

**T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULEKSİTİN HİDROKLORİK ASİT İÇERİSİNDEKİ  
ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ**

**Fahriye İNCE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**VAN**

**Nisan-2013**

T.C.  
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI

**ULEKSİTİN HİDROKLORİK ASİT İÇERİSİNDEKİ  
ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN : Fahriye İNCE  
DANIŞMAN : Yrd. Doç. Dr. Yaşar GENEL

VAN-2013

## KABUL ve ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Yaşar GENEL danışmanlığında Fahriye İNCE tarafından hazırlanan “Uleksitin Hidroklorik Asit İçerisindeki Çözünürlüğü ” isimli bu çalışma 21/03/ 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Masuk Küçük İmza: 

Üye : Prof. Dr. Mehmet Tunç İmza: 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yaşar Genel İmza: 

Üye : ..... İmza:

Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ...../.... / 2013 Gün ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

# ULEKSİTİN HİDROKLORİK ASİT İÇERİSİNDEKİ ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ

İNCE, Fahriye

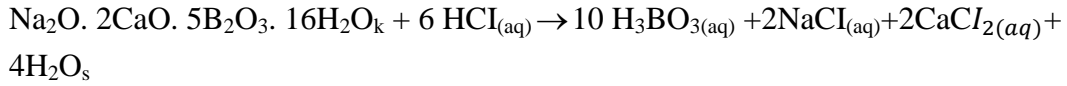
Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Yaşar GENEL

Şubat 2013, 55 sayfa

Türkiye dünya bor rezervlerinin %72 sine sahip bir ülkedir. Kalite itibari ile de ülkemiz önemli bir konumdadır. Uleksit ülkemizin önemli yer altı kaynaklarından biridir. Uleksit  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$  formülüne sahiptir. Uleksit Türkiye’de Kütahya –Emet ve Balıkesir-Bigadiç, yöresinden çıkarılmaktadır.

Bu çalışmada uleksitin hidroklorik asit içerisindeki çözünürlüğü incelendi. Tane boyutu, katı/sıvı oranının küçülmesi ve reaksiyon sıcaklığının artmasıyla çözünme hızı arttı. Artan asit konsantrasyonlarında ise yine çözünme hızının arttığı bulundu. Karıştırma hızının ise çözünme hızı üzerine çok fazla etkili olmadığı belirlendi. Uleksit, hidroklorik asit çözeltisinde çözüldüğü zaman, meydana gelen reaksiyon aşağıdaki gibidir.



**Anahtar Kelimeler:** Bor, çözünürlüğü, hidroklorik asit, uleksit

## ABSTRACT

### THE RESOLUTION OF ULEXITE IN HYDROCHLORIC ACID

İNCE, Fahriye

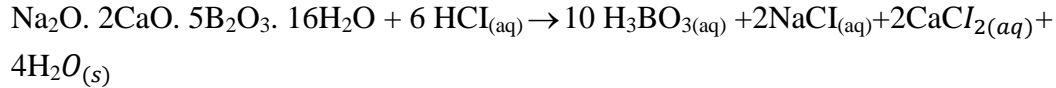
Master Thesis, Chemistry Department

Thesis Advisor: Assistantprofessor Yaşar GENEL

February 2013, 55 pages

Turkey is the country which has 72% boron reserves in the world. Our country has a significance place in termes of the quality. The formula of ulexite is  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ . Ulexite is mined in Kütahya- Emet and Balıkesir-Bigadiç.

The resolution of ulexit in hydrochloric acid has been analyzed in this study. Dissolution speed increased with increasing of reaction order, decreasing of liquid/solid rate and granule size. It is determined that speed of mixing has little effect on the speed of ressolution. When ulexite is dissolved in hydrochloric acid sollution, the reaction occurred is like below.



**KeyWords:** Boron, resolution, hydrochloric acid, ulexite

## ÖN SÖZ

Dünyadaki petrol rezervlerinin azalmasıyla birlikte yeni enerji kaynaklarının arayış çalışmaları da büyük hız kazanmıştır. Bor elementi bu alanda büyük önem kazanmıştır. Bor cevherlerinin rezervleri bakımından zengin olan ülkemizde bu alanda araştırma çalışmalarının yapılması da kaçınılmazdır. Yapmış olduğum bu çalışmanın bu alandaki çalışmalara katkıda bulunmasını ümit ediyorum.

Uleksitin hidroklorik asit çözeltisindeki çözünürlüğü adlı çalışmayı tez konusu olarak veren ve çalışmalarında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Yaşar GENEL'e, laboratuvar çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Prof. Dr. Mehmet TUNÇ hocama ve uzman Halil DURAK'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1.GİRİŞ	1
1.1.Bor	1
1.1.1.Bor Minerallerinin Tarihçesi	2
1.1.2.Dünya Bor Rezervleri Üretimi	3
1.1.3.Türkiye Bor Rezervi Ve Jeolojisi	4
1.1.3.1.Eskişehir- Kırka	4
1.1.3.2. Kütahya-Emet	4
1.1.3.3.Balıkesir-Bigadiç	5
1.1.3.4.Balıkesir-Susurluk	5
1.1.3.5.Bursa-Kestelek	5
1.1.4.Bor Mineralleri	6
1.1.4.1. Kolemanit ( $2CaO.3B_2O_3.5H_2O$ )	6
1.1.4.2. Uleksit ( $Na_2O.2CaO.5B_2O_3.16H_2O$ )	6
1.1.4.3. Boraks ( $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$ )	6
1.1.4.4. Probertit ( $NaCaB_5O_9.5H_2O$ )	6
1.1.4.5. Pandemit ( $4CaO.5B_2O_3.7H_2O$ )	7
1.1.4.6. Kernit( $Na_2O.2B_2O_3.4H_2O$ )	7
1.1.4.7. Hidroborasit ( $CaO.MgO.3B_2O_3.6H_2O$ )	7
1.1.5.Önemli bor bileşikleri	8
1.1.5.1. Boraks dekahidrat ( $Na_2O.2B_2O_3.10H_2O$ )	8
1.1.5.2.Borik Asit: ( $H_3BO_3$ )	8
1.1.5.3. Sodyum perborat: ( $NaBO_2.H_2O_2.3H_2O$ )	9
1.1.5.4. Boraks pentahidrat: ( $Na_2O.2B_2O_3.5H_2O$ )	9
1.1.5.5. Susuz boraks: ( $Na_2O.2B_2O_3$ )	9
1.1.5.6. Bor trioksit: ( $B_2O_3$ )	9

1.1.6. Bor Ürünlerinin kullanım alanları	10
1.1.6.1. Borosilikat camlarda kullanım	10
1.1.6.2. Yangın geciktirici ve izolasyon	10
1.1.6.3. Temizlik sektörü	10
1.1.6.4. Tarımsal sanayi	11
1.1.6.5. Nükleer uygulamalar	11
1.1.6.6. Süper iletkenlikte	12
1.1.6.7. Enerji Depolama	12
1.1.6.8. Seramik Sanayiinde Kullanımı	12
1.1.6.9. Metalürji Sanayii	13
1.1.6.10. Diğer Kullanım Alanları	13
1.2. Reaksiyon Kinetiği	14
1.2.1. Akışkan-katı reaksiyonları	14
1.2.2. İlerleyen dönüşüm modeli	15
1.2.3. Sabit boyutlu küresel tanecikler için reaksiyona girmemiş çekirdek modeli	15
1.2.4. Reaksiyona girmemiş çekirdek modeli	16
1.2.5. Homojen Reaksiyon Modeli	16
1.2.6. Büzülen tanecik modeli	17
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Materyallerin Temini	22
3.2. Çözünme İşlemlerinde Kullanılan Parametreler	24
3.3. Çözünme işlemlerinin yapıldığı düzenek	24
3.4. Çözünme işlemlerinin yapılışı	25
3.5. Reaksiyon süresi sonunda elde edilen çözeltilerin analizi	25
3.6. B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Tayini	25
4. BULGULAR	27
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	38
5.1. Çözünme Reaksiyonları	38
5.2. Parametrelerin Değerlendirilmesi	38
5.2.1. Hidroklorik asit konsantrasyonunun etkisi	38
5.2.2. Reaksiyon Sıcaklığının etkisi	39
5.2.3. Tane boyutunun etkisi	39
5.2.4. Katı/Sıvı Oranının etkisi	39



5.2.5. Karıştırma Hızının Etkisi	39
KAYNAKLAR	41
ÖZ GEÇMİŞ	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 1.1.</b> Dünya Bor Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı	3
<b>Çizelge 1.2.</b> Borik Asitin Çeşitli Sıcaklıklardaki Çözünürlüğü (Tolun, 1981).	9
<b>Çizelge 3.1.</b> Uleksit cevherinin kimyasal bileşimi	22
<b>Çizelge 3.2.</b> Çözünme işlemlerinde kullanılan parametreler ve değerleri	24
<b>Çizelge 4.1.</b> Elek numaraları ve ortalama tanecik çapları	27
<b>Çizelge 4.2.</b> Dönüşüm hızı Üzerine Asit Konsantrasyonunun Etkisi	28
<b>Çizelge 4.3.</b> Dönüşüm Hızı Üzerine Sıcaklığın Etkisi	30
<b>Çizelge 4.4.</b> Dönüşüm Hızı Üzerine Tane Boyutunun Etkisi	32
<b>Çizelge 4.5.</b> Dönüşüm Hızı Üzerine Katı/Sıvı Oranı Etkisi	34
<b>Çizelge 4.6.</b> Dönüşüm Hızı Üzerine Karıştırma Hızının Etkisi	36

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Çalışmalarda kullanılan uleksitin XRD grafiği	23
Şekil 3.2. Çalışmalarda kullanılan uleksitin SEM fotoğrafı	23
Şekil 3.3.Çözünme işlemlerinde kullanılan deney düzeneği	24
Şekil 4.1. Dönüşüm hızı üzerine asit konsantrasyonunun etkisi ( $X_{B_2O_3}$ 'e göre)	29
Şekil 4.2. Dönüşüm hızı üzerine reaksiyon sıcaklığının etkisi ( $X_{B_2O_3}$ 'e göre)	31
Şekil 4.3 Dönüşüm hızı üzerine tane boyutunun etkisi ( $X_{B_2O_3}$ 'e göre)	33
Şekil 4.4 Dönüşüm hızı üzerine katı/sıvı oranı etkisi ( $X_{B_2O_3}$ 'e göre)	35
Şekil 4.5. Dönüşüm hızı üzerine karıştırma hızının etkisi ( $X_{B_2O_3}$ 'e göre)	37

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece sıcaklığı
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
$r$	: Regresyon katsayısı
$A$	: Arrhenius sabiti
Meş.	: Elek çapı
$X_B$	: Dönüşüm kesri
$k$	: Hız sabiti
$E$	: Aktivasyon enerjisi
$R$	: Gaz sabiti

### Kısaltmalar

$s$	: Saniye
$g$	: Gram
$ml$	: Mililitre
$mm$	: Milimetre
$L$	: Litre
$M$	: Molar konsantrasyon

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Bor

Bor, kelime kökeni olarak Arapça buraq/baurach ve Farsçada burah kelimelerinden gelen bir elementtir. Periyodik sistemin üçüncü grubun başında bulunan ve atom numarası 5 olan bor elementi, kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopundan oluşur. Kimyasal sembolü (B) olup, periyodik cetvelin III A grubunun metal olmayan tek elementidir. Bor madeni ilk bakışta beyaz bir kaya şeklinde olup, çok sert ve ısıya dayanıklı, doğada serbest bir element olarak bulunmaz. Tuz bileşikleri şeklinde bulunmaktadır. Genellikle doğada tek başına değil, başka elementlerle bileşikler halinde bulunur. Tabiatla yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır.

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 ppm, deniz suyunda 0,5 –9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,001-1,5 ppm aralığındadır.

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği değişik özellikler, endüstride pek çok çeşit bor bileşiğinin kullanılmasına imkân sağlanmaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektriği iletir. Bor hidratlar silikon ve karbon bileşiklerine benzer özellikler gösterir. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzemektedir ve neredeyse elmas kadar serttir. Endüstriyel açıdan önemli bor bileşikleri arasında boraks (tinkal, sodyum kökenli bor bileşikleri), kolemanit (kalsiyum kökenli bor bileşikleri), uleksit (sodyum-kalsiyum kökenli bor bileşikleri); ana gruplanması altında kernit, probertit, szyabelit, datolit, sasolit, boraks dekahidrat, boraks pentahidrat, susuz boraks, borik asit, sodyum perborat, susuz borik asit, hidroborasit sayılabilir. Bor minerallerinin değeri genellikle içindeki  $B_2O_3$  (bor oksit)'un ile ölçülmekte, yüksek oranda  $B_2O_3$  bileşiğine sahip olanlar daha değerli kabul edilmektedir.

Bu mineraller arasında en önemlileri tinkal ve kolemanittir. Uleksit, kernit, probertit ve szyabelit de ticari açıdan önemlidir. Madencilik faaliyetleri sonucunda genellikle zenginleştirilmiş uleksit, tinkal, kolemanit, boraks veya borik asit gibi

mineraller elde edilir. Bor kullanılarak üretilen bor bileşiklerinin ise en önemlileri boraks pentahidrat, susuz boraks, boraks dekahidrat ve borik asittir.

Bor, yanıcı fakat tutuşma sıcaklığının yüksek olmasından dolayı, yanma sonucunda kolaylıkla aktarılabilecek katı ürün vermesi ve çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması gibi bir özelliğe sahip olduğundan katı yakıt hücresi olarak ta kullanılmaktadır. Bor mineralleri yapılarında bulunan Ca, Na ve Mg elementlerine göre sınıflandırılırlar. Na kökenli olanlara tinkal (boraks), Ca kökenli olanlara kolemanit ve Na-Ca kökenli olanlara uleksit denir

Bor mineralleri, yer altından çıkarıldıktan (tüvenan cevher) sonra kırma, eleme, yıkama ve öğütme işlemlerini müteakip, ilgili sanayilerin kullanımına hazır hale getirilmektedir.

### **1.1.1. Bor Minerallerinin Tarihçesi**

Günümüzden 4000 yıl öncesinde Tibet'te var olduğu bilinen bor, Babiller tarafından uzak doğudan getirterek altın üretiminde,. Mısırlılar tarafından mumyalamada, Romalılarda cam yapımında, eski Yunanlılar ve Romalılarca temizlikte, MS 875 yılında Arap doktorlar tarafından ilaç olarak kullanılmıştır. Sümerler döneminde altın ve gümüş işletmeciliğinde Romalılar ise kalsiyum-boratu antiseptik özelliğinden dolayı arenaların zeminine serpererek kullanmışlardır.

