

## KOLEMANİTİN ASETİK ASİT ÇÖZELTİLERİNDE ÇÖZÜNMESİNİN OPTİMİZASYONU

**Yüksel ABALI, Alpaslan ARGA**

Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 45030 MANİSA

**Özet:** Yapılan bu çalışmada; Bandırma Borik Asit Fabrikalarından temin edilen Kolemanit ( $2\text{CaO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) cevherinin asetik asit çözeltilerinde çözünmesinin optimum şartları Taguchi Fraksiyonel Tasarım yöntemleri kullanılarak tespit edilmiş olup optimum proses şartları aşağıdaki bulunmuştur:

- Reaksiyon sıcaklığı : 35 °C
- Katı/sıvı oranı : 5 / 100 (g/ml)
- Asit konsantrasyonu : % 10
- Karıştırma hızı : 200 dev./ dak.
- Reaksiyon süresi : 10 dak.

*Anahtar Kelimeler:* Kolemanit, Asetik asit, Çözünme, Optimizasyon, Taguchi Metodu

## OPTIMISATION of COLEMANITE DISSOLUTION in ACETIC ACID SOLUTIONS

**Abstract:** In this study, The Taguchi Fractional Design Method was used to determine the optimum conditions for the dissolution of colemanite mineral ( $2\text{CaO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) obtained from Bandırma Boric Acid Plant in acetic acid solutions. It was found that the optimum process conditions were as follows:

- Reaction Temperature : 35 °C
- Solid- Liquid Ratio : 5/100 (w/v)
- Acid Concentration : 10 %
- Stirring Speed : 200 min<sup>-1</sup>
- Reaction Period : 10 min.

*Key words:* Colemanite, Acetic acid, Dissolution, Optimisation, Taguchi Method

---

\* Sorumlu yazar

yuksel.abali@bayar.edu.

## 1. GİRİŞ

Maden kaynakları bakımından dünyanın zengin ülkeleri arasında yer alan ülkemiz birçok madende dünyanın en büyük rezervlerine sahiptir. Bugün ülkemiz madencilik sektöründe, 53 farklı maden ve minerallerin üretimi yapılmaktadır ve bunların çoğu yurt dışına ihraç edilmektedir.

Bor, üstün özellikleri nedeniyle dünyada en çok kullanılan elementlerden birisidir. Fakat bakır gibi, demir gibi elementer olarak kullanımı son derece sınırlı olmaktadır. Genellikle cevherinden üretilen bazı bileşikler kullanılmaktadır [1].

Doğada 200'den fazla bilinen bor minerali olmasına rağmen bunlardan ancak 15 kadarı ekonomik değere sahiptir. Dünyada en yaygın bor minerali tinkal, kernit, uleksit, probertit, kolemanit, pandermit, borasit, szaybelit'tir. Fakat bu mineraller içerisinde tinkal, uleksit ve kolemanit rezerv ve üretim açısından en büyük paya sahiptirler. Yeryüzünde bor yatakları birkaç yerde yoğunlaşmıştır ve bunların yaklaşık % 66'sı Türkiye'dedir. Türkiye bor yatakları 1865 yılında bulunmasından sonra yabancılar tarafından işlenmiş, 1950'lerden itibaren Türk özel sektörü ve Etibank da işletmeye başlamıştır. 1978'de devletleştirme sonucu sadece Etibank tarafından işletilmeye devam edilmiştir [2,3].

Kimyasal bileşimi  $2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$  olan kolemanit monoklinal sistemde kristalleşir. Sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir. Bor içeriği % 15.7,  $B_2O_3$  içeriği ise % 50.8'dir. Kolemanitin toplam yurtiçi tüketiminin % 75-80'i iç piyasaya rafine bor talebini karşılamak ve ihracat amacıyla Etibank tarafından borikasit üretiminde kullanılmaktadır. Borikasit üretimi dışında kolemanitin yurtiçi tüketiminin en fazla olduğu alan metalürji ve demir-çelik sanayidir [4].

Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılır. Bor mineralleri ve ürünleri; cam, seramik, temizleme ve beyazlatma, yanmayı önleyici madde, tarım, nükleer uygulamalar, tekstil ve metalürji gibi pek çok sanayi kolunda kullanılmaktadır [5].

Bor mineralleriyle ilgili olarak pek çok çalışma yapılmıştır:

Özmetin ve arkadaşları (1996) sulu asetik asit çözeltilerinde kolemanit'in çözünme kinetiğini incelemişler; çözünme reaksiyonunun  $-\ln(1-X)=k \cdot t^n$  formülündeki yalancı 1. mertebeden kontrol edildiğini bulmuşlar ve prosesin aktivasyon enerjisini  $51,49 \text{ kJmol}^{-1}$  olarak hesaplamışlardır [6].

Alkan ve Doğan (2003) kolemanit'in oksalik asit çözeltilerinde çözünme kinetiği ve mekanizmasını partikül boyutu, karıştırma hızı, sıcaklık ve asit konsantrasyonları parametrelerinde kesikli bir reaktörde araştırmışlar, çözünme oranının partikül boyutunun azalması ve artan sıcaklık ile arttığını, karıştırma hızının etkisinin önemsiz olduğunu, dönüşüm oranının artan asit konsantrasyonu ile  $250 \text{ mol m}^{-3}$ 'e kadar arttığını tespit etmişlerdir. Kolemanitin çözünme kinetiği ürün filminden difüzyon kontrollü olup, prosese ait aktivasyon enerjisi  $9,50 \text{ kcal mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır [7].

Tunç ve arkadaşları (1999) uleksit'in asetik asit çözeltilerinde çözünürlüğünü kesikli bir reaktörde incelemişlerdir. Çözünme oranının artan sıcaklık ve karıştırma hızı, azalan katı-sıvı oranı ve partikül boyutu ile arttığı, dönüşüm oranının artan asit konsantrasyonu ile azaldığından %20 asit konsantrasyonunda en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Prosesin

aktivasyon enerjisi  $30,69 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır [8].

Temur ve arkadaşları (2000) kolemanit'in fosforik asit çözeltilerinde de çözünme kinetiğini incelemişlerdir. Çalışmada katı-sıvı oranı ve partikül boyutundaki azalma ve sıcaklığın artırılması ile çözünme oranının arttığını, fakat karıştırma hızının etkisinin olmadığını saptamışlardır. Kolemanitin çözünme kinetiği heterojen ve homojen reaksiyon modellerine göre incelenmiş  $\%1,43-19,52$  arasındaki asit konsantrasyonlarında reaksiyonun yüzey kimyasal reaksiyon modeline uygun olduğu görülmüştür. Prosesin aktivasyon enerjisi  $59,01 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır [9].

Tunç ve arkadaşları [10].kolemanitin, sülfürik asit çözeltilerinde çözünme kinetiğini incelemişlerdir. Çözünme oranının; sıcaklığın ve karıştırma hızının artması, tanecik boyutu ve katı-sıvı oranının azalması, ve  $1 \text{ M}$  'a kadar artan asit konsantrasyonu ile arttığını tespit etmişlerdir. İstatistiksel ve grafiksel metotlar sonucu  $-\ln(1-X)=k.t^n$  modeline uygun olarak aktivasyon enerjisi  $69,30 \text{ kJ mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır .

Yeşilyurt ve arkadaşları [11], kolemanitin fosforik asitle reaksiyonunda optimum çözünme parametrelerini;  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  reaksiyon sıcaklığı ,  $\% 20$  asit konsantrasyonu,  $1/12$  katı/sıvı oranı ve  $10 \text{ dk}$  reaksiyon süresi olarak bulmuşlar ve bu şartlarda kolemanitin  $\% 99,67$  sinin çözüldüğünü tespit etmişlerdir.

