



**ÇİNKO LAKTAT ÜRETİMİNİN OPTİMİZASYONUNUN  
ARAŞTIRILMASI**

**Elif ŞAHİN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Prof. Dr. Fatih DEMİR  
2023**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ÇİNKO LAKTAT ÜRETİMİNİN OPTİMİZASYONUNUN ARAŞTIRILMASI**  
(Investigation the Optimization of Zinc Lactate Production)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ŞAHİN

Danışman: Prof. Dr. Fatih DEMİR

Erzurum  
Ağustos, 2023

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Fatih DEMİR danışmanlığında, Elif ŞAHİN tarafından hazırlanan ‘Çinko Laktat Üretiminin Optimizasyonun Araştırılması’ başlıklı bu çalışma 28/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimyasal Teknolojiler Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatih SEVİM

İmza : Aslı Islak İmzalıdır

Üye : Prof. Dr. Fatih DEMİR

İmza : Aslı Islak İmzalıdır

Üye : Doç. Dr. Ali Sinan DİKE

İmza : Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

**Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHAN**

**Enstitü Müdürü**

**Aslı Islak İmzalıdır**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Natural and  
Applied Sciences

### T.C. ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

#### ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Fatih DEMİR* danışmanlığında sunulan “Çinko Laktat Üretiminin Optimizasyonunun Araştırılması” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	16	30
Kuramsal Temeller	20	30
Materyal ve Metot	23	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	17	20
Sonuçlar ve Öneriler	7	20
Tezin Geneli	21	25

**Not:** Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Elif ŞAHİN	Prof. Dr. Fatih DEMİR
11.9.2023	11.9.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

\* Tez ile ilgili YÖKTEZ'de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun ..../.../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun ..../.../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmasına birlikte başladığım ve eğitim dönemim boyunca her zaman beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Fatih DEMİR'e,

Fikir ve yardımları ile bana destek olan sayın hocam Prof. Dr. Ömer LAÇİN'e ve Prof. Dr. Fatih SEVİM'e, tez çalışmama görüş ve fikirleri ile destek olan, eksikliklerin giderilmesinde bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Serdar ARAL'a,

Benim geçtiğim bu zorlu ve bir o kadar da güzel olan bu yolda sabır ve özveri ile yükümü paylaşan ve her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım MUHAMMED MUSTAFA GÜÇ'e,

Sevgi ve ilgileriyle beni bugünlere getiren, bütün hayatım boyunca sürekli yanımda olan, eğitim ve yaşamım için maddi ve manevi desteği esirgemeyen, kariyer ve kazanımlarıma paydaş olan aileme,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elif ŞAHİN

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ÇİNKO LAKTAT ÜRETİMİNİN OPTİMİZASYONUNUN ARAŞTIRILMASI

Elif ŞAHİN

**Danışman: Prof. Dr. Fatih DEMİR**

**Amaç:** Gıda, farmakoloji, tıbbi hammadde endüstrisi gibi birçok kullanım alanı olan çinko laktat üretimine ışık tutması amacıyla, Kayseri yöresinden temin edilen simitsonit cevherinin laktik asitle çözünmesinin optimizasyonu incelenecektir.

**Yöntem:** Simitsonit cevherinin laktik asit çözeltilerindeki çözünmesinin optimizasyonunu yapmak için Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Çözünmeyi etkilen parametrelerden sıcaklık, tane boyutu, asit konsantrasyonu ve katı/sıvı oranı gibi faktörler incelenmiştir.

**Bulgular:** Denemelerde sıcaklık, katı/sıvı oranı, laktik asit çözeltisi konsantrasyonu, tane boyutu, katı/sıvı oranı, sıcaklık ve reaksiyon süresi parametre olarak seçilmiştir. Buna göre optimum şartlar; sıcaklık 30 °C, katı/sıvı oranı 0,01 g/mL, laktik asit çözeltisi konsantrasyonu 1 M, tane boyutu -70 meş, reaksiyon süresi 20 dk. olarak bulunmuştur.

**Sonuç:** Smitsonit cevherinin laktik asit çözeltilerindeki çözünmesinin optimizasyonunda; sıcaklık, asit konsantrasyonu, katı/sıvı oranı ve tane boyutunun çözünme üzerinde etkili olduğu, buna karşılık reaksiyon süresinin ise çözünme üzerine etkisiz olduğu görülmüştür.

Tespit edilen optimum şartlarda iki deneme yapılmış ve ortalama olarak smitsonit cevherinin %98,85'i çözündürülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Taguchi, simitsonit cevheri, laktik asit, çinko laktat

**Ağustos 2023, 62 sayfa**

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

#### INVESTIGATION THE OPTIMIZATION OF ZINC LACTATE PRODUCTION

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih DEMİR**

**Purpose:** Optimization of lactic acid dissolution of smithsonite ore obtained from Kayseri region will be investigated in order to shed light on the production of zinc lactate, which has many uses such as food, pharmacology and medical raw material industry, by an alternative method.