İlk Borik Asit Kimya öğretmeni William Homberg tarafından, ilk elementer bor da 1808 yılında Fransız kimyacı Gay-Lussac tarafından elde edilmiştir.

Modern bor endüstrisi, 13. yy' da Marco Polo tarafından Tibet' ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır. 1771 yılında, İtalya'nın Tuscani bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunduğu anlaşılmıştır. 1830 yılında İtalya'da borik asit üretimi başlamıştır. Aynı zaman diliminde 1852' de Şili' de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği başlamıştır. Daha sonra, Nevada, California, Caliko Moutain ve Kramer yöresindeki yatakların bulunarak işletilmeye alınmasıyla ABD dünya bor gereksinimini karşılayan birinci ülke haline gelmiştir.

Yurdumuzda ise ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizannamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine 20 senelik işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir. Başlangıçta yabancı şirketler tarafından işletilen bor

madenlerimiz, 1968 yılında yabancı şirketlerin imtiyazlarının devlete devredilmesi ile Etibank ve bir kısım küçük ölçekli yerli şirket tarafından işletilmeye başlanmıştır. 1978 yılında bor madenlerinin devletçe işletilmesi kararından itibaren de madencilik, yatırım, üretim ve pazarlama konusundaki tüm aktiviteler Etibank (bugünkü Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü) tarafından yerine getirilmektedir.

Rezerv çalışmaları halen Eti Maden/MTA işbirliği ile sürmektedir. Üretim kapasitemiz her geçen gün artmış ve dünya bor pazarında etkinliğimizin giderek artmasıyla 1970'li yıllarda % 16 olan Pazar payımız bugün % 37'lere ulaşarak ABD'nin de önüne geçmiştir.

### 1.1.2. Dünya Bor Rezervleri Üretimi

Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Dünyada en büyük bor rezervlerine sahip ülke Türkiye'dir.

**Çizelge 1.1.** Dünya Bor Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı

Ülke	Toplam Rezerv (Bin ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Toplam Rezerv (% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Türkiye	885.000	71.3
A.B.D.	80.000	6.5
Rusya	35.000	2.8
Çin	47.000	3.8
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Şili	41.000	3.3
Peru	22.000	1.8
Kazakistan	102.000	8.2
Sırbistan	-	-
İran	1.000	0.1
<b>Toplam</b>	<b>1.241.000</b>	<b>100</b>

### 1.1.3. Türkiye Bor Rezervi Ve Jeolojisi

Türkiye'deki bilinen başlıca borat yatakları Zonguldak-Mersin hattının batısında kalan bölgelerde yer almaktadır. Bu yatakların karasal ortamda (akarsu ve göl) depolanmış marn ve killerle, bazen kireçtaşları ile arak atlı olarak tortul serileri içinde olduğu ve yataklar için gerekli borun bölgede varlığı, izlenen volkanik faaliyetlerin çeşitli safhaları ile ilgili getirimli olduğu belirtilmektedir. Türkiye bor yataklarının jeolojisi Balıkesir, Bursa, Eskişehir, Kütahya illerinde yer alır. Bu yataklardan Eskişehir-Kırka bor yatağı bugüne kadar bilinen dünyanın en büyük yatağıdır.

#### 1.1.3.1. Eskişehir- Kırka

Ankara'nın 240 km batısında Eskişehir ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Yataklar Neojen tortuları arasında yer almaktadır. Miosen'de mevcut göl ortamlarına volkanik faaliyetler neticesinde fay zonlarından gelen hidrotermal çözeltilerin; ortamın fiziko- kimyasal koşulları altında çökerek boratları oluşturduğu sanılmaktadır. Boratlar kil, tuf ve marn ile ara katlı olup, kireçtaşı borat merceklerinin altında ve üstünde bulunur. Yatağın sondajlarla kesilen kalınlıkları 2-150 m arasında değişmekte olup, aritmetik ortalaması 70 metredir.

Yataktaki başlıca bor mineralleri tinkal, kolemanit ve uleksittir. Bu minerallere ilaveten yataкта tinkalkonit, tünelit ( $\text{SrB}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), kurnakovit, inyoit, meyerhofferit ve hidroborasit mineralleri de oluşmuştur. Boraks konsantrasyonunun en yüksek olduğu yer, yatağın merkezi olan Sarıkaya'dır. Boraks, 1mm-1cm iriliğinde sübhedral ve anhedral kristaller halindedir. Yatağın kenar kesimlerinde ana mineraller uleksittir ve genellikle lifli yapıdadır. Kolemanit, yatağın alt ve üst kısımlarında yumrular ve "geod"lar halinde bulunur.

#### 1.1.3.2. Kütahya-Emet

Tersiyer istif, Paleozoik yaşlı mermer, mikaşist, kalkışist ve kloritşist gibi metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelir. Bu istif alttan üste doğru: çakıl taşı ve kumtaşı; marn ve tuf mercekli alt kireçtaşı; ortaç ve asit volkanikler; tuf ve aglomeralar; kömür ve jips bantları içeren çakıl taşı, kumtaşı, kil taşı, marn ve kireçtaşından oluşan kırmızı birim; boratlı kil taşı, tuf, tüfit ve marn, kil taşı; marn ve çört mercekleri içeren



üst kireçtaşı; bazaltlar. Emet bölgesinde bor yataklarını içeren kil taşı, tuf, tüfit ve marnların içinde realgar ve orpiment ile temsil edilen arsenik mineralleri yatakların bazı düzeylerinde önemli yer kapsar ve hatta arsenik sıkça bor minerallerinin kristal yapısına da girmiştir. Arsenik bor jenetik olarak yakından ilişkili olup volkanik kökenden kaynaklanmışlardır

### **1.1.3.3. Balıkesir-Bigadiç**

Yataklar, Balıkesir ili Bigadiç ilçesinin kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bigadiç borat havzası, yaşlı tektonik bir gölün kapladığı alandır. Yataklarda; marn, borat, kil ve tuf ardışık dizilmişlerdir. Boratlar 1-3 m kalınlıkta tabakalar halinde killer arasında yer alır. Başlıca mineraller kolemanit ve uleksittir. Kolemanit yataklarındaki arsenik oranı çok düşüktür ki bu özellik cevherin önemini artırmaktadır.

### **1.1.3.4. Balıkesir-Susurluk**

Türkiye'nin bilinen en eski borat yataklarıdır. Sultançayırı'ndaki Neojen istif 250 metreyi bulan tatlı su tortullarını içerir. Bu istifin alt kesimindeki pandemit, kolemanit ve jips oluşukları, linyitli bir seviyenin üstüne gelen kireçtaşı, marn ve volkanik tüflerin içinde bulunurlar, istifin üst kesimini tuf, marn ve kireçtaşı ardalanması oluşturur.

### **1.1.3.5. Bursa-Kestelek**

Bursa ilinin Mustafa Kemal Paşa ilçesinin güneydoğusunda yer almaktadır. Tortuların kalınlığı yer yer volkaniklerle ve genç alüvyonlarla örtülmüştür. Boratlı katmanlar, kil-marn tuf serisi içinde oluşmuştur. Killerle ayrılmış üç boratlı katman vardır. Bu katmanlarda boratlar kolemanit yumruları biçimindedir. Yumruların büyüklükleri bir kaç cm'den 80-100 cm'ye kadar değişir. Başlıca bor minerali kolemanit olup, hidroborasit, probertit, meyerhafferit ve uleksit yan mineraller olarak görülür.

### 1.1.4. Bor Mineralleri

#### 1.1.4.1. Kolemanit ( $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Monoklinik kristal sistemine sahiptir. Sertliği 4.5, yoğunluğu  $2.42 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Kısa prizmatik kristaller veya masif agregatlar halinde bulunur. Renksiz, beyaz, sarımsı beyaz, gri renkte olabilirler. Isıtıldığında çatırdayarak dağılır. Özellikle cam yünü ve borik asit üretiminde kullanılır.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %50.8'dir. Bor bileşiklerinde en yaygın olanıdır.

#### 1.1.4.2. Uleksit ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ )

Uleksit yataklarında bulunan Na-Ca serisinin en önemli mineralidir. Triklirik yapıdadır. Sertliği 2.5, yoğunluğu  $1.955 \text{ g/cm}^3$ 'tür ve kırılmalı bir yapıdadır.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %43'tür. Uleksit, Emet yataklarında üç düzeyde ve her zaman masif ve karnıbahar gibi şekillerde bulunmaktadır. Kırka yatağında lifli, konik, gül şeklinde (rosette), "pamuk kozası" (cottonball) şeklinde gözlenmektedir.

Uleksit, Emet yataklarında genellikle kolemanit ve hidroborasit ile birlikte bulunmaktadır. Genellikle çok yumuşak görünümlüdür. Uleksitin en saf formu beyazdır, fakat kille bulunması nedeniyle büyük bir kısmı gri tondadır. Uleksit genellikle Kırka yatağındaki kil tabakalarında kurnakovit ve tunellit ile birlikte ve borat tabakalarında da boraks, kolemanit ve inyoit ile birlikte bulunmaktadır.

#### 1.1.4.3. Boraks ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Boraks Kırka yatağında en bol bulunan borat mineralidir. Boraks Türkiye'de yalnızca Kırka yatağında gözlenmiştir. Monoklinik yapıdadır. Sertliği 2,5 yoğunluğu  $1.715 \text{ g/cm}^3$ 'tür.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %36'dır. Saf boraks renksiz ve saydamdır, ancak ince taneli ve kil ile ara katmanlaşmış olduğu bazı yerlerde, boraks açık pembe, sarımsı turuncu ve gri renklerde. Boraks, genellikle 1-10 mm boyutlarındaki biçimli ve biçimsiz kristaller halinde bulunmaktadır.

#### 1.1.4.4. Probertit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde

bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir.  $B_2O_3$  içeriği %49.6'dır. Kestelek yataklarında uleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur.

#### **1.1.4.5. Pandermit ( $4CaO.5B_2O_3.7H_2O$ )**

Pandermit, Sultan çayı ve Bigadiç yataklarında bulunmaktadır. Bulunduğu yerin ismi verilmiştir. Beyaz renkte ve yekpare olarak görünmektedir. Bazen de kireçtaşına benzemektedir. Pandermit ayrışınca kolemanit ve kalsite dönüşmektedir, genellikle kolemanit, jips ve kalsit ile birlikte bulunmaktadır.

#### **1.1.4.6. Kernit ( $Na_2O.2B_2O_3.4H_2O$ )**

Kernit'in Kırka yatağında bulunmaktadır. Kırka'da sodyum borat gövdesinin daha derin kısımlarında gelişmiştir. Kernit renksiz ve saydam, bazen bir zon veya boraks tarafından çevrilmiş olan beyaz uzunlamasına bireysel iğne şeklindeki kristaller halinde bulunmaktadır. Bireysel kristaller 10 cm'ye kadar değişen çeşitli uzunluktadır. Atmosferde dehidrasyon ile kernit kristalleri üzerinde çok ince taneli tabakalar halinde tinkalkonite dönüşmektedir. Çok kırılın olup, renksiz ve saydamdır.

#### **1.1.4.7. Hidroborasit( $CaO.MgO.3B_2O_3.6H_2O$ )**

Hidroborasit büyük yatakların hepsinde bulunmaktadır. Bu mineral içlerinde 0.5-5 cm boyundaki, bir merkezden yapılan iğne şeklindeki kristallerin rastgele yönelmiş olduğu kümeler oluşturmaktadır.  $B_2O_3$  oranı %50.5'tir. Hidroborasitin bir merkezden yayılan iğne şeklindeki kristalleri birbirini keserler ve bunların grupları konik görünüm arz ederler. Bu mineral genellikle beyaz olup bazen Emet yataklarındaki realgarın ve orpimentin bulunması nedeniyle sarımsı renkte görünmektedir. Hidroborasit; kolemanit, uleksit ve tunellit ile birlikte bulunmaktadır. Monoklinik yapıda olup, sertliği 2-3 arasındadır.

### 1.1.5. Önemli bor bileşikleri

#### 1.1.5.1. Boraks dekahidrat ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{B}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Boraks, genel olarak doğada Tinkal ( $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{B}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) ve Tinkalkonit( $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) şeklinde bulunmaktadır. Türkiye’de boraks üretimi Tinkal’den yapılmaktadır. Yaklaşık 10 mm. Boyutundaki konsantretinkal su ile birlikte reaktöre beslenir ve yaklaşık  $100^\circ\text{C}$ ’de çözme sağlanır. Tinkalde bulunan kil kolloidal halde olduğundan, uygun bir çöktürücü ile çöktürülerek çözeltilerden ayrılır. Bu çökelek şlam olarak adlandırılmaktadır. Boraks çözeltisi ise bir filtrepreden geçirilerek, kristalizatöre verilir.  $40^\circ\text{C}$ ’de kristallendirilen boraks, bir santrifüje verilerek %5 nem ihtiva edecek şekilde alınır. Daha sonra  $60^\circ\text{C}$ ’de kurutularak depolanır.

#### 1.1.5.2. Borik Asit: ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )

Doğada ılıçalarda bulunur. Beyaz ve parlak olan yaprakçıklar şeklinde kristallenir. Sıcak suda çözünürlüğü daha fazladır ve su buharı ile sürüklenebilir. Özgül ağırlığı  $1.44 \text{ g/cm}^3$  dür. Borik asit yavaş yavaş ısıtıldığı zaman suyunu kaybederek metaborik aside dönüşür. Metaborik asidin 3 ayrı kristal modifikasyonu vardır.

Ortorombik metaborik asit	( $\text{HBO}_2$ -III, ergime noktası: $176^\circ\text{C}$ )
Monoklinik metaborik asit	( $\text{HBO}_2$ -II, ergime noktası: $200.9^\circ\text{C}$ )
Kübik metaborik asit	( $\text{HBO}_2$ -I, ergime noktası: $236^\circ\text{C}$ )

Borik asidin birinci iyonlaşma sabiti değerinin  $25^\circ\text{C}$ ’de  $5.84 \times 10^{-10}$  olduğu ve bu değer sıcaklıkla doğru orantılı olarak çok az değiştiği bilinmektedir. İkinci ve üçüncü iyonlaşma sabiti değerleri çok küçük olduğundan, pratik amaçlar için sulu çözeltilerde mono bazik asit olarak kabul edilir.