Kolemanitin borik asit çözeltilerindeki çözünmesi ile ilgili olarak Demirhan ve arkadaşları (1994) çözünme reaksiyonuna ait aktivasyon enerjisi  $707 \text{ cal mol}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır [12]. Gürbüz ve arkadaşları (1995) nın yaptığı çalışmada kolemanitin saf su ve borik asit çözeltilerindeki çözünürlüğü incelenmiş.,  $\% 7,5 - 10,2$ 'lik asit konsantrasyonlarında çözünmenin ilk  $5 \text{ dk}$ 'da doygunluk derişimine ulaştığı gözlenmiştir.

Kolemanitin  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  saf suda çözünürlüğü  $1,7 \text{ g/1 lt}$ ,  $\% 7,5-10$  ve  $20$ 'lik borik asit içeren çözeltilerde çözünürlüğü sırası ile  $4,3$ ;  $8,13$  ve  $19,6 \text{ g/1 lt}$  olarak belirlenmiştir [13].

Bor minerallerinden zayıf asitle borik asit üretimine yönelik bir çalışmada Abalı ve arkadaşları (2002) uleksit'in asetik asit çözeltilerinde çözünmesini incelemişler, uleksitin  $\% 5$  asit konsantrasyonu,  $-710+500$  mikron tanecik boyutu,  $60 \text{ dak.}$  reaksiyon süresi,  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık,  $6/100 \text{ g/ml}$  katı-sıvı oranında optimum çözünürlüğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir [14].

Bor minerallerinin bazı mineral asitlerde,  $\text{CO}_2$  ve  $\text{SO}_2$  ile doyurulmuş sularda çözüldürülmesi ile ilgili de birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalarda çözünmeye etki eden parametrelerin etkisi incelenmiştir [15-19].

Yapılan bu çalışmada ise; bir kalsiyum borat cevheri olan kolemanitin asetik asit çözeltilerinde çözünmesinin optimum şartları Taguchi Fraksiyonel Tasarım Yöntemleri [20] kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

## **2. MATERYAL VE METOD**

### **2.1. Materyallerin Temini ve Hazırlanması**

Yapılan çalışmada kullanılan kolemanit cevheri Balıkesir-Bandırma Borik Asit Fabrikaların'dan temin edilmiş olup  $-270$  mesh tanecik büyüklüğündedir. Kullanılan asetik asit MERCK üretimidir.

### **2.2. İstatistiksel Deney Tasarımı**

Maliyetleri en düşük seviyede tutmak için en az deney yapma prensibine dayanan yöntemlerden birisi de Japon bilim adamı Genichi Taguchi'nin geliştirmiş olduğu "Taguchi Yöntemi"dir. Taguchi fraksiyonel faktöriyel tasarımın özel bir biçimi olan "ortogonal diziler" yöntemini kullanmıştır.

Taguchi ürünün veya prosesin etkilendiği parametreleri, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olmak üzere iki kısma ayırır. Kontrol edilemeyen parametreler çok yüksek maliyet getireceğinden, kontrol edilebilen parametre seviyelerinin araştırılması daha uygun olur.

Deneyel çalışma sonucunda belirlenecek optimum çalışma şartları, farklı çalışma ortamları ve farklı zamanlarda her zaman aynı veya birbirine çok yakın performans değerini verebilmelidir. Bunu gerçekleştirebilmek için kullanılacak optimizasyon kriteri, performans değeri etrafındaki değişkenliğin minimum düzeyde tutulmasını kontrol edebilmelidir. Taguchi'ye göre, böyle bir optimizasyon kriteri performans istatistiğidir (signal to noise ratio). Performans istatistiğinin bulunmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılır:

1. “Daha büyük daha iyi” durumu için:

$$SN_L = -10 * \log \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \frac{1}{Y_t^2} \right)$$

2. “Daha küçük daha iyi” durumu için:

$$SN_S = -10 * \log \left( \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n Y_t^2 \right)$$

SN (signal to noise) değeri performans istatistiği, n, i. deneyin tekrarlanma sayısı ve  $Y_i$  de i. deneyin performans değeridir.

