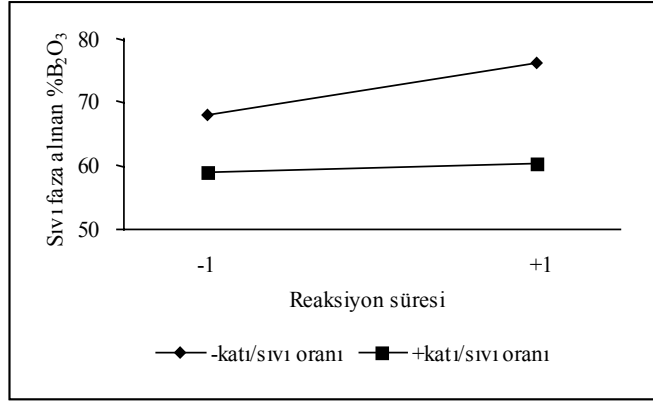
Parametrelerin özütleme üzerine tekli ve ikili etkileri Şekil 1 - 6'da verilmiştir.



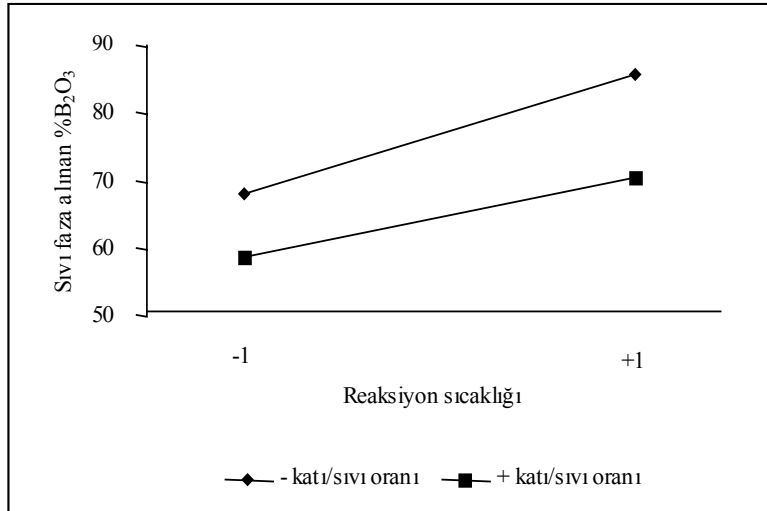
Şekil 1. 25°C Reaksiyon Sıcaklığında ve 5 dk. Reaksiyon Süresinde Katı/sıvı Oranının Özütlemeye Olan Etkisi



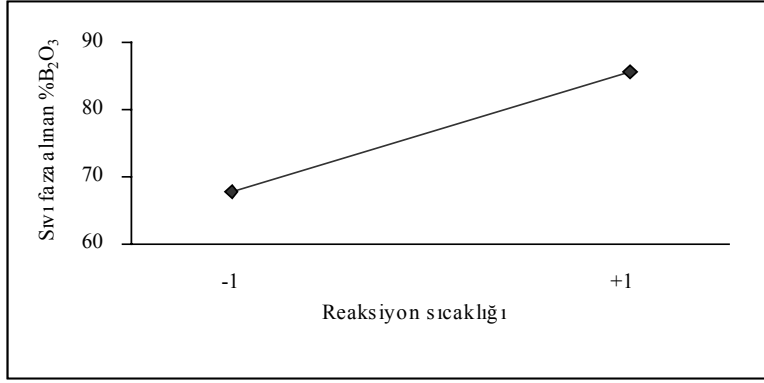
Şekil 2. 25°C Reaksiyon Sıcaklığı ve 1/120 g/ml Katı/Sıvı Oranında Reaksiyon Süresinin Özütlemeye Etkisi