Lityum, baryum, stronsiyum ve özellikle kalsiyum tuzlarının ortamda bulunmasıyla asidin görünür iyonlaşma sabitinin büyük ölçüde arttığı bilinmektedir.

Borik asit’in oda sıcaklığında sudaki çözünürlüğü de önemli derecede artmaktadır. Bu nedenle, sanayide borik asiti kristallendirmek için genellikle, çözeltiyi

80°C'ye soğutmak yeterli görünmektedir (Tolun, 1981).

**Çizelge 1.2.** Borik Asitin Çeşitli Sıcaklıklardaki Çözünürlüğü (Tolun, 1981).

Sıcaklık (°C)	g H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> /100gH <sub>2</sub> O
0	2.78
20	4.80
40	8.92
60	14.95
80	23.60
100	38.10

#### 1.1.5.3. Sodyum perborat: (NaBO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O)

Boraks çözeltisi, NaOH çözeltisi ile bir reaktörde indirekt su buharı ile ısıtılarak karıştırılıp, sodyum metaborat çözeltisi elde edilir. Bu çözelti filtrelerde süzildükten sonra, ters hava akımı ile soğutulup tanklara depolanır. Buradan sürekli olarak %70'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beslenen kristalizatöre gönderilir. Reaksiyon gereği oluşan sodyum perborat (NaBO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O) kristalizatörün dibine çöker. Kristaller, bir santrifüjde ana çözeltiden ayrılır. Kazınmış olan nemli kristaller, bir akışkan yatak kurutucuya gönderilerek kurutulur. Ürün aktif olarak %10.3 oksijen içerir.

#### 1.1.5.4. Boraks pentahidrat: (Na<sub>2</sub>O.2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O)

Tinkal konsantresi suda çözündükten sonra kristalizasyon aşamasında sıcaklığın 60-65°C'de tutulmasıyla boraks pentahidrat kristalleri elde edilir.

#### 1.1.5.5. Susuz boraks: (Na<sub>2</sub>O.2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Ham boraks dekahidratın ve boraks pentahidratın elek üstü ile elek altının kalsinasyonu sonrada eritme fırınında eritilmesidir. Soğutulan bu ürün öğütülerek paketlenir.

#### 1.1.5.6. Bor trioksit: (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Borik asit'in suyunun giderilmesi ile üretilir

## **1.1.6. Bor Ürünlerinin kullanım alanları**

### **1.1.6.1. Borosilikat camlarda kullanım**

Camin ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk erimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor; yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korur. Cam tipine bağlı olarak; cam eriğinin % 0,5 ile % 0,23'ü bor oksitten oluşmaktadır. Örneğin Pyrex'de % 13,5 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vardır. Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilmektedir.

### **1.1.6.2. Yangın geciktirici ve izolasyon**

Borik asit, boraks ve pentahidrat gibi bor bileşikleri, yangın geciktirici etkileri gibi önemli özellikleri nedeniyle, düşük maliyetli selülozik yalıtım malzemesi yapımında kullanılmaktadır. İnce şeritler halinde kesilmiş ve tavan arasına yada duvarlara sıkıştırılmış olan gazete kağıdı işlem görmeden kullanıldığında zamanla sıkışma nedeniyle bir süre sonra etkisini yitirmektedir. Oysa selülozdan yapılmış bu malzeme bir borat solüsyonu örneğin borik asit ile işlem gördüğünde ve kullanılmadan kurutulduğunda bu sorun önemli ölçüde ortadan kalkmaktadır. Malzeme yangına karşı dayanıklılık, bakterilere karşı zehirleyici ayrıca farelerin ve böceklerin iştahlarını kapatıcı bir nitelik kazanmaktadır.

### **1.1.6.3. Temizlik sektörü**

Dezenfektan sıvılar, sabun, deterjanlar(çamaşır ve bulaşık) üretiminde Rafine bor ürünleri (boraks dekahidrat, sodyum perborat) sahip oldukları mikrop öldürücü, yumuşatıcı, beyazlatıcı ve enzim stabilize özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Çamaşır deterjanlarında sodyum perborat adlı bor bileşiği aktif bir oksijen kaynağı olduğundan etkili bir ağartıcıdır. Bu nedenle çamaşır beyazlatıcısı olarak da bilinir. Ayrıca boraks kimi aşındırıcılarla birlikte aşındırıcı özelliğe sahip toz halindeki temizlik maddelerinde, sabunlarda ve pek çok başka temizlik maddesinde kullanılır.

#### 1.1.6.4. Tarımsal sanayi

Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek maksadıyla biyolojik gelişim ve kontrol kimyasallarında kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı), kaba yoncalar, alfaalfalar, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidratdan mamul karışık bir gübre kullanılmaktadır. Ayrıca, suda eriyebilen sodyum pentaborat veya disodyumoktaborattan mahsulün üzerine püskürtülmek suretiyle faydalanılmaktadır. Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte yabancı otların yok edilmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır. Toprağın üst tabakalarındaki borun çoğunluğu çürümüş bitki dokularından kaynaklanmaktadır. Bor, bitkilerde şekerin hormon faaliyeti üzerindeki etkisini, fotosentez miktarını, köklerin büyümesini ve havadan emilen karbon dioksit miktarını artırır. Bor'un bir diğer işlevi hücre büyümesi ve yapısı olup, bor eksikliği hücre duvarlarını inceltici etki yapmaktadır. Ancak, borun çok yüksek konsantrasyonda bulunması toksik etki de yapabilmektedir.

#### 1.1.6.5. Nükleer uygulamalar

Atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbürler ve titanbor alaşımları kullanılır. Bor elementini tek kılan bir başka özelliği ise, küçük bir atoma sahip oluşuna bağlı olarak, nötron emme gücünün yüksekliğidir. Nükleer santrallerde, radyoaktif maddenin bölünmesi ısının açığa çıkmasına, alfa ve beta parçacıkları, gama ışınları ve nötronların oluşmasına yol açar. Nötronlara karşı kalkan görevi görececek malzemeler arasında en etkili olanları bor özellikle Bor 10 izotopu, hidrojen, lityum, polietilen ve sudur. Ancak bunların çoğu ikincil gama ışınlarının oluşmasına neden olurken nötron emme özelliğiyle bor çok hafif bir gama ışını ve kolay emilebilen bir alfa ışını üretmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir. Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında (B10) bor kullanılır. Ayrıca nükleer atıklar Bor madeninden (kolemanit) üretilen cam ambalajlar içine alınıp cam kütükler haline getirilerek depolanır.

#### **1.1.6.6. Süper iletkenlikte**

Japon bilim adamlarınca, 2001 yılı Şubat ayında, magnezyum diboridin geleceğin süper iletkeni olabileceği keşfedilmiştir. Süper iletkenlik, sıcaklığın belli bir noktanın altına düşürülmesiyle (kritik sıcaklığın altına) her türlü elektriksel direncin kaybolması durumudur. Süper iletkenliğin genellikle  $-273^{\circ}\text{C}$  olan mutlak sıfır noktasına yakın sıcaklıkta gerçekleşmesi ve bu derece düşük bir sıcaklığı gerçekleştirmenin pahalı oluşu, çok daha yüksek kritik sıcaklığa sahip olan magnezyum diboridi ucuz ve verimli bir alternatif haline getirmektedir. Süper iletkenler, çok yüksek akım yoğunluklarını hiçbir enerji kaybına neden olmadan taşıyabildikleri için santrallerden şehirlere verimli enerji iletimi, güçlü mıknatıs isteyen uygulamalar (magnetikrezonans, maglev trenleri vs.), büyük miktarlarda enerjinin manyetik alan depolanması ya da mikro elektronikte istenmeyen ısının önlenmesi gibi birçok uygulama alanına sahiptir. Magnezyumdiboridin bir süper iletken malzemesi olarak kullanılmasındaki tek sorun, oldukça kırılgan yapıda bir ametalik bileşik olmasıdır. Çünkü süper iletkenler kablo biçiminde üretilmektedirler. Bu nedenle süper iletken boritlerden dayanıklı kablo üretimi için çalışmalar devam etmektedir.

#### **1.1.6.7. Enerji Depolama**

Termal depolama pillerindeki, sodyum sülfat ve su ile yaklaşık %3 ağırlıktaki boraks dekahidratın kimyasal karışımı gündüz güneş enerjisini depolayıp gece ısınma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, binalarda tavan malzemesine konulduğu takdirde güneş ışınlarını emerek, evlerin ısınmasını sağlayabilmektedir. Enerji konusunda yapılan araştırmalar Bor ve rafine bor ürünlerinden enerji alanında geniş bir kullanım alanı yaratacak aşamadır

#### **1.1.6.8. Seramik Sanayiinde Kullanımı**

Emayelerin akışkanlığını ve doyunlaşma ısısını azaltan bor oksit % 20'ye kadar kullanılabilir. Özellikle emayeye katılan hammaddelerin % 17-32'si borik oksit olup, sulu boraks tercih edilir. Bazı hallerde bor oksit veya susuz boraks da kullanılır. Metalle kaplanan emaye onun paslanmasını önler ve görünüşüne güzellik katar. Çelik, alüminyum, bakır, altın ve gümüş emaye ile kaplanabilir. Emaye Asit'ekarşı



dayanıklılığı arttırır. Mutfak aletlerinin çoğu emaye kaplamalıdır. Banyolar, kimya sanayi teçhizatı, su tankları, silahlar v.b. de kaplanır.

#### **1.1.6.9. Metalürji Sanayii**

Boratlar yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle demir dışı metal sanayinde koruyucu bir cüruf oluşturuvcu ve ergitmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayinde, elektrolit elde edilmesinde sarf edilmektedir. Borik asit nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler ise; kalay kursun, bakir, nikel gibi demir dışı metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır. Alaşimlarda, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobör oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 PPM bor ilavesi çeliğin sertleştirilebilme niteliğini geliştirmektedir.

#### **1.1.6.10. Diğer Kullanım Alanları**

##### **Cam Elyafı**

Hafifliği, fiyatının düşüklüğü, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı nedeniyle plastiklerde, sınaî elyaf v.b. de, lastik ve kağıtta yer edinmiş olan cam elyaf, kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmaktadır. Böylece sertleşmiş plastikler otomotiv, uçak sanayilerinde, çelik ve diğer metalleri ikame etmeye başlamıştır. Ayrıca spor malzemelerinde de (kayaklar, tenis raketleri v.b.) kullanılmaktadır.

##### **İnşaat-Çimento Sektöründe**

Mukavemet artırıcı ve izolasyon amaçlı (Daha sağlam, hafif ve depreme-ısıya dayanıklı binaların yapılmasında, yalıtımda).

##### **Ahşap Koruma**

Bakteri ve çürümeye karşı koruyucu ve alev geciktirici olarak kullanılmaktadır.

##### **Otomobil Hava Yastıkları, Antifriz**

Bor hava yastıklarının hemen şişmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Çarpma anında, elementel bor ile potasyum nitrat toz karışımı elektronik sensör ile

harekete geçirilir. Sistemin harekete geçirilmesi ve hava yastıklarının harekete geçirilmesi için geçen toplam zaman 40 milisaniyedir. Ayrıca otomobillerde antifriz olarak ve hidrolik sistemlerde de kullanılmaktadır.

### **Sağlık**

BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle; beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek imha edilmesine yaraması ve sağlıklı hücrelere zararının minimum düzeyde olması nedeniyle tercih nedeni olabilmektedir. Metabolizmadaki bor, kalsiyum, magnezyum ve fosfor dengesini ayarlar. Sağlıklı kemiklerin oluşumuna, kasların ve beyin fonksiyonlarının gelişimine yardım eder.

### **Füze / Uçuş Yakıtları**

Bor kimyasalları özellikle füze yakıtı olarak kullanılmaktadır. Sodyum tetraborat, özel uygulamalarda yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadırlar.

Fiber Optik, Kozmetik, Kauçuk ve Plastik Sanayi, Fotoğrafçılık, Patlayıcı Maddeler (havai fişek vb.), Antifrizler, hidrolik yağlar, Petrol Boyaları, yanmayan ve erimeyen boyalar, tekstil boyaları, Zımpara ve aşındırıcılar, Kompozit malzemeler, Manyetik cihazlar, İleri Teknoloji Araştırmaları (moleküler biyoloji vb.) Mumyalama.

Bunların dışında son zamanlarda araç yakıtı olarak borlu hidrojen bileşiklerinin kullanılabilirliği konusunda ciddi çalışmalar yapılmakta ve sonucunun olumlu olduğu bilinmektedir.

## **1.2. Reaksiyon Kinetiği**

### **1.2.1. Akışkan-katı reaksiyonları**

Bu tür reaksiyonlarda akışkan bir gaz veya sıvı, bir katı ile temasa gelir, onunla reaksiyona girerek ürünlere dönüşür. Bu şekildeki reaksiyonlar aşağıda gösterildiği gibi açıklanabilir:



Katı parçacıkların büyüklüğü, 2. ve 3. reaksiyonlar tarafından katı bir ürün oluşturdukları ya da kabuk teşkil etmeyen bir kül olarak kalan büyük miktarda safsızlık içerdikleri zaman, reaksiyon esnasında değişmeden kalır. Parçacıkların büyüklüğü, 1. reaksiyonda saf B kullanıldığında ya da kabuk teşkil eden bir ürün oluştuğunda reaksiyon esnasında büzülür.

Akışkan-katı reaksiyonları, çok çeşitlidirler ve büyük bir endüstriyel öneme sahiptirler. Katı maddenin reaksiyon esnasında boyutça önemli bir değişimin olmadığı birkaç reaksiyon örneğini şu şekilde verebiliriz.

- a) Metal sülfürlerin metal oksitler vermek üzere oksitlenmesi,
- b) İndirgen atmosferde indirgenme ile oksitlerinden metallerin elde edilmesi,
- c) Kalsiyum karbürün kalsiyum siyanatanitrojenasyonu,
- d) Koruyucu bir yüzey oluşturmak üzere metallerin kaplanması.

### **1.2.2. İlerleyen dönüşüm modeli**

Bu modelde gaz reaktantın taneciğın içine girdiği ve tanecikle tamamen reaksiyon verdiği, çoğunluklarda parçacığın farklı noktalarında ve farklı hızlarda olduğu düşünülebilir. Böylece reaksiyona giren katı partikülün içinde sürekli bir dönüşüme uğrar.

### **1.2.3. Sabit boyutlu küresel tanecikler için reaksiyona girmemiş çekirdek modeli**

Bu modele göre akışkan ile katı tanecik arasındaki reaksiyonun 5 kademedeki gerçekleştiği kabul edilmektedir.