Cevabın; mümkün olduğu kadar büyük olduğu durumlarda  $SN_L$  ve  $SN_S$  kullanılarak optimizasyon yapılır. SN oranının ve  $Y$ 'yi etkileyen faktörleri belirlemek için varyans analizleri kullanılır.  $SN_L$  ve  $SN_S$  performans istatistikleri, optimizasyon kriteri olarak seçilebilir.

Bir deneyi etkileyen parametreleri kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olmak üzere iki grupta incelemesi ve çok sayıda

parametreyi 2'den fazla seviyede incelemeye imkan sağlamasıdır. Bunu da, parametreler arasındaki bileşik etkileri ihmal ederek başarır. Taguchi'ye göre deneyde incelenen parametreler arasında önemli olabilecek bileşik etkiler var ise bunlar deney planına dahil edilerek incelenebilir. Deney planında sadece asıl etkiler ve önemli olan bileşik etkiler dikkate alındığından, yapılması gereken deney sayısı en aza indirgenmektedir. Böylece, deney sayısının çokluğu nedeniyle çok fazla zaman ve araştırma gideri gerektiren ve bu nedenle yapılamayan çalışmaların yapılmasına imkan sağlar.

Taguchi yöntemi, deneyler sonunda elde edilen verileri değerlendirmek için; istatistiksel deney tasarım yöntemlerinde olduğu gibi varyans analizi ve buna ilave olarak göze hitap eden grafiksel yöntemlerde kullanılır. Bu metodun diğer bir avantajı ise, performans değerinin ortalamasını, hedeflenen düzeye getirirken hedef civarındaki değişkenliği minimum yapmasıdır.

Taguchi yöntemi kullanılarak laboratuvar ortamında elde edilen optimum proses şartları, pilot ve gerçek boyuttaki üretim şartlarına aynen uygulanabilmektedir.

### 3. DENEL KISIM

Çözme işlemleri ayarlı mekanik karıştırıcı, sabit sıcaklık banyosu ve bir geri soğutucu ile donatılan 250 ml'lik üç boyunlu cam balon içinde gerçekleştirilmiştir. Her bir deneyin başlangıcında belirli konsantrasyonlarda 100 ml asetik asit çözeltisi hazırlanıp 10 dakika kadar sabit sıcaklık banyosunda tutulduktan sonra belli miktarlarda tartılan kolemanit cevheri katılarak yapılmıştır. Reaksiyon süreleri sonunda çözelti mavi bant süzgeç kağıdından hemen süzülerek süzüntüde  $Ca^{+2}$  tayini kompleksometrik olarak  $B_2O_3$  tayini ise ICP ile yapılmıştır [21].

Kolemanitin asetik asit çözeltilerindeki çözünmesinin optimum şartlarını tespit etmek için; reaksiyon sıcaklığının, katı/sıvı oranının, karıştırma hızının, asit konsantrasyonunun ve reaksiyon süresinin etkileri incelendi. Deney parametreleri ve

parametre seviyeleri Tablo 3.1’de, çözme işlemlerinde kullanılan parametreler için standart deney planı ve çözünme işlemlerinden elde edilen deney sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir

**Tablo 3.1** Deney Parametreleri ve Parametre Seviyeleri

Parametreler	Parametre Seviyeleri				
	1	2	3	4	5
A Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	20	35	50	65	80
B Katı/Sıvı oranı (g/ml)	0,5/100	1/100	3/100	5/100	10/100
C Asit Konsantrasyonu (% C)	5	10	17	25	40
D Zaman (dk)	10	20	30	60	90
E Karıştırma Hızı (dev/dk)	200	300	450	600	800

**Tablo 3.2.** L<sub>25</sub> (5<sup>5</sup>) Ortogonal Deney Tasarımına Göre Çözme İşlemlerinde Kullanılan Parametreler İçin Standart Deney Planı ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İçin Çözünme Kesirleri Sonuçları