**Method:** Taguchi method was used to optimise the dissolution of smithsonite ore in lactic acid solutions. Parameters affecting dissolution such as temperature, grain size, acid concentration and solid/liquid ratio were analysed.

**Findings:** Temperature, solid/liquid ratio, lactic acid solution concentration, grain size, solid/liquid ratio, temperature and reaction time were selected as parameters in the experiments. Accordingly, optimum conditions were found as temperature 30 °C, solid/liquid ratio 0,01 g/mL, lactic acid solution concentration 1 M, grain size -70 reaction time 20 min.

**Results:** In the optimisation of the dissolution of smithsonite ore in lactic acid solutions; it was determined that it increased with increasing temperature and acid concentration, decreased with increasing grain size and solid/liquid ratio and the effect of stirring speed was negligible.

Two trials were carried out under the optimum conditions determined and % 98,85 of the smithsonite ore was dissolved on average.

**Keywords:** Taguchi, Smithsonite Ore, Lactic Acid, Zinc Lactate

**August 2023, 62 pages**

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Çinko Tarihi .....	3
Çinkonun Fiziksel Özellikleri .....	3
Çinkonun Kimyasal Özellikleri .....	3
Çinkonun Kullanım Alanları.....	4
Çinko Bileşiklerinin Kullanım Alanları .....	6
Çinko Mineralleri .....	8
Çinkonun Türkiye ve Dünya Maden Rezervleri .....	14
Laktik Asit.....	16
Laktik Asitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	17
Laktik Asit Kullanım alanları.....	17
Laktik Asit Üretimi .....	19
Çinko Laktat.....	20
Çinko Laktat Kullanım Alanları .....	21
Optimizasyon .....	21
Taguchi Metodu .....	22
Taguchi Yöntemi Dört Adımda Uygulanır .....	23
Taguchi'nin Sinyal/Gürültü Oranları .....	24
Taguchi Metodunun Gelişimi .....	25
Literatür Özeti .....	25
MATERYAL ve YÖNTEM.....	28
Deney Tasarımı .....	28

Materyallerin Temini ve Hazırlanması .....	29
Yöntem.....	31
Deneysel Sistem .....	31
Çözündürme İşlemi Sırasında Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar .....	32
Çözündürme İşlemi İçin Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması.....	32
Çözündürme İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Kimyasal Tayinler.....	33
Çinko Tayini .....	33
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	34
Smitsonit Cevherinin Çözündürülmesinin Optimizasyonu.....	34
Ortogonal Dizi.....	34
Taguchi Analizi.....	35
Deney Tasarımı Sonuçları.....	36
Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi .....	37
Kati/ Sıvı Oranın Etkisi.....	37
Asit Konsantrasyonunun Etkisi.....	38
Karıştırma Hızının Etkisi .....	39
Tane Boyutunun Etkisi.....	39
Reaksiyon Süresinin Etkisi .....	39
Parametrelerin Performans İstatistiği Üzerine Etkileri .....	40
Varyans Analizleri .....	43
SONUÇ ve ÖNERİLER .....	45
KAYNAKÇA .....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	49

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Çinkonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	4
<b>Tablo 2.</b> Çinko Mineralleri .....	8
<b>Tablo 3.</b> Türkiye'nin Maden Potansiyeli .....	15
<b>Tablo 4.</b> Çinko Dünya Rezervleri .....	15
<b>Tablo 5.</b> Laktik Asitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	17
<b>Tablo 6.</b> Çinko Laktat Özellikleri .....	21
<b>Tablo 7.</b> Smitsonit Cevherinin Kimyasal Bileşimi .....	29
<b>Tablo 8.</b> Smitsonit Cevheri Chart Listesi.....	30
<b>Tablo 9.</b> Optimizasyon Denemelerinde Kullanılan Parametre ve Seviyeleri .....	34
<b>Tablo 10.</b> Seçilen $L_{16} (4^5)$ Deneysel Planı .....	35
<b>Tablo 11.</b> Smitsonit Cevherinin Çözünmesi Üzerine Parametlerin Etkisi.....	35
<b>Tablo 12.</b> Smitsonit Cevherinin Çözünmesinin Sinyal/Gürültü Oranları.....	36
<b>Tablo 13.</b> Çinko Çözünürlüğü İçin Marjinal Ortalama Değerler.....	37
<b>Tablo 14.</b> Simitsonit Cevherinin Tane Boyutları.....	39
<b>Tablo 15.</b> Sinyal/Gürültü Oranları İçin Yanıt Tablosu .....	40
<b>Tablo 16.</b> Optimizasyon Deneyi İçin Varyans Analizi.....	44
<b>Tablo 17.</b> Optimum Çalışma Şartları ve Tahmin Edilen Çözünme Miktarları.....	44