1. Akışkan reaktantın, akışkan ana kütlelerinden kül filminin yüzeyine gelinceye kadar akışkan filminden difüzyonu.
2. Kül filmi yüzeyine gelen akışkanın, reaksiyona girmemiş çekirdek yüzeyine gelebilmesi için kül filminden difüzyonu.
3. Çekirdek yüzeyine gelen akışkanın, bu reaksiyon yüzeyinde katı ile reaksiyona girmesi.
4. Reaksiyon yüzeyinde meydana gelen gaz veya sıvı ürünlerin, kül filminden geçerek akışkan filmine difüzyonu.

5. Akışkan filmine gelen bu ürünlerin akışkan kütlelerine geri dönebilmesi için akışkan filminden akışkan ana kütlelerine difüzyonu.

Bu kademelerin hepsi her zaman sistemlerde bulunmaz. Örneğin, şayet gaz ürünleri oluşmaz veya reaksiyon tersinmez ise 4. ve 5. basamaklar reaksiyon direncine doğrudan katkıda bulunmazlar. Bu kademelerin her biri reaksiyonun hızı üzerinde bir direnç etkisini göstermekte ve bu dirençler, bir basamaktan diğerine genellikle büyük miktarda farklılıklar göstermektedirler. Böyle hallerde en yüksek direnci gösteren kademe, hızı kontrol edici kademe olur. Genel olarak, gerek boyutu sabit kalan tanecikler için gerekse küçülen tanecikler için reaksiyon hızının sadece bir dirençle kontrol edildiği kabul edilir.

Bu modelde üç tip kontrol mümkündür.

1. Akışkan filminden difüzyon kontrolü: Eğer akışkan filmi direnci kontrol ederse, bu basamak reaksiyon hızını kontrol eder.
2. Kül filminden difüzyon kontrolü: Eğer kül filmi direnci kontrol ederse, bu basamak reaksiyon hızını kontrol eder.
3. Kimyasal reaksiyon kontrolü: Eğer akışkan, doğrudan taneciğin reaksiyon yüzeyi ile temas ederse, bu basamak reaksiyon hızını kontrol eder.

#### **1.2.4. Reaksiyona girmemiş çekirdek modeli**

Bu modele göre reaksiyon, önce çekirdeğin dış yüzeyinde meydana gelir. Daha sonra reaksiyon, katının içine doğru hareket eder ve devam ettiği sürece, daima taneciğin merkezi istikametinde henüz reaksiyona girmemiş bir çekirdeğin kaldığı kabul edilir.

Kısmen reaksiyona girmiş olan katı taneciklerin ara kesitini incelerken, reaksiyona girmemiş olan katı maddenin bir kül tabakası ile çevrildiği görülür. Bu modelde tanecik boyutu, değişmeden kalabilmekte ya da zamanla küçülebilmektedir.

#### **1.2.5. Homojen Reaksiyon Modeli**

Akışkan ve katı arasında homojen bir reaksiyonun olduğu durumlarda, akışkan taneciğin içine kolayca nüfuz eder ve homojen bir reaksiyon meydana gelir ve bu

reaksiyonun hızı kontrol ettiği düşünülür. Homojen reaksiyonlar için kullanılan hız denklemleri ile reaksiyon hızı bulunabilir.

### 1.2.6. Büzülen tanecik modeli

Saf karbon oksijen ile yanma reaksiyonu verdikçe kül tabakası oluşmadığı için reaksiyona giren partiküller büzülecek ve sonuçta kaybolacaktır. Bu tür sistemlerde reaksiyon üç aşamada gerçekleşir;

1. adım; reaksiyona giren akışkanın, akışkan filmi vasıtasıyla katı partikülün yüzeyine difüzyonu
2. adım; reaksiyona giren akışkan ve katının yüzeyde reaksiyonu
3. adım; akışkan ürünün, katının yüzeyinden akışkan filmine geçerek ana kütesine difüzyonu.

Kül tabakası olmadığından herhangi bir direnç söz konusu değildir.

Üç adımın direnci reaksiyon hızını kontrol edebilir ve hız denkleminin kimyasal reaksiyon kontrollü veya gaz filminden difüzyon kontrollü olduğu görülür.

**Kimyasal reaksiyon kontrollü:** Bu reaksiyonlarda sabit boyutlu taneciklerde kullanılan hız ifadeleri geçerlidir.

**Gaz filminden difüzyon kontrollü:** Bu reaksiyonlarda, partikül yüzeyindeki film direnci, akışkan ve partikül arasındaki bağıl hız, partikül büyüklüğü, akışkan özellikleri gibi faktörlere bağlıdır.

## 2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Bor minerallerinin hidroklorik asit (Zdanovskii ve Imamutdinova,1963), sülfürik asit ve nitrik asit (Imamutdinova ve Bikchurova, 1967) çözeltilerindeki çözünürlükleri incelenmiştir. Bu çalışmalarda minerallerden oluşan ürünlerin yüzeyinde meydana gelen film tabakasının reaksiyon hızını etkilediği ve bu etki seviyesinin her bir asit ortamında farklı olduğu bulunmuştur.

Sulu  $SO_2$  ve  $CO_2$  çözeltilerinde uleksitin çözünürlüğü üzerine yapılan çalışmalarda, çözünme işleminin  $CO_2$  durumunda difüzyon kontrollü olduğu (Kocakerim ve ark. 1993) hâlbuki  $SO_2$  çözeltilerinde ise kimyasal reaksiyon kontrollü olduğu bulunmuştur (Alkan ve Kocakerim, 1987).  $H_2SO_4$  çözeltilerinde uleksitin çözünürlüğünün,  $CaSO_4$  ve/veya  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ve  $H_3BO_3$  ürün tabakası boyunca  $H_3O^+$  iyonlarının difüzyonuyla kontrol edildiği rapor edilmiştir. (Tunç ve ark, 2001).

HCl çözeltisinde uleksitin çözünürlüğü üzerine yapılan çalışmada çözünmenin difüzyon kontrollü olduğu ve kütlece %1'lik asit çözeltisi üzerindeki konsantrasyonlarda, uleksit kristalleri üzerinde oluşan katı bir  $H_3BO_3$  film tabakasının, mineralin çözünme hızını sınırladığı bulunmuştur (Zdanovskii ve Imamutdinova,1963).

$CO_2$  ile doymuş sularda kolemanit minerallerinin çözünürlüğü incelenmiş ve çalışmalarda söz konusu minerallerin optimum çözünme şartları belirlenmiştir (Gülensoy ve Kocakerim, 1977).

Başka bir çalışmada perklorik asit çözeltisinde uleksitin çözünürlüğü incelenmiş ve çözünürlüğünün  $HNO_3$  çözeltilerinde daha hızlı olduğu tespit edilmiştir (Imamutdinova ve Vladykina, 1969).

$CO_2$  ile doymuş amonyak çözeltisinde uleksitin çözünürlüğü incelenmiş ve çözünme kinetiğinin homojen yalancı birinci mertebeye hız modeliyle ifade edilebileceği bulunmuştur (Künkül, 1991).

EDTA çözeltisinde uleksitin çözünme kinetiği incelenmiş ve çözünme hızının değişen akışkan faz konsantrasyonu ile reaksiyona girmeyen büzülen tanecik modeline göre ifade edilebileceği belirtilmiştir (Alkan ve ark, 2000).

Başka bir çalışmada CO<sub>2</sub> ile doymun suda inyoit ve indesit bor minerallerinin çözünürlüğü incelenmiş olup, her iki mineral içinde çözünürlüğün kimyasal kontrollü olduğu bulunmuştur (Alkan ve ark, 1991).

Temur ve ark. (2000) kolemanitin fosforik asit çözeltilerinde çözünme kinetiğini incelemiştir. Çalışmada katı/sıvı oranı ve partikül boyutundaki azalma ve sıcaklığın artırılması ile çözünme oranının arttığı, fakat karıştırma hızının etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Okur ve ark. (2002), Kolemanitin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltilerinde çözünmesine ultrason etkilerini incelemişler ve oluşan kalsiyum sülfat hidratin kolemanit partikülleri üzerinde bir difüzyon tabakası oluşturduğu ve çözünme hızını düşürdüğünü vurgulamışlardır. Bu çalışmalarında Avrami modelini kinetik verileri açıklamakta kullanmışlardır.

Yeşilyurt ve ark. (2002), kolemanitin fosforik asitle reaksiyonunda optimum çözünme parametrelerini; 70 °C reaksiyon sıcaklığı, % 20 asit konsantrasyonu, 1/12 katı/sıvı oranı ve 10 dk. reaksiyon süresi olarak bulmuşlar ve bu şartlarda kolemanitin % 99,67 sinin çözüldüğünü tespit etmişlerdir.

Gürbüz ve ark. (1998), kolemanitin saf su ve borik asit çözeltilerindeki çözünürlüğünü incelemiş, kolemanitin 90°C saf suda 1,7g/1 lt oranında çözüldüğünü bulmuşlardır.

Bor minerallerinden, zayıf asitle borik asit üretimine yönelik bir çalışmada Abalı ve ark. (2003), uleksitin asetik asit çözeltilerinde çözünmesini incelemişler, uleksitin % 5 asit konsantrasyonu, -710+500mikron tanecik boyutu, 60 dk. reaksiyon süresi, 50 °C sıcaklık, 6/100 g/ml katı/sıvı oranında optimum çözünürlüğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Abalı ve Arga (2006), kolemanitin asetik asit çözeltilerinde çözünme optimizasyonu çalışmalarında maksimum (%99,45) çözünmenin sağlandığı proses için sıcaklığı 80 °C, katı/sıvı oranını 1/100 g/ml, asit konsantrasyonunu %17, karıştırma hızını 200devir/dk. ve reaksiyon süresini 10 dk. olarak bulmuşlardır.

Kuşlu ve ark. (2005), kolemanitin sitrik asit çözeltilerinde çözünme kinetiğini inceledikleri çalışmalarında. Çözünme oranının sıcaklıkla arttığını tespit etmişler ve maksimum sıcaklığı 80 °C olarak belirlemişlerdir.

Abalı ve ark. tinkalinokzalik asit (2006) ve fosforik asit (2007) çözeltilerinde çözünme kinetiğini incelemişler, çözünmenin sıcaklıkla arttığını bulmuşlardır. Maksimum çalışma sıcaklığını ise 50°C olarak belirlemişlerdir.

Ediz ve ark. (2002), tinkal cevheri ve atıklarının doğrudan zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalarında deneyde kullandıkları çözme suyunun sıcaklığının arttıkça çözmenin arttığını bulmuşlardır. Özellikle 70 °C de çözünmenin çok yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu sıcaklıklarda karşılaşılan bazı problemlerden dolayı daha yüksek sıcaklıklarda çalışamadıklarını belirtmişlerdir.

Tinkalin çözünürlüğünü arttırmada kullanılan diğer bir yöntemde cevher zenginleştirmede kullanılan kalsinasyon yöntemidir. Bu yöntemle tinkal cevheri içerisinde bulunan su ve bir kısım safsızlıklar uzaklaştırılarak birim miktardaki B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> artırılmaktadır.

Gedikbey ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada tinkal ve konsantretinkalden 350–400 °C ‘de kristal sularının tamamının uzaklaştığını gözlemlemişlerdir. Bu ürünün suda ve asit çözeltilerinde kalsinasyon sıcaklıklarına göre 350 °C ‘ye kadarki ürünlerin çözünürlüklerinin arttığını bu sıcaklıktan itibaren 550 °C’ye kadar olan ürünlerin çözünürlüklerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Tekin (2004), kalsineuleksitin amonyum klorür çözeltilerinde çözünürlüştürülmesi kinetiği çalışmasında, çözünme hızının reaksiyon sıcaklığı ile arttığını ve 140 °C’dekalsine edilen örneğin en yüksek çözünme hızına sahip olduğunu bulmuştur.

Kayandan ve ark. (2004), Düşük Tenörlü Kolemanit Cevherinin Kalsinasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi çalışmalarında, 430°C sıcaklık ve 75 dk. süre sonunda %28,78 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>tenörü ve %85,81 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kurtarma verimi ile kalsine konsantre üretimi yapmışlardır.

Gülensoy ve ark. (1977), yaptıkları çalışmada orijinal ve kalsine edilmiş kolemanit cevherinin CO<sub>2</sub> ile doyurulmuş sulardaki çözünürlüğünü incelemişler ve kalsine edilmiş cevherin çözünürlüğünün arttığını tespit etmişlerdir.