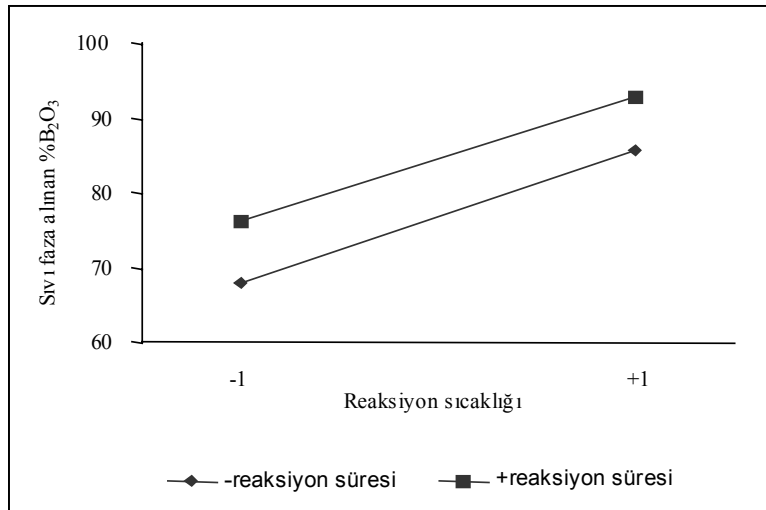
Şekil 3. 5 dk. Reaksiyon Süresinde ve 1/120 g/ml Katı/Sıvı Oranında Reaksiyon Sıcaklığının Özütlemeye Etkisi



Şekil 4. 25°C Reaksiyon Sıcaklığında Katı/Sıvı Oranı ve Reaksiyon Süresinin Özütlemeye İkili Etkisi



Şekil 5. 5 dk. Reaksiyon Süresinde Katı/Sıvı Oranı ve Reaksiyon Sıcaklığının Özütlemeye İkili Etkisi



Şekil 6. 1/120 g/ml Katı/Sıvı Oranında Reaksiyon Süresi ve Reaksiyon Sıcaklığının Özütlemeye İkili Etkisi

En yüksek verim 1/120 g/ml katı/sıvı oranı, 60 dk reaksiyon süresi ve 75°C reaksiyon sıcaklığı koşullarında elde edilmiştir.

Katı/sıvı oranı arttıkça sıvı faza geçen bortrioksit yüzdesi azalmıştır. Katı-sıvı karışımdaki katı miktarı arttıkça, ortamda çözücünün çözebileceğinden daha fazla bor

kalmaktadır. Reaksiyon süresi arttıkça sıvı faza alınan bortrioksit verimi artmıştır. Reaksiyon sıcaklığı arttıkça sıvı faza alınan bortrioksit verimi, çözünürlüğün artması nedeni ile artmıştır.

Kaynaklar

1. Anonim, Bor Mineralleri, Trona, Sodyum Sülfat, Stronsiyum Mineralleri, Tuz, DPT: 2414, 1995.
2. Anonim, Bor Bileşikleri, DPT: 2427, 1996.
3. Boncukçuoğlu, R., Kocakerim, M. ve Alkan, M., Boraks Şlampsının Değerlendirilmesi, Kimya 93, IX. Kimya ve Kimya Müh. Semp., Trabzon, 1993.
4. Çömlekçi, N., Experimental Design and Analysis, Anadolu University, Eskisehir, 292p., 1988.
5. Gülensoy, H., Kompleksometrinin Esasları ve Kompleksometrik Titrasyonlar, İ. Ü. Yay. No: 2352, İstanbul, 1984.
6. Özdemir, M., Öztürk (Uygan), N., Kıpçak, İ., Bektaş, T. E., Kavak (Bayar), D., Sulardan Adsorpsiyonla Bor Giderimi ve Bor Türevleri Tesisleri Katı Atıklarının Değerlendirilmesi, Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No: 2000/6, 58s., 2001.

Teşekkür

Bu çalışma Osmangazi Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 2000/6 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Etibank Kırka Boraks Tesisleri işletme müdürü İbrahim Uzuner'e katkılarından dolayı teşekkür ederiz.