Deney No	Sıcaklık, °C	Katı/Sıvı g./mL.	Asit Kons.,M	Zaman, dak.	Karışt.Hızı, devir/dk	X <sub>B203</sub> 1. Seri	X <sub>B203</sub> 2. Seri	X <sub>B203</sub> Ort.
	A	B	C	D	E			
1	1	1	1	1	1	0,9899	0,9888	0,9893
2	1	2	2	2	2	0,9992	0,9995	0,9993
3	1	3	3	3	3	0,9087	0,9419	0,9253
4	1	4	4	4	4	0,7988	0,7704	0,7846
5	1	5	5	5	5	0,7228	0,7404	0,7316
6	2	1	2	3	4	0,9996	0,9991	0,9993
7	2	2	3	4	5	0,9999	0,9988	0,9993
8	2	3	4	5	1	0,9420	0,9738	0,9579
9	2	4	5	1	2	0,8215	0,8579	0,8397
10	2	5	1	2	3	0,5612	0,5318	0,5465
11	3	1	3	5	2	0,9998	0,9986	0,9994
12	3	2	4	1	3	0,9988	0,9986	0,9987
13	3	3	5	2	4	0,8710	0,8944	0,8827
14	3	4	1	3	5	0,7203	0,6893	0,7048
15	3	5	2	4	1	0,7244	0,6836	0,7040
16	4	1	4	2	5	0,9992	0,9998	0,9995
17	4	2	5	3	1	0,9986	0,9984	0,9985
18	4	3	1	4	2	0,9508	0,9600	0,9554
19	4	4	2	5	3	0,8223	0,8317	0,8270
20	4	5	3	1	4	0,7236	0,7378	0,7307
21	5	1	5	4	3	0,9982	0,9985	0,9983
22	5	2	1	5	4	0,9998	0,9992	0,9995
23	5	3	2	1	5	0,9988	0,9816	0,9902
24	5	4	3	2	1	0,9348	0,9170	0,9259
25	5	5	4	3	2	0,7388	0,7720	0,7554

#### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

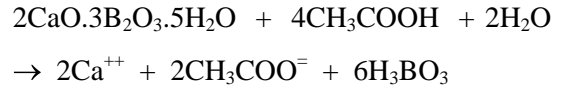
Parametrelerin etkinliklerini belirlemek amacıyla çözünme kesirlerine göre varyans analizleri yapılarak F etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonunda parametrelerin etkin olup olmadığını bulmak için F etkinlik değer tabloları kullanılmış olup hesaplanan F etkinlik değerleri ile tablodaki kritik F değeri karşılaştırılarak hangi parametrelerin çözünme üzerine etkin olduğu tespit edilmiştir. Deney sonuçlarının istatistiksel analizi minitab paket programı yardımıyla hesaplanmıştır. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> için parametrelerin varyans değerleri ve F etkinlik değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1’den elde edilen sonuçlara göre çözültiye geçen B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarının maksimum ve maliyetlerin minimum olması dikkate alınarak çok boyutlu optimizasyon yapılmış olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.2.’de verilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda yukarıdaki tablolarda elde edilen sayısal değerler parametrelere karşı dönüşüm oranı olacak şekilde grafiğe geçirilmiştir. (Şekil 4.1.- 4.5 )

Çözünme işlemleri asetik asit çözültileri kullanılarak yapılmıştır. Kolemanit

cevherinin CH<sub>3</sub>COOH ile verdiği reaksiyon aşağıdaki gibi gösterilebilir:



Tablo 4.2 incelendiğinde SN<sub>LM</sub> değerlerini maksimum yapan parametre seviyelerinin A<sub>5</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>1</sub> ve E<sub>1</sub> olduğu görülür. Buna göre maksimum (% 99.45) çözünmenin sağlandığı proses şartları; reaksiyon sıcaklığı 80 °C, katı/sıvı oranı 1/100 (g/ml), asit konsantrasyonu % 17, karıştırma hızı 200 devir/dak. ve reaksiyon süresi 10 dak.’dır.

Maliyetlerin de dikkate alındığı (Tablo 4.3), optimum proses şartları aşağıdaki gibidir:

- Reaksiyon sıcaklığı : 35 °C
- Katı/sıvı oranı : 5 / 100 (g/ml)
- Asit konsantrasyonu: % 10
- Karıştırma hızı : 200 dev./ dak.
- Reaksiyon süresi : 10 dak.