Tüm bu bilgiler ışığında uleksit cevherinin çözünmesi için hidroklorik asit çözeltisi seçilmiş; asit derişimi için 0.75, 1.00, 1.25, 1.5, 2.00 M, sıcaklık için 30, 40,



50, 60, 70°C, tane boyutu için -14+18, -18+30, -30+40, -40+50, -50+60 mesh, katı/sıvı için 5/100, 7.5/100, 10/100 (g/ml), karıştırma hızı için 500, 650 ve 800 devir/dk. parametreleri belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

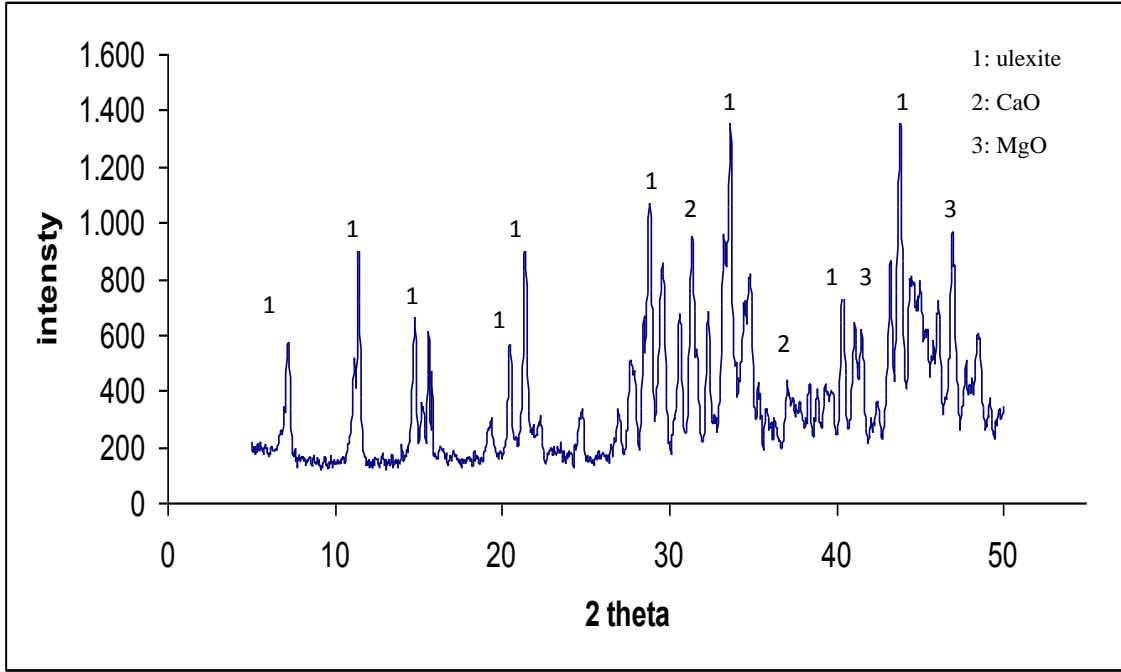
#### 3.1. Materyallerin Temini

Deneysel çalışmalarda kullanılacak uleksit cevheri Eti Maden Genel Müdürlüğü Eskişehir Kırka ocaklarından temin edildi. Temin edilen uleksit görünür safsızlıklardan temizlendikten sonra cevher öğütme makinesinde öğütüldü daha sonra öğütülen bu cevher ASTM standart elekleri kullanılarak aşağıdaki tane boyutları elde edildi:

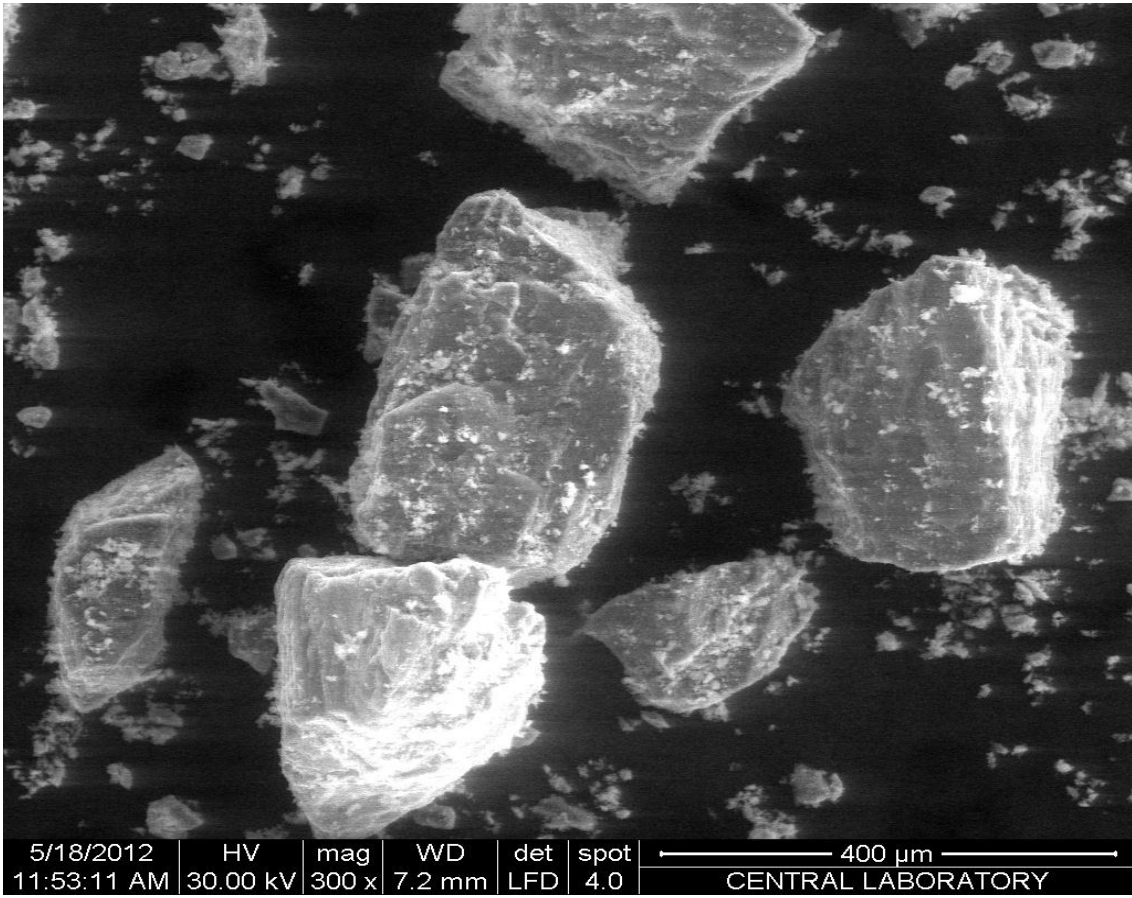
-14+18,-18+30,-30+40,-40+50,-50+60 meş. Numunenin kimyasal analizi Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kullanılan cevherin XRD analiz sonucunda cevherde var olan maddeler Şekil 3.1'de görülmektedir. Ayrıca çalışmalarda kullanılan uleksit cevherinin SEM fotoğrafı aşağıda (Şekil 3.2)görülmektedir.

**Çizelge 3.1.**Uleksit cevherinin kimyasal bileşimi

Bileşen	% Bileşimi
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42.83
Na <sub>2</sub> O	6.38
CaO	14.22
MgO	4.58
<b>H<sub>2</sub>O</b>	29.67
<b>Diğer</b>	2.32



Şekil 3.1. Çalışmalarda kullanılan uleksitin XRD grafiği



Şekil 3.2. Çalışmalarda kullanılan uleksitin SEM fotoğrafı

### 3.2. Çözünme İşlemlerinde Kullanılan Parametreler

Çözünme işlemlerinde kullanılan parametreler ve değerleri Çizelge 3.2’de görülmektedir. Bu parametreler 0,5-30 dk. arasında değişen reaksiyon sürelerinde yapılan denemelerle incelenmiştir.

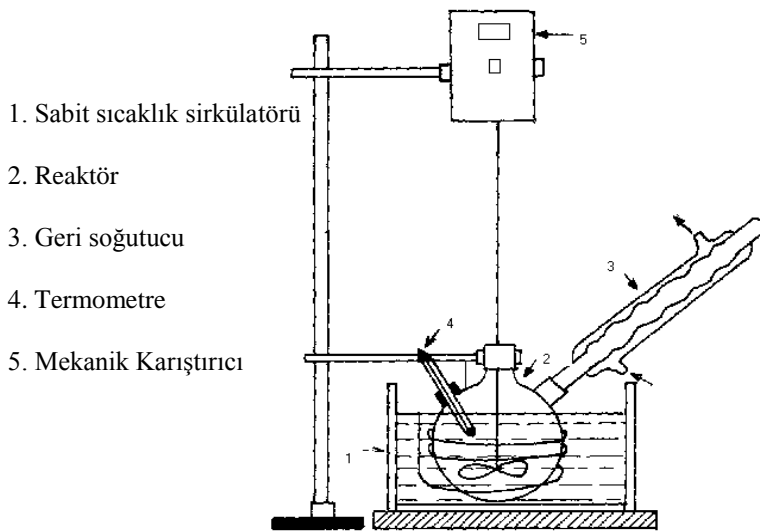
**Çizelge 3.2.**Çözünme işlemlerinde kullanılan parametreler ve değerleri

Parametreler	Değerleri
Asit Konsantrasyonu (M)	0,75*, 1, 1.25, 1,5, 2
Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	30*, 40, 50, 60, 70
Tanecik Boyutu (meş)	-14+18*, -8+50, -30+40, -40+50, -50+60
Katı/Sıvı Oranı (g/ml)	5/100, 4,5/100, 10/100*
Karıştırma Hızı (Devir/dk.)	500*, 650, 800

\* Diğer parametreler kullanıldığı zaman sabit tutulan değerlerdir.

### 3.3. Çözünme işlemlerinin yapıldığı düzenek

Çözünme işlemleri atmosfer basıncında ve 250 ml’lik dibi yuvarlak bir balonda yapılmıştır. Karıştırma işlemlerinde mekanik karıştırıcı kullanılmış ve deneylerin yapıldığı ortamın reaksiyon sıcaklığının sabit tutulması gerektiği için sabit sıcaklık sirkülatörü kullanılmıştır. Kullanılan deney düzeneği Şekil 3.3 deki gibidir.



**Şekil 3.3.** Çözünme işlemlerinde kullanılan deney düzeneği

### 3.4. Çözünme işlemlerinin yapılışı

Deneylerde kullanılan cam reaktör kabına, belirlenmiş olan konsantrasyon değerlerinde 100 ml HCL çözeltisi eklenmiştir. Reaksiyon kabının termal dengeye ulaşması ile belirlenen oranlarda katı uleksit hidroklorik asit çözeltisine eklenmiş ve istenen süre boyunca karıştırma işlemi yapılmıştır. Süre bitimi ile karıştırma işlemi durdurulup reaksiyon kabı muhtevastından bir miktar alınarak G4 cam kroze ile vakum altında kısa bir süre içerisinde süzme işlemi yapılmıştır.

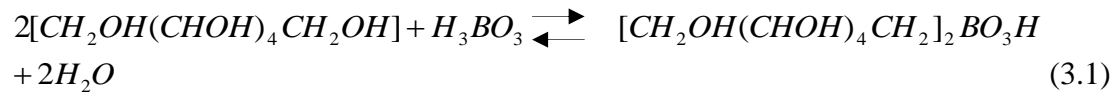
### 3.5. Reaksiyon süresi sonunda elde edilen çözeltilerin analizi

Süzme işlemi bitiminde süzüntüden bir miktar alınıp belirli bir hacme kadar seyreltilmiştir. Seyreltilen çözeltilerden belli oranda alınıp  $B_2O_3$  tayini yapılmıştır. Mineralden çözeltilere geçen  $B_2O_3$  miktarı dönüşüm oranlarının hesaplamalarında kullanılmıştır.

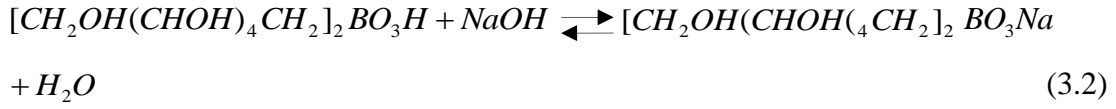
### 3.6. $B_2O_3$ Tayini

Boratlar asit çözeltilerinde çözündüklerinde, boratın yapısındaki  $B_2O_3$  çözelti ortamında ortoborik asit adı verilen  $H_3BO_3$  halinde bulunmaktadır. Borik asit sulu çözeltilerinde zayıf asidik özellik gösterdiğinden, bir baz çözeltisi ile doğrudan titrasyon yapılamamaktadır. Bu nedenle titrasyon işleminden önce çözelti ortamına nötral bir polialkol olan mannitol çözeltiye ilave edilerek borik asit tek değerlikli kuvvetli bir asit haline getirilir.

Ortama mannitol ilave edildiğinde borik asit ile aşağıdaki reaksiyonu verir.



(3.1) reaksiyonunda görüldüğü gibi borik asit kuvvetli bir asit halini almıştır. Artık borik asit, kuvvetli bir baz olan NaOH ile doğrudan titrasyon yapılabilir. Titrasyon reaksiyonu (3.2) deki gibidir.



Borik asit tayini için belirli miktarda çözelti alınıp çözeltinin pH' ı pH-metre kullanılarak 8.20'ye ayarlanmış ve mannitol ilave edilmiş, daha sonra pH tekrar 8.20 oluncaya kadar NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Dönüşüm miktarı, reaksiyon sonunda çözeltiye geçen  $H_3BO_3$  miktarından  $B_2O_3$  miktarına geçilerek bulunmuştur. Borik asit, volumetrik olarak potansiyometrik bir yöntemle tayin edilmiştir. Eşdeğer gram sayılarının eşitliğinden mineralin  $B_2O_3$ 'e göre dönüşüm kesri aşağıdaki formülden hesaplandı.

$$X_{B_2O_3} = \frac{\text{Çözeltiye geçen } B_2O_3 \text{ miktarı}}{\text{Numunedeki toplam } B_2O_3 \text{ miktarı}}$$

#### 4. BULGULAR

Uleksit cevherinin hidroklorik asit çözeltisindeki çözünürlüğü üzerine hidroklorik asit konsantrasyonunun, reaksiyon sıcaklığının, tane boyutunun, katı/sıvı oranının ve karıştırma hızının etkileri incelenmiştir. Denemelerde tane boyutu -14+18 meş, reaksiyon sıcaklığı 30°C, hidroklorik asit konsantrasyonu 0.75M, katı/sıvı oranı 10/100 g/ml, karıştırma hızı 500 devir/dk. değerleri, parametrelere bağlı olarak sabit tutulmuştur.

**Çizelge 4.1.** Elek numaraları ve ortalama tanecik çapları

Tane Boyutu (meş)	Tane Boyutu ( $\mu\text{m}$ )	Ortalama Tanecik Çapı ( $\mu\text{m}$ )
-14+18	-1500+1000	1250
-18+30	-1000+600	800
-30+40	-600+425	512.25
-40+50	-425+300	362.50
-50+60	-300+250	275

#### 4.1. Hidroklorik Asit Konsantrasyonunun Değiştirilmesi

Hidroklorik asit konsantrasyonunun dönüşüm hızı üzerine etkisi 0.75, 1.00, 1.25, 1.5, 2.00 M konsantrasyon değerlerinde incelenmiştir. Denemelerde; Uleksit örneğinin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış, reaksiyon sıcaklığı 30°C, katı/sıvı oranı 10/100 g/ml, karıştırma hızı 500 devir/dk. da sabit tutulmuştur.

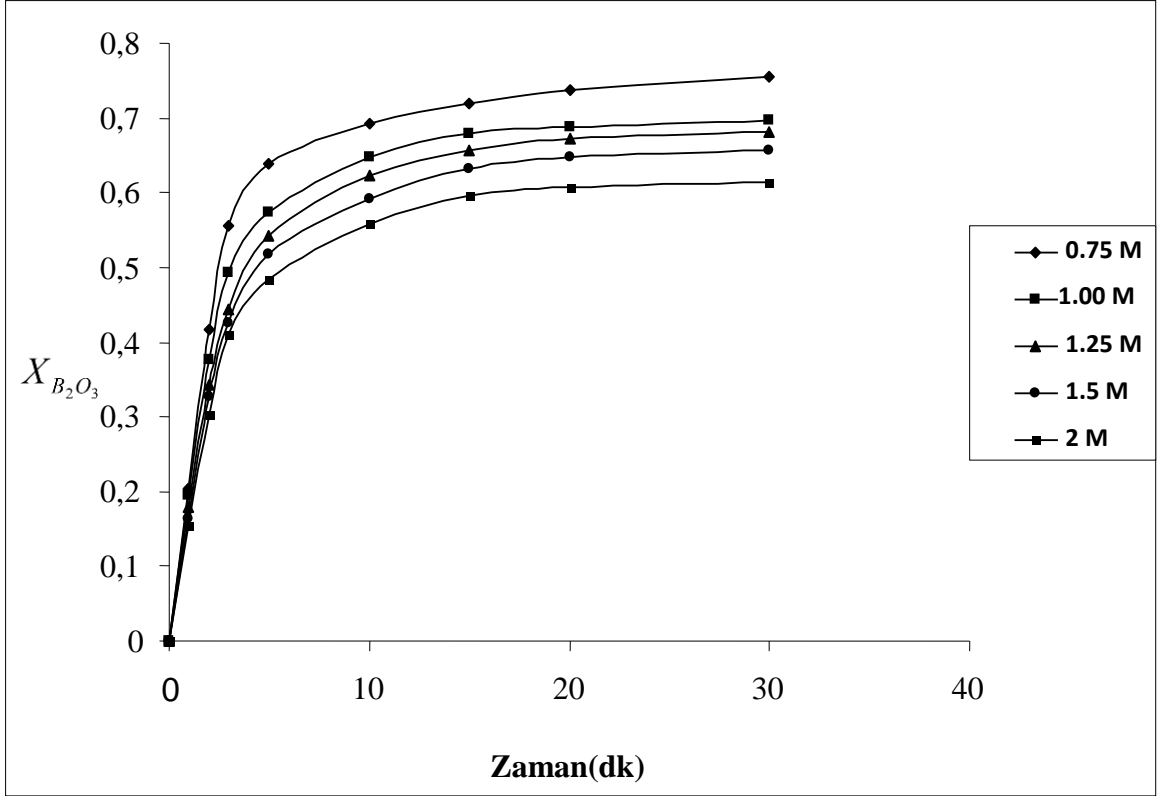
Deneylerden elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.2 de verilmiş olup, bu değerler Şekil 4.1 de grafik edilmiştir.

Çizelge ve grafiklerden görüldüğü gibi, hidroklorik asit konsantrasyonunun değiştirilmesi dönüşüm hızı üzerine etki yapmaktadır. Hidroklorik asit konsantrasyonu arttıkça dönüşüm hızı da azalmaktadır.

**Çizelge 4.2.** Dönüşüm hızı Üzerine Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Dönüşüm hızı üzerine Asit konsantrasyonunun etkisi						
Tane boyutu: -14+18 mesh			Reaksiyon sıc. : 30°C			
Karıştırma hızı: 500 devir/dk.			Katı/sıvı oranı : 10/100 g/ml			
Asit Konsantrasyonu (M)	Zaman (dk.)	Harcanan NaOH (ml)	Tartılan Uleksit (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Dönüşüm Kesri ( $X_{B_2O_3}$ )
0,75 M	1	0,25	10,0010	0,8760	8,7590	0,2040
	2	0,51	10,0014	1,7876	17,873	0,4173
	3	0,68	10,0571	2,3908	23,772	0,5550
	5	0,78	10,0155	2,7424	27,3811	0,6392
	10	0,85	10,0667	2,9885	29,6866	0,6931
	15	0,88	10,0578	3,0939	30,7616	0,7182
	20	0,9	10,0180	3,1643	31,5857	0,7374
	30	0,92	10,0108	3,2346	32,3108	0,7543
1 M	1	0,24	10,0021	0,8410	8,4080	0,1960
	2	0,46	10,0007	1,6173	16,1717	0,3775
	3	0,6	10,0107	2,1095	21,0725	0,4920
	5	0,7	10,0085	2,4611	24,5900	0,5741
	10	0,79	10,0005	2,7775	27,7737	0,6484
	15	0,83	10,0090	2,9182	29,1552	0,6807
	20	0,84	10,0091	2,9533	29,5062	0,6889
	30	0,85	10,0080	2,9880	29,856	0,6970
1,25 M	1	0,22	10,0060	0,7710	7,7050	0,1798
	2	0,42	10,0027	1,4720	14,716	0,3435
	3	0,54	10,0041	1,8986	18,9777	0,4430
	5	0,66	10,0045	2,3200	23,20	0,5416
	10	0,76	10,0022	2,6720	26,7145	0,6237
	15	0,8	10,0028	2,8126	28,120	0,6565
	20	0,82	10,0023	2,8830	28,820	0,6730
	30	0,83	10,0056	2,9182	29,170	0,6810
1,5 M	1	0,2	10,0018	0,7010	7	0,1630
	2	0,4	10,0038	1,4020	14,014	0,3270
	3	0,52	10,0079	1,8280	18,265	0,4260
	5	0,63	10,0085	2,2130	22,1310	0,5167
	10	0,72	10,0078	2,5314	25,2943	0,5905
	15	0,77	10,0001	2,7072	27,070	0,6320
	20	0,79	10,0077	2,7775	27,753	0,6480
	30	0,8	10,0057	2,8127	28,110	0,6563
2 M	1	0,19	10,0039	0,6659	6,6560	0,1554
	2	0,37	10,0051	1,2969	12,9623	0,3026
	3	0,5	10,0109	1,7580	17,560	0,4100
	5	0,59	10,0239	2,0743	20,6940	0,4831
	10	0,68	10,0121	2,3908	23,8788	0,5575
	15	0,73	10,0353	2,5666	25,5753	0,5971
	20	0,74	10,0086	2,6017	25,9948	0,6069
	30	0,75	10,0245	2,6303	26,3035	0,6141





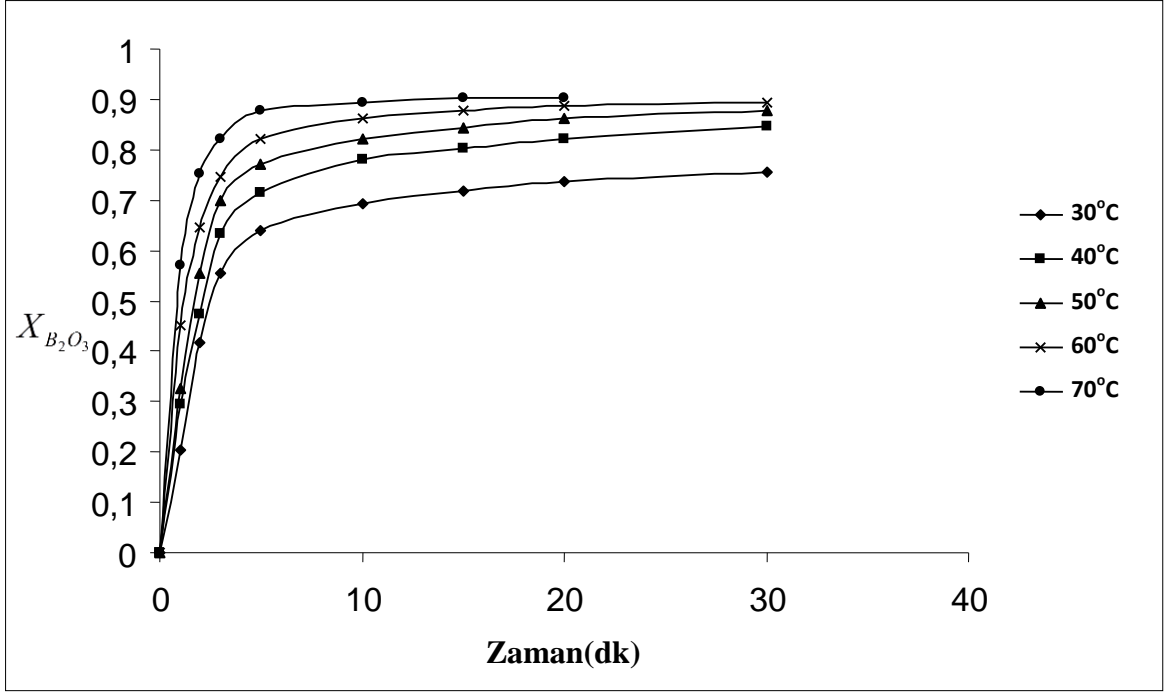
Şekil 4.1. Dönüşüm hızı üzerine asit konsantrasyonunun etkisi

#### 4.2. Reaksiyon Sıcaklığının Değiştirilmesi

Reaksiyon sıcaklığının etkisi; 30, 40, 50, 60, 70°C de deneyler yapılarak incelenmiştir. Bu denemelerde, cevher örneğinin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış ve karıştırma hızı 500 devir/dk. da, asit konsantrasyonu 0.75 M da katı/sıvı oranı 10/100 g/ml de sabit tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 de verilmiş olup bu sonuçlar, Şekil 4.2 de grafik edilmiştir. Çizelge ve grafiklerden görüldüğü gibi reaksiyon sıcaklığı arttıkça dönüşüm hızı da artmaktadır.

**Çizelge 4.3.** Dönüşüm Hızı Üzerine Sıcaklığın Etkisi

Dönüşüm hızı üzerine Sıcaklığın etkisi						
Tane boyutu: -14+18 mesh			Reaksiyon sic. : 30°C,40°C,50°C,60°C,70°C			
Karıştırma hızı: 500 devir/dk			Katı/sıvı oranı : 10/100 g/ml			
Asit konsantrasyonu: 0,75 M						
Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Harcanan NaOH (ml)	Tartılan Uleksit (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Dönüşüm Kesri (X <sub>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> )
30°C	1	0,25	10,001	0,8760	8,759	0,2040
	2	0,51	10,0014	1,7876	17,873	0,4173
	3	0,68	10,0571	2,3908	23,7720	0,5550
	5	0,78	10,0155	2,7424	27,3811	0,6392
	10	0,85	10,0667	2,9885	29,6866	0,6931
	15	0,88	10,0578	3,0939	30,7616	0,7182
	20	0,9	10,018	3,1643	31,5857	0,7374
	30	0,92	10,0108	3,2346	32,3109	0,7543
40°C	1	0,36	10,0012	1,2610	12,608	0,2940
	2	0,58	10,0052	2,0330	20,3191	0,4744
	3	0,77	10,0059	2,7072	27,0560	0,6317
	5	0,87	10,0009	3,0588	30,5850	0,7141
	10	0,95	10,0043	3,3401	33,3861	0,7795
	15	0,98	10,0094	3,4455	34,4229	0,8037
	20	1	10,0058	3,5158	35,1380	0,8204
	30	1,03	10,0034	3,6213	36,2008	0,8452
50°C	1	0,4	10,0027	1,4020	14,01	0,3270
	2	0,68	10,0022	2,3830	23,82	0,5560
	3	0,85	10,002	2,9884	29,878	0,6976
	5	0,94	10,004	3,3049	33,0357	0,7713
	10	1	10,0052	3,5158	35,1401	0,8204
	15	1,03	10,0082	3,6213	36,1835	0,8448
	20	1,05	10,0058	3,6916	36,8949	0,8614
	30	1,07	10,0044	3,7620	37,603	0,8780
60°C	1	0,55	10,004	1,9337	19,3294	0,4513
	2	0,79	10,005	2,7775	27,7612	0,6481
	3	0,91	10,0026	3,1994	31,9858	0,7468
	5	1	10,0055	3,5158	35,1391	0,8204
	10	1,05	10,0056	3,6916	36,8957	0,8614
	15	1,07	10,002	3,7620	37,6120	0,8781
	20	1,08	10,0008	3,7970	37,967	0,8864
	30	1,09	10,0047	3,8323	38,305	0,8943
70°C	1	0,7	10,0063	2,4536	24,5203	0,5725
	2	0,92	10,0086	3,2247	32,2193	0,7522
	3	1	10,0021	3,5158	35,1510	0,8207
	5	1,07	10,0059	3,7620	37,5973	0,8778
	10	1,09	10,0051	3,8323	38,3031	0,8943
	15	1,1	10,0066	3,8674	38,648	0,9024
	20	1,1	10,0012	3,8674	38,67	0,9030



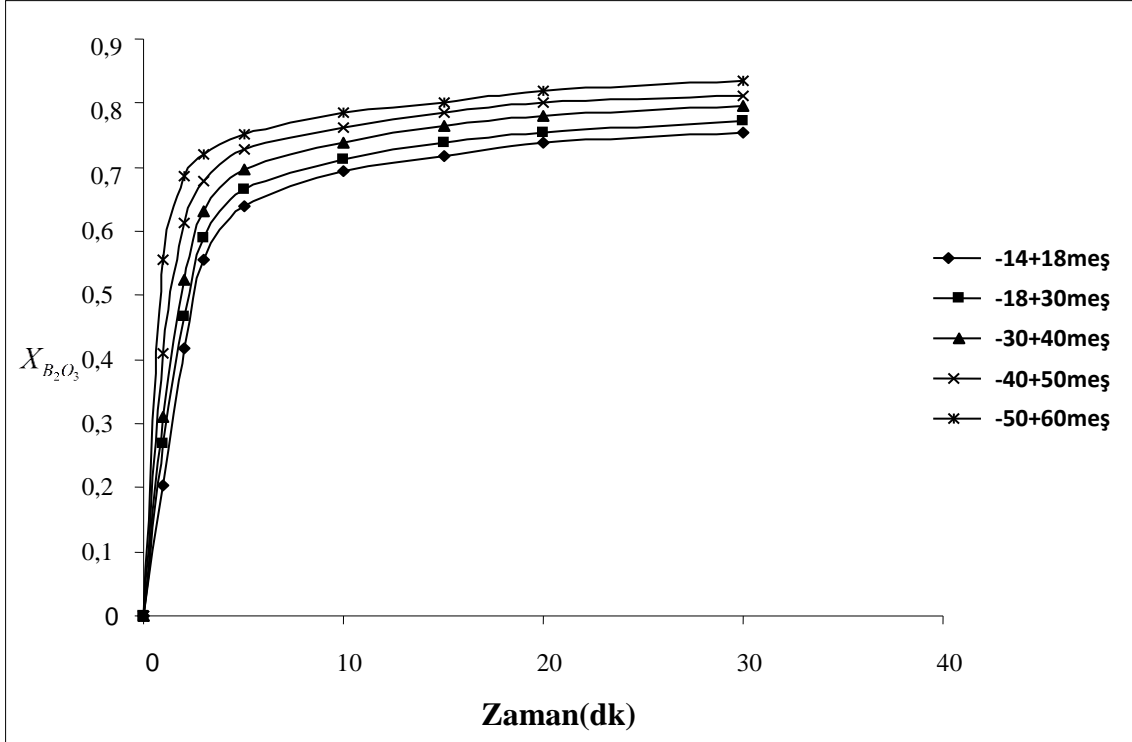
Şekil 4.2. Dönüşüm hızı üzerine reaksiyon sıcaklığının etkisi

### 4.3. Tane Boyutunun Değiştirilmesi

Uleksitin dönüşüm hızı üzerine tane boyutunun etkisi, orijinal örnekler kullanılarak -14+18, -18+30, -30+40, -40+50 ve -50+60 meş'lik fraksiyonlar ile incelenmiştir. Denemelerde reaksiyon sıcaklığı 30°C, hidroklorik asit konsantrasyonu 0,75 M, katı/sıvı oranı 10/100 g/ml, karıştırma hızı 500 devir/dk. olarak sabit tutulmuştur. Deneme sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiş olup bu sonuçlar, Şekil 4.3'de grafik edilmiştir. Grafiklerden görüldüğü gibi, tane boyutu küçüldükçe çözünme hızı artmaktadır.