Bu şartlarda % 84.57’lik B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> verimi elde edilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda asetik asidin kolemanit cevheri için iyi bir çözücü reaktif olabileceği teklif edilebilir.

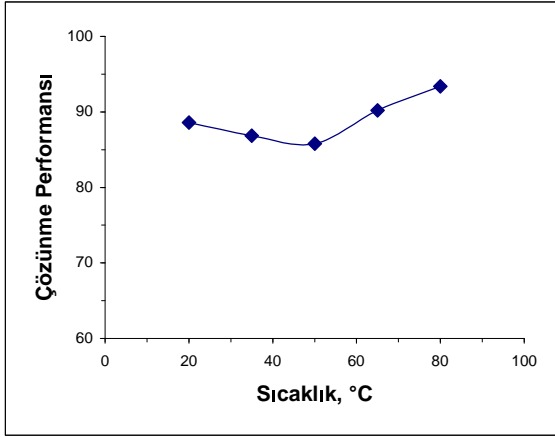
**Tablo 4.1.** Varyans Analizi Sonuçları

Parametreler	SS	DF	MS	F
Sıcaklık , (°C)	0,008939	4	0,002235	2,166299
Katı/Sıvı Oranı, (g/ml)	0,380085	4	0,095021	*92,10647
Asit Kons. , (% C)	0,0748	4	0,0187	*18,12637
Zaman , (dk)	0,005748	4	0,001437	1,392991
Karıştırma Hızı, (dev/dk)	0,003585	4	0,000896	0,868668

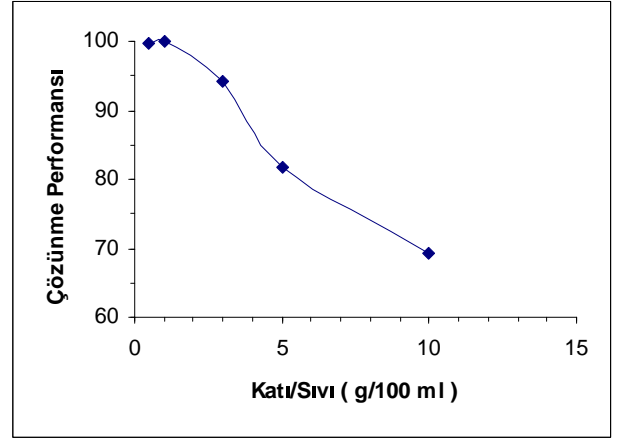
\* % 99 Güven düzeyinde etkin parametreler.

**Tablo 4.2.** B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> için Optimum Parametre Değerlerinin Belirlenmesi

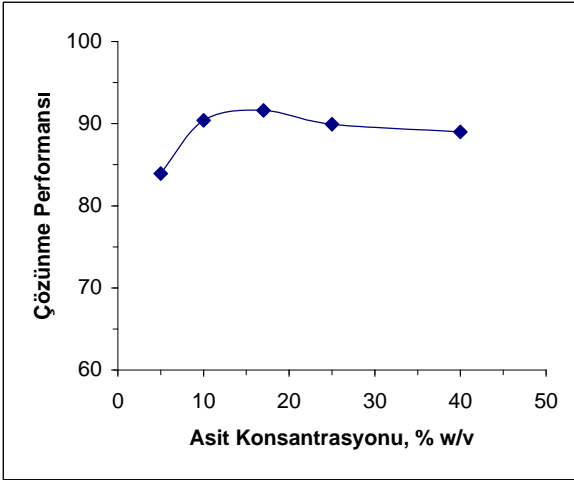
Parametre	Parametre Değeri (Seviyesi)	Dönüşüm Oranı (X <sub>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> )	Maliyet	Seçim	
A	Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	20	0,8860	Min.	A <sub>2</sub>
		35	0,8685		
		50	0,8579		
		65	0,9022		
		80	0,9338	Max.	
B	Katı/sıvı oranı (g/ml)	0,5/100	0,9971	Max.	B <sub>4</sub>
		1/100	0,9990		
		3/100	0,9423		
		5/100	0,8164		
		10/100	0,6936	Min.	
C	Asit Konsatrasyonu (%C)	5	0,8391	Min.	C <sub>2</sub>
		10	0,9039		
		17	0,9161		
		25	0,8992		
		40	0,8901	Max.	
D	Karıştırma Hızı (dev/dak)	200	0,9151	Min.	D <sub>1</sub>
		300	0,9098		
		450	0,8591		
		600	0,8793		
		800	0,8850	Max.	
E	Zaman (dak)	10	0,9097	Min.	E <sub>1</sub>
		20	0,8707		
		30	0,8767		
		60	0,8880		
		90	0,9030	Max.	