**Çizelge 4.4.** Dönüşüm Hızı Üzerine Tane Boyutunun Etkisi

Dönüşüm hızı üzerine Tane boyutunun etkisi						
Tane boyutu: -14+18,-18+30,-30+40,-40+50,-50+60 mesh				Reaksiyon sıc. : 30°C		
Karıştırma hızı: 500 devir/dk				Katı/sıvı oranı : 10/100 g/ml		
Asit konsantrasyonu: 0,75 M						
Tane Boyutu (mesh)	Zaman (dk)	Harcanan NaOH (ml)	Tartılan Uleksit (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Dönüşüm Kesri (X <sub>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> )
-14+18	1	0,25	10,001	0,8760	8,759	0,2040
	2	0,51	10,0014	1,7876	17,873	0,4173
	3	0,68	10,0571	2,3908	23,7720	0,5550
	5	0,78	10,0155	2,7424	27,3811	0,6392
	10	0,85	10,0667	2,9885	29,6866	0,6931
	15	0,88	10,0578	3,0939	30,7616	0,7182
	20	0,9	10,018	3,1643	31,5857	0,7374
30	0,92	10,0108	3,2346	32,3108	0,7543	
-18+30	1	0,33	10,0028	1,1560	11,556	0,2690
	2	0,57	10,0019	1,9979	19,9753	0,4663
	3	0,72	10,0031	2,5314	25,3062	0,5908
	5	0,81	10,0008	2,8478	28,4760	0,6648
	10	0,87	10,005	3,0588	30,5725	0,7138
	15	0,9	10,0012	3,1643	31,6388	0,7387
	20	0,92	10,0076	3,2346	32,3212	0,7546
30	0,94	10,0048	3,3049	33,0330	0,7712	
-30+40	1	0,38	10,0045	1,3319	13,313	0,3100
	2	0,64	10,0076	2,2433	22,4157	0,5233
	3	0,77	10,0056	2,7070	27,054	0,6316
	5	0,85	10,0092	2,9885	29,8572	0,6971
	10	0,9	10,001	3,1640	31,637	0,7380
	15	0,93	10,002	3,2697	32,6908	0,7632
	20	0,95	10,0008	3,3400	33,397	0,7797
30	0,97	10,0078	3,4100	34,073	0,7955	
-40+50	1	0,5	10,0045	1,7520	17,512	0,4088
	2	0,75	10,0077	2,6288	26,2681	0,6133
	3	0,83	10,0018	2,9093	29,0872	0,6791
	5	0,89	10,0061	3,1196	31,1765	0,7279
	10	0,93	10,0047	3,2598	32,5823	0,7607
	15	0,96	10,0026	3,3649	33,6404	0,7854
	20	0,98	10,007	3,4350	34,3261	0,8014
30	0,99	10,0055	3,4700	34,681	0,810	
-50+60	1	0,68	10,0055	2,3834	23,8217	0,5561
	2	0,84	10,0073	2,9443	29,4215	0,6869
	3	0,88	10,0017	3,0845	30,8398	0,7200
	5	0,92	10,0097	3,2247	32,2158	0,7521
	10	0,96	10,0046	3,3649	33,6336	0,7852
	15	0,98	10,0031	3,4350	34,3395	0,8017
	20	1	10,0013	3,5050	35,045	0,8180
30	1,02	10,0044	3,5750	35,734	0,8340	



Şekil 4.3 Dönüşüm hızı üzerine tane boyutunun etkisi

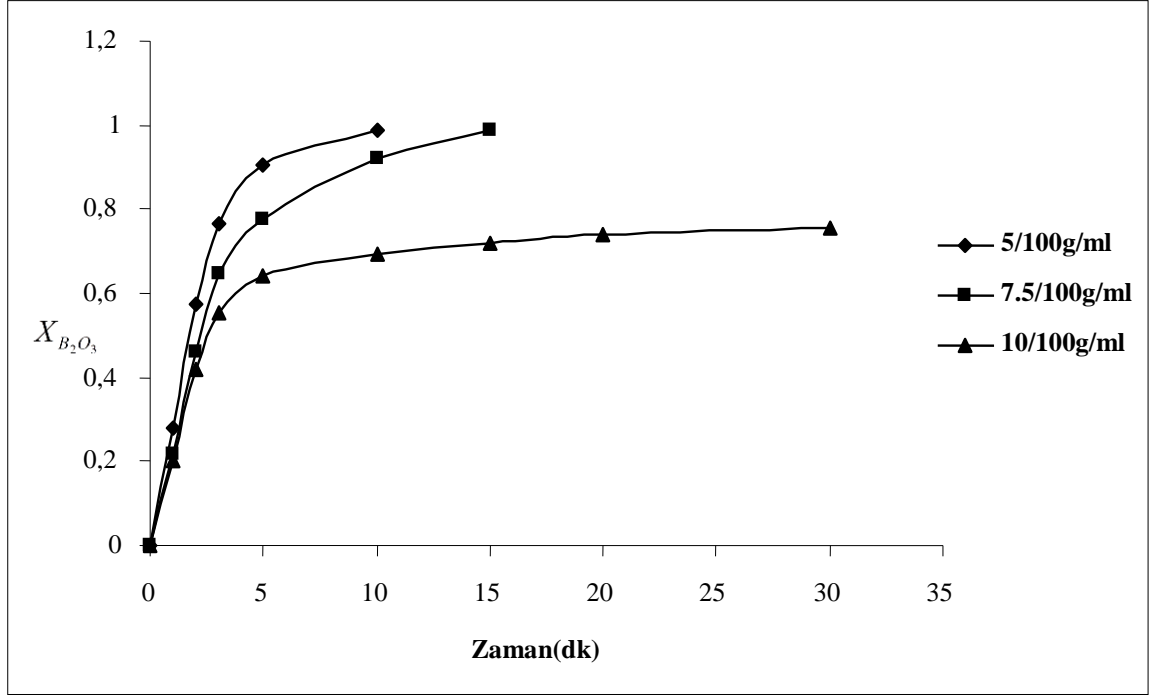
#### 4.4. Katı/Sıvı Oranının Değiştirilmesi

Dönüşüm hızı üzerine katı/sıvı oranının etkisi 5/100, 7.5/100, 10/100 (g/ml) katı/sıvı oranlarında incelenmiştir. Denemelerde; cevherin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış, reaksiyon sıcaklığı 30°C, hidroklorik asit konsantrasyonu 0.75M, karıştırma hızı 500 devir/dk. değerlerinde sabit tutulmuştur.

Yapılan deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiş olup, bu değerler Şekil 4.4' grafik edilmiştir. Çizelge ve grafiklerden görüldüğü gibi katı/sıvı oranı küçüldükçe dönüşüm hızı da artmaktadır.

**Çizelge 4.5.** Dönüşüm Hızı Üzerine Katı/Sıvı Oranı Etkisi

Dönüşüm hızı üzerine katı/sıvı oranı etkisi						
		Tane boyutu: -14+18 mesh		Reaksiyon sic. : 30 <sup>0</sup> C		
		Karıştırma hızı: 500 devir/dk		Katı/sıvı oranı : 5/100, 7.5/100, 10/100 g/ml		
		Asit konsantrasyonu: 0,75 M				
Katı/ sıvı oranı	Zaman (dk)	Harcanan NaOH (ml)	Tartılan Uleksit (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Dönüşüm Kesri ( $X_{B_2O_3}$ )
5/100 g/ml	1	0,17	5,0046	0,5958	11,9	0,2778
	2	0,35	5,0025	1,2260	24,5	0,5720
	3	0,47	5,0008	1,6474	32,9428	0,7691
	5	0,55	5,0048	1,9278	38,5193	0,8993
	10	0,61	5,003	2,1381	42,7368	0,9978
	15					
	20					
	30					
7,5/100 g/ml	1	0,2	7,5071	0,7010	9,33814	0,2180
	2	0,43	7,5073	1,5072	20,0764	0,4687
	3	0,59	7,5012	2,0680	27,5692	0,6436
	5	0,71	7,5016	2,4886	33,1747	0,7745
	10	0,85	7,5007	2,9794	39,7209	0,9274
	15	0,91	7,5007	3,1897	42,5248	0,9928
	20					
	30					
10/100 g/ml	1	0,25	10,001	0,8760	8,759	0,2040
	2	0,51	10,0014	0,1788	17,873	0,4173
	3	0,68	10,0571	2,3908	23,7720	0,5550
	5	0,78	10,0155	2,7424	27,3811	0,6392
	10	0,85	10,0667	2,9885	29,6866	0,6931
	15	0,88	10,0578	3,0939	30,7616	0,7182
	20	0,9	10,018	3,1643	31,5857	0,7374
	30	0,92	10,0108	3,2346	32,3108	0,7543



Şekil 4.4. Dönüşüm hızı üzerine katı/sıvı oranı etkisi

#### 4.5. Karıştırma Hızının Değiştirilmesi

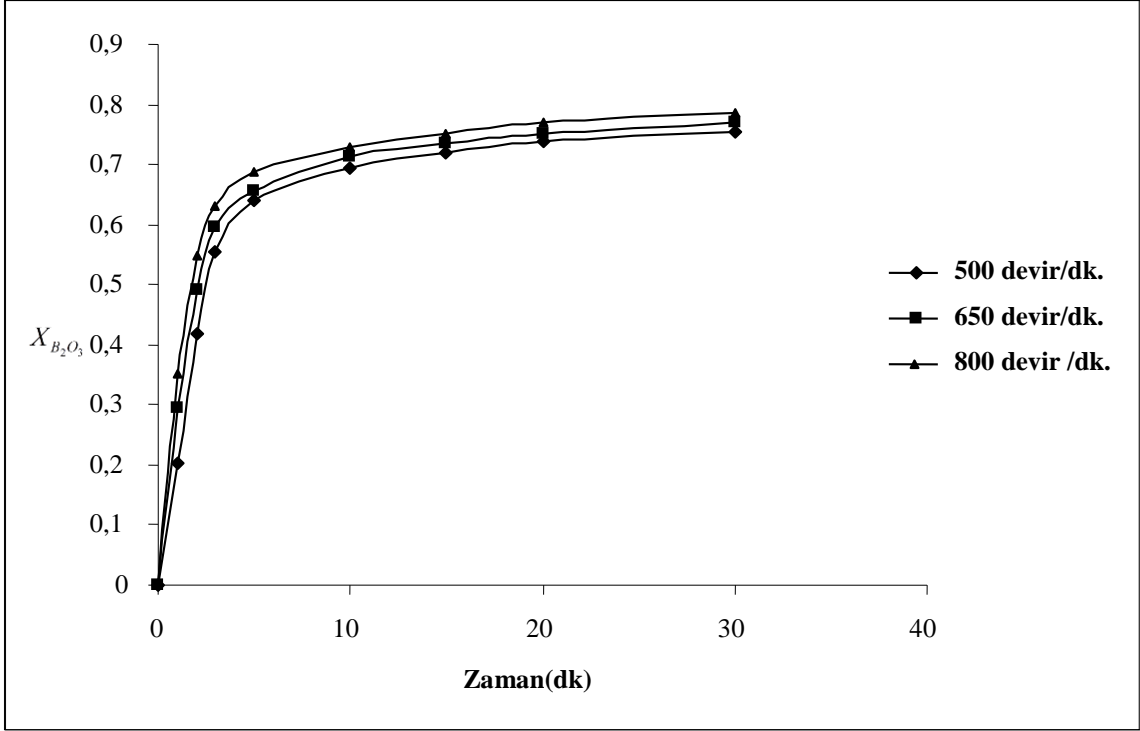
Karıştırma hızının dönüşüm hızı üzerine etkisi 500, 650 ve 800 devir/dk. karıştırma hızlarında incelenmiştir. Denemelerde tane boyutu -14+18 meş, hidroklorik asit konsantrasyonu 0.75M, reaksiyon sıcaklığı 30<sup>0</sup>C ve katı/sıvı oranı da 10/100 g/ml de sabit tutulmuştur.

Denemelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'de verilmiş olup, bu değerler Şekil 4.5'de grafik edilmiştir. Çizelgedeki değerlerden ve grafiklerden görüldüğü gibi karıştırma hızının değiştirilmesi, dönüşüm hızı üzerinde az etki yapmaktadır.