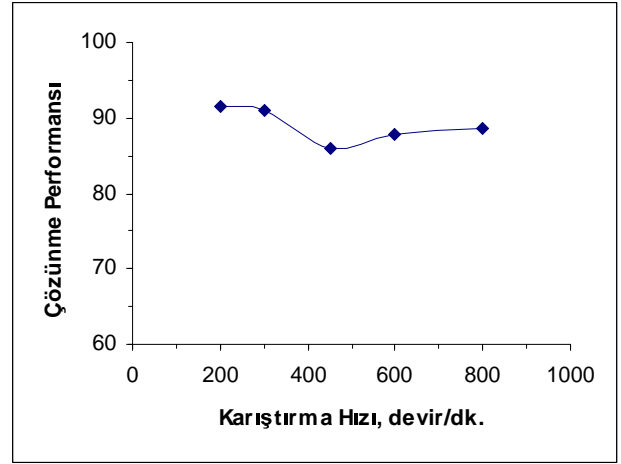
Şekil 4.1. Kolemanitin Çözünmesine Sıcaklığın Etkisi



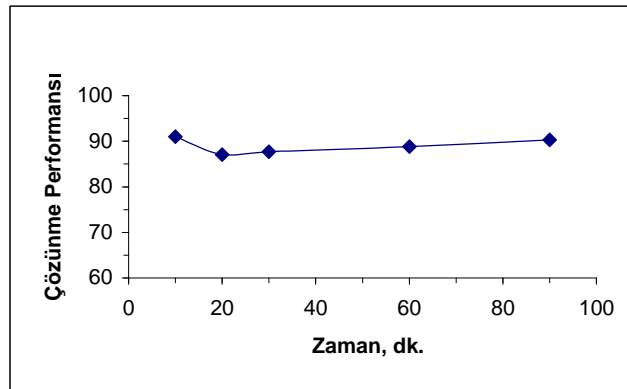
Şekil 4.2. Kolemanitin Çözünmesine Katı/Sıvı Oranının Etkisi