**Çizelge 4.6.**Dönüşüm Hızı Üzerine Karıştırma Hızının Etkisi

Dönüşüm hızı üzerine karıştırma hızının etkisi						
Tane boyutu: -14 +18 mesh			Reaksiyon sic. : 30°C			
Karıştırma hızı 500, 650, 800 devir/dk			Katı/sıvı oranı : 10/100 g/ml			
Asit konsantrasyonu: 0,75 M						
Devir sayısı	Zaman (dk)	Harcanan NaOH (ml)	Tartılan Uleksit (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	Çözeltiliye geçen B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Dönüşüm Kesri (X <sub>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></sub> )
500 devir/dk	1	0,25	10,001	0,8760	8,759	0,2040
	2	0,51	10,0014	1,7876	17,873	0,4173
	3	0,68	10,0571	2,3908	23,772	0,5550
	5	0,78	10,0155	2,7424	27,3811	0,6392
	10	0,85	10,0667	2,9885	29,6866	0,6931
	15	0,88	10,0578	3,0939	30,7616	0,7182
	20	0,9	10,018	3,1643	31,5857	0,7374
650 devir/dk	30	0,92	10,0108	3,2346	32,3108	0,7543
	1	0,36	10,0016	1,2618	12,6164	0,2945
	2	0,6	10,0008	2,1031	21,0290	0,4909
	3	0,73	10,002	2,5587	25,5822	0,5972
	5	0,8	10,0018	2,8041	28,0359	0,6545
	10	0,87	10,0064	3,0495	30,4750	0,7115
	15	0,9	10,0015	3,1546	31,5413	0,7364
800 devir/dk	20	0,92	10,0072	3,2247	32,2239	0,7523
	30	0,94	10,0055	3,2948	32,9300	0,7688
	1	0,43	10,0008	1,5072	15,0708	0,3518
	2	0,67	10,0049	2,3484	23,4728	0,5480
	3	0,77	10,0008	2,6989	26,9872	0,6301
	5	0,84	10,0013	2,9443	29,4391	0,6873
	10	0,89	10,0051	3,1196	31,1796	0,7279
	15	0,92	10,0075	3,2247	32,2229	0,7523
20	0,94	10,0016	3,2948	32,9428	0,7691	
30	0,96	10,0039	3,3649	33,6360	0,7853	





Şekil 4.5. Dönüşüm hızı üzerine karıştırma hızının etkisi

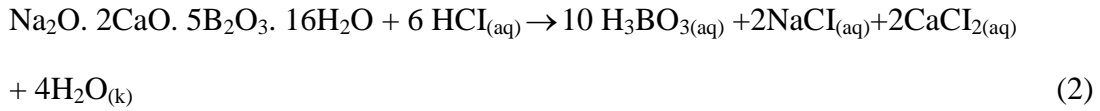
## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Çözünme Reaksiyonları

Çözünme işlemleri hidroklorik asit çözeltileri içerisinde yapılmıştır. Hidroklorik asit kuvvetli asit olduğundan dolayı sulu ortamda gösterdiği reaksiyon aşağıdaki gibidir.



Uleksit HCL ile muamele edildiğinde aşağıdaki reaksiyon gerçekleşir:



Reaksiyonda görüldüğü gibi ana ürün  $H_3BO_3$  yanında yan ürün olarak  $CaCl_2$  de meydana gelmektedir.  $CaCl_2$  ziraatte besin sanayiinde (içme suyu yapımı, peynir imalatı, turşu yapımı, konserve yapımı gibi) ve kimya endüstrisinde kullanılır.

### 5.2. Parametrelerin Değerlendirilmesi

Denemelerde Uleksit cevherinin hidroklorik asit çözeltisinde dönüşüm hızı üzerine tane boyutunun, hidroklorik asit konsantrasyonunun, karıştırma hızının ve reaksiyon sıcaklığının etkileri incelenmiştir.

#### 5.2.1. Hidroklorik asit konsantrasyonunun etkisi

Çözünürlük üzerine hidroklorik asit konsantrasyonunun etkisi; 0.75, 1, 1.25, 1.5, 2 M'lık konsantrasyon değerlerinde incelenmiştir. Denemelerde uleksit örneğinin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış, reaksiyon sıcaklığı 30°C, katı/sıvı oranı 10/100 g/ml, karıştırma hızı 500 devir/dk.'da sabit tutulmuştur. Deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiş olup bu değerler Şekil 4.1'de grafik edilmiştir. Çizelge ve grafikten görüldüğü gibi hidroklorik asit konsantrasyonu arttıkça dönüşüm hızı azalmaktadır.

### 5.2.2. Reaksiyon Sıcaklığının etkisi

Reaksiyon sıcaklığının etkisi; 30, 40, 50, 60, 70°C de deneyler yapılarak incelenmiştir. Bu denemelerde, cevher örneğinin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış ve karıştırma hızı 500 devir/dk. da, asit konsantrasyonu 0.75 M da katı/sıvı oranı 10/100 g/ml de sabit tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 de verilmiş olup bu sonuçlar, Şekil 4.2 de grafik edilmiştir. Çizelge ve grafiklerden görüldüğü gibi reaksiyon sıcaklığı arttıkça dönüşüm hızı da artmaktadır.

$$k = A. e^{-E/RT}$$

### 5.2.3. Tane boyutunun etkisi

Dönüşüm hızı üzerine tane boyutunun etkisi; -14+18; -18+30; -30+40; -40+50; -50+60 meş'lik fraksiyonlar kullanılarak incelenmiştir. Reaksiyon sıcaklığı 30 °C , katı/sıvı oranı 10/100 g/ml, karıştırma hızı 500 devir/dk.'da ve hidroklorik asit konsantrasyonu 0.75 M'da sabit tutulmuştur. Çizelge 4.4'deki verilerle elde edilen Şekil 4.3'de görüldüğü gibi tane boyutu küçüldükçe dönüşüm hızı artmaktadır. Tane boyutunun küçülmesi ile birim ağırlık başına düşen tanecik sayısı ve dolayısıyla yüzey alanı artmaktadır. Böylece akışkan reaktant ile katı taneciğin temas yüzeyi artacağından dönüşüm hızının da yüzey alanı ile orantılı olarak artması beklenen bir sonuçtur.

### 5.2.4. Katı/Sıvı Oranının etkisi

Dönüşüm hızı üzerine katı/sıvı oranının etkisi 5/100, 7.5/100, 10/100 (g/ml) katı/sıvı oranlarında incelenmiştir. Denemelerde; cevherin -14+18 meş'lik fraksiyonu kullanılmış, reaksiyon sıcaklığı 30°C, hidroklorik asit konsantrasyonu 0.75M, karıştırma hızı 500 devir/dk. değerlerinde sabit tutulmuştur.

Yapılan deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'te verilmiş olup, bu değerler Şekil 4.4' grafik edilmiştir. Çizelge ve grafiklerden görüldüğü gibi katı/sıvı oranı küçüldükçe dönüşüm hızı da artmaktadır.

### 5.2.5. Karıştırma Hızının Etkisi

Karıştırma hızının dönüşüm hızı üzerine etkisi 500, 650 ve 800 devir/dk.'lık karıştırma hızlarında incelenmiştir. Denemelerde tane boyutu -14+18 meş, hidroklorik

asit konsantrasyonu 0.75M, reaksiyon sıcaklığı 30<sup>0</sup>C ve katı/sıvı oranı da 10/100 g/ml de sabit tutulmuştur.

Denemelerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'de verilmiş olup, bu değerler Şekil 4.5'de grafik edilmiştir. Çizelgedeki değerlerden ve grafiklerden görüldüğü gibi karıştırma hızının değiştirilmesi, dönüşüm hızı üzerinde az etki yapmaktadır.

## KAYNAKLAR

- 1-Abalı, Y., Arga, A., 2006. “Kolemanitin asetik asit çözeltilerinde çözünmesinin optimizasyonu” **C.B.Ü Fen Bilimleri Dergisi**, ISSN 1305-1385, 2.2. 89-97.
- 2- Abalı, Y., Bayca, U.S., Guler, E.A., 2007. “The Dissolution Kinetics of Tincal in Phosphoric Acid Solutions”. **International Journal Of Chemical Reactor Engineering**. vol:5, A115.
- 3- Abalı, Y., Bayca, U.S., Mistincik, E., 2006. Kinetics of oxalic acid leaching of tincal. **Chemical Engineering Journal** 123, 25–30
- 4- Abalı, Y., Mistincik, E., Zeybek, M. S., 2003. “Uleksitin Asetik Asit Çözeltilerindeki Çözünmesinin Optimizasyonu” **17. Ulusal Kimya Kongresi**, KM-P15, 543.
- 5- Alkan, M., Kocakerim, M.M., 1987. “Dissolution Kinetics of Ulexite in Water Saturated by Sulphurdioxide” **J. Chem. Tech. Biotechnol.** 40, 215-222,
- 6- Alkan, M., Çiftçi, C., Ayaz, F., and Doğan, M., 2000. “Dissolution Kinetics of Ulexite in Aqueous EDTA Solutions”, **Canadian Metallurgical Quarterly**., 39, 433-439.
- 7- Alkan, M., Oktay, M., Kocakerim, M.M. and Karagölge, Z., 1991. “Dissolution kinetics of some borateminerals in CO<sub>2</sub> saturated water”, **Hydrometallurgy**, 26, 255-262.
- 8- Balkan, A., Sayın I., Kalafatoğlu E., B. Kayası N., Karakale B. & Tolun R. 1979. Tinkal Konsantresinden Sodyum Nitrat ve Borik Asit Üretimi Prosesi. **Tübitak Ön Raporu**.
- 9- Bor Raporu., Temmuz 2003. **TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası**.
- 10- Ediz, N., Özdağ, H.,2002. “Etibor A.Ş Kırka Boraks İşletmesi Tinkal Cevheri ve Atıklarının Doğrudan Zenginleştirilmesi” , **Turkish J. Eng. Env. Sci.** 26, 107-116. TÜBİTAK.
- 11- Etimaden, 2010, “Bor mineralleri”, [www.etimaden.gov.tr](http://www.etimaden.gov.tr).
- 12- Gedikbey, T., Birlik, E., 2004. “Kırka Tinkalinin Dehidratasyonun ve Çözünürlüğünün Belirlenmesi” , **II. Uluslar arası Bor Sempozyumu**, Eskişehir-TÜRKİYE.
- 13- Gülensoy, H., Kocakerim, M.M., 1977. “ Kolemanit Mineralinin Karbondioksitli Sulardaki Çözünürlüğü ve Jeolojik Oluşumu Hakkında Araştırmalar”, [http://www.mta.gov.tr/mta\\_web/kutuphane/mtadergi/90\\_1.pdf](http://www.mta.gov.tr/mta_web/kutuphane/mtadergi/90_1.pdf)

- 14- Gürbüz, H., Öçgüder, S., Yavaşoğlu-T., N., Sayan, P. ve Bulutçu, N., 1998. "Kolemanitin Borik Asit Çözeltilerindeki Çözünürlüğü", **UKMK-3 Bildiri kitabı** 2.cilt sh. 1259-1264 Ata. Ün. Kimya Müh. Böl. Erzurum.
- 15- Imamutdinova, V. M.; Bikchurova, A. Kh. 1967. "Kinetics of dissolution of borates in HNO<sub>3</sub> solutions". **Zh. Prikl. Khim.** 40 (7), 1616-1618.
- 16- Imamutdinova, V.M.,Vladykina, A.N., 1969. Rate of decompositon of natural Borates in Perchloricacidsolutions. **Zhurnal Prikladnoi Khimii**, **42** (5):1172-75.
- 17- Kayandan, İ., Pehlevan, V., Çağlayan, B., Türedi, S.,2004. "Düşük Tenörlü Kolemanit Cevherinin Kalsinasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi" **II. Uluslararası Bor Sempozyumu**, Eskişehir-TÜRKİYE.
- 18- Kılıç, A.M., 2004. "Bor madeninin Türkiye Açısından Önemi ve Gelecekteki Yeri", **II. Uluslar arası Bor Sempozyumu**, Eskişehir-TÜRKİYE.
- 19- Kılıç, B., 2005. **Borik Asit Üretimi, 01051020** Dersin Öğretim görevlisi: Prof. Dr. Sabriye PİŞKİN.
- 20- Kocakerim, M.M., Çolak, S., Davies, T.W., Alkan, M., 1993. "Dissolution Kinetics of Ulexite in CO<sub>2</sub>-saturated Water", **CanadianMetall. Quart.**, 32, 4, 393-396.
- 21- Kuşlu, S., Çavuş, F., Okur, H., 2005. "Kolemanitin Sitrik Asit Çözeltilerinde Çözünme Kinetiğinin Klasik ve Mikrodalga Deney Sistemleriyle İncelenmesi", **II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK - İstanbul.**
- 22- Künkül, A., 1991. **Uleksit Cevherinin Karbondioksitle Doyurulmuş Amonyak Çözeltilerindeki Çözünürlüğü**. Atatürk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- 23- Okur, H., Tekin, T., Özer, A. K., Bayramoğlu, M., 2002, Effect Of Ultrasound On The Dissolution Of ColemaniteIn H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Hydrometallurgy, 67, 79-86.
- 24- Sarıhan, E., 2006. Bor sektör profili, **İstanbul Ticaret odası**.
- 25- Tekin, G.,2004. "Kalsine Uleksitin Amonyum Klorür Çözeltileri İçinde Çözünürleştirilmesi kinetiği", **BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi** 100–114,.6.1
- 26- Temur, H.,Yartaşı, A., Çapur, M., Kocakerim, M.M., 2000. "The Kinetics of Dissolution of Colemanite in H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Solutions". **Ind. Eng. Chem. Res.** **39**, 4114-4119.
- 27- Tolun, R., Emir B. D., Kalafatoğlu, E., Kocakuşak, E. & Yalaz, N. 1981. Tinkal konsantresinden elektroliz yöntemiyle sodyum hidroksit ve borik asit üretimi. **Tübitak Raporu**.
- 28- Tolun, R., 1981, Anorganik Bor Bileşikleri ve Üretim Teknolojisi, İstanbul.
- 29- Tunç, M., S., Yapıcı, M. M. Kocakerim, and A. Yartasi, 2001. The Dissolution kinetics of Ulexite in Sulhuric Acidsolutions. **Chem Biochem. Eng. Q.** **15**(4) 175-180.

30- Yeşilyurt, M., Çolak, S., Çalban, T., 2002 “Kolemanitin fosforik asit çözeltilerinde çözündürülmesinin optimum şartlarının belirlenmesi” , **Balıkesir Üniversitesi, Bor Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitabı**, sh.46., 20- 22 Haziran 2002, Balıkesir.

31- Zidanovski, A.B., Imamutdinova, V.M., 1963. Rates of solution of natural Borates in HCl solutions. *Zhurnal Prikladnoi Khimii*, **36**(8): 1675-80.

32- Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, 2011. “Bor Mineralleri” [www.boren.gov.tr](http://www.boren.gov.tr).

33-Yeşilyurt, M., Çolak, S., Calban, T., Genel, Y., Determination of the Optimum Conditions for the Dissolution of Colemanite in H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> *Solutions Ind. Eng. Chem. Res.* 2005, 44, 3761-3765.

34- Genel Y., Durak H., 2012. Analysis of leaching kinetics of tincal in phosphoric acid solutions in high temperatures. *Scientific Research and Essays* Vol.7(40): 3428-3441.

## **ÖZ GEÇMİŞ**

1990 yılında Van'ın Özalp ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı.2009 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliğini bitirdi. Eylül 2009'da Y.Y.Ü Eğitim Bilimleri Enst. Kimya Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Halen Van'da M.E.B' da öğretmenlik yapmaktadır.