Şekil 4.3. Kolemanitin Çözünmesine Asit Konsantrasyonunun Etkisi



Şekil 4.4. Kolemanitin Çözünmesine Karıştırma Hızının Etkisi



Şekil 4.5. Kolemanitin Çözünmesine Zamanın Etkisi



## KAYNAKLAR

1. Yenigün, M., "Bor Cevherinin Kullanım Alanlarının Araştırılması", Yıl İçi Projesi, Ege Ün. İzmir, (1998).
2. Aytekin, Y., "Bor Üretimi Teknolojisi ve Emet Kolemanit Cevherinin Demirden Kurtarılması", Bornova /İzmir, (1990).
3. Poslu, K: "Bor Elementinin Özellikleri", Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığı, İzmir, (1993).
4. Kalafatoğlu, İ.E. ve Örs, S. N., "21. Yüzyılda Bor Teknolojileri ve Uygulamaları", BAÜ Fen Bil. Enst. Derg. 5.1, (2003).
5. Polat, M., "Türkiye'de ve Dünyada Bor ve Bor Teknolojisi Uygulamalarının Araştırılması" İzmir, (1998).
6. Özmetin, C., Kocakerim, M. M., Yapıcı S., Yartaşı, A., "A Semi Emprical Kinetic Model for Dissolution of Colemanite in Aqueous CH<sub>3</sub>COOH Solution", Ind. Eng. Chem. Res., 35(79), 2335-2359, (1996).
7. Alkan, M., Doğan, M., "Dissolution Kinetics of Colemanite in Oxalic Acid Solutions" Chem. Eng. Proc., 1-7 ( Article İn press ), (2003).
8. Tunç, M., Kocakerim, M.M., Gür, A., Yartaşı, A., "A Semi Emprical Kinetic Model for Dissolution of Ulexite in Aqueous Acetic Acid Solutions" Energy, Education, Science and Technology, Vol(3), No (1-10), (1999).
9. Temur, H., Yartaşı, A., Kocakerim, M. M., "The Kinetics of Dissolution of Colemanite İn H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Solution", Ind.Eng.Chem.Res. Vol(39), P 4114 (2000),
10. Tunç, M., Kocakerim, M., "Kolemanitin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Çözeltisinde Çözünme Kinetiği" Kongre Bildiri Kitapçığı 1235-1240, (1996),
11. Yeşilyurt, M., Çolak, S., Çalban, T., "Kolemanitin fosforik asit çözeltilerinde çözüldürülmesinin optimum şartlarının belirlenmesi", Balıkesir Üniversitesi, Bor Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı, sh.46., 20-22 Haziran 2002, Balıkesir, (2002).
12. Demirhan, M. H., Kocakerim, M. M., Yartaşı, A. ve Özmetin, C., "Kolemanit Cevherinin Borik Asit Çözeltilerindeki Çözünürlüğü", UKMK-1 Tebliğ Kitabı, 2.Cilt, 340, (1994).
13. Gürbüz, H., Öçgüder, S., Yavaşoğlu-T., N., Sayan, P. ve Bulutçu, N., "Kolemanitin Borik Asit Çözeltilerindeki Çözünürlüğü", UKMK-3 Bildiri kitabı 2.cilt sh. 1259-1264 Ata. Ün. Kimya Müh. Böl.1-4 Eylül 1998, Erzurum, (1998).
14. Abalı, Y., Mıstıncık, E., Zeybek, M. S., "Uleksitin Asetik Asit Çözeltilerindeki Çözünmesinin Optimizasyonu " 17. Ulusal Kimya Kongresi, KM-P15, 543, (2003).
15. Alkan, M., Oktay, M., Kocakerim, M. M., and Karagölge, Z., "Dissolution Kinetics of Some Borate Minerals in CO<sub>2</sub> Saturated Water", Hydrometallurgy, 26, 255-262, (1991).
16. Kocakerim, M. M., Alkan, M., "Dissolution Kinetics of Colemanite in SO<sub>2</sub> Saturated Water", Hydrometallurgy, 19, 385-392, (1988).
17. Künkül, A., Yapıcı, S., Kocakerim, M., Çopur, M., "Dissolution Kinetics of Ulexite in Ammonia Solution Saturated with CO<sub>2</sub>", Hydrometallurgy, 44, 135-145, (1997).
18. Tekin, G., Onganer, Y., Alkan, M., "Dissolution Kinetics of Ulexite in Ammonium Chloride Solution" Canadian Metallurgical, Quarterly, 37(2), 91-97, (1998).
19. Tunç, M., Yapıcı, S., Kocakerim, M., Yartaşı, A., "The Kinetics of Dissolution of Ulexite in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solution" Chem.Biochem.Eng.Q. 15(4), 175-180, (2001).
20. Taguchi, G., "System of Experimental Design", Vol. 1, Quality Resources, Kraus Int., 1189 p, New York, (1987).
21. Gülensoy, H., "Kompleksometrinin Esasları ve Kompleksometrik Titrasyonlar", Fatih Yayınevi, İstanbul, (1984).

*Geliş Tarihi: 03/04/2006*

*Kabul Tarihi: 08/05/2006*