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çinko blend .....	9
Şekil 2. Hemimorfit.....	10
Şekil 3. Franklinit (Zincoferrit) .....	10
Şekil 4. Voltzin.....	11
Şekil 5. Smitsonitin kristal yapısı.....	12
Şekil 6. Bakır smitsonit .....	13
Şekil 7. Kadmiyum smitsonit .....	13
Şekil 8. Çeşitli smitsonit şekilleri.....	13
Şekil 9. Türkiye çinko rezervleri.....	14
Şekil 10. Dünya' daki çinko rezervleri.....	16
Şekil 11. Laktik asitin kimyasal sentez ve mikrobiyal fermantasyonu .....	19
Şekil 12. Çinko laktat iki boyutlu gösterim.....	20
Şekil 13. Çinko laktat üç boyutlu gösterim .....	21
Şekil 14. Bir sistem veya sürecin genel deney gösterimi .....	29
Şekil 15. Smitsonit cevherinin XRD grafiği.....	30
Şekil 16. Deney süresince kullanılan ekipmanlar .....	31
Şekil 17. Çözündürme işlemi için kullanılan deney sistemi .....	32
Şekil 18. Sıcaklığın çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi .....	37
Şekil 19. Katı-sıvı oranının çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi .....	38
Şekil 20. Asit konsantrasyonunun çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi.....	38
Şekil 21. Tane boyutunun çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi .....	39
Şekil 22. Reaksiyon süresinin çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi .....	40
Şekil 23. Reaksiyon Sıcaklığının performans istatistiği üzerine etkisi .....	41
Şekil 24. Katı/Sıvı oranının performans istatistiği üzerine etkisi.....	41
Şekil 25. Laktik Asit çözeltisi konsantrasyonunun performans üzerine etkisi .....	42
Şekil 26. Tane boyutunun performans istatistiği üzerine etkisi .....	42
Şekil 27. Reaksiyon süresinin performans istatistiği üzerine etkisi .....	43

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

M	Molarite
AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
ANOVA	Analysis of Variance
cm	Santimetre
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
D.T.	Deney Tasarımı
dk	Dakika
F	Etkinlik değeri
g	Gram
K	Kelvin derecesi
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
M	Molar (mol.L-1)
M.Ö.	Milattan Önce
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
MTA	Maden Teknik Arama
MZME	Metilkara Zapota Methyl Ester
n	Deneysel bir kombinasyon için tekrar sayısı
O.D	Ortogonal Dizi
°C	Santigrat derecesi
P	Etkinlik değeri
ppm	mg/L
PVC	Polivinil Klorür
rpm	Dakikadaki devir sayısı
S/N	Sinyal/Gürültü (Signal/Noise)
t	Süre (dk)
t*	Tam dönüşüm için gereken süre (dk)

v	Hacim
X	Çözünme kesri
XRD	X-Işınları Difraksiyonu
$\mu\text{m}$	Mikrometre



## GİRİŞ

Ham maddelerin, her yıl kullanım miktarı artış göstermektedir. Teknolojik gelişmeler, artan tüketim ile hız kazanmış ve desteklenmiştir. Git gide hammaddeye olan ihtiyaç artmaktadır. İnsanoğluna fayda sağlayabilecek her türlü kaynak değerlendirilmelidir. Bu sebeple dünya da ekonomik anlamda ciddi çalışmalar yapılmaktadır.

Türkiye, ekonomik kalkınma ve sanayileşme açısından oldukça önemli bir kaynak zenginliğine sahip bir ülkedir. Bu kaynakların sadece zenginlik açısından değerlendirilmesi yetersizdir. Aynı zamanda bu kaynakların işlenebilir hale getirildiği ülkelerde kalkınmaya katkı sağlaması önemlidir. Cevherlerden istenilen minerali ayırtmak için çeşitli amaçlar doğrultusunda farklı yöntemler kullanılmaktadır. Uygulanacak yöntemlerin seçiminde, oluşturulacak sürecin maliyet analizi en kritik faktördür. Bu nedenle, hedefimize uygun, optimal bir şekilde kullanılan cevherin maliyet açısından en uygun şekilde işlenebilmesini sağlayan bir optimizasyon süreci gerekmektedir.

İşletmeler için doğru ve yerinde kararlar alabilmek, bilgilerin etkili ve zamanında değerlendirilmesiyle mümkündür. Bu nedenle, endüstride birçok süreçte etkin karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hem ürün kalitesini etkileyen hem de etkin kararlar verebilmek için faktörlerin farklı seviyeleriyle yapılan deneylerin sonuçlarına göre, Taguchi yöntemi ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak hangi faktör seviyelerinde en iyi ürün kalitesine ulaşıldığı belirlenmiştir.

Madenler, insan yaşamında ve ülkelerin kalkınmasında büyük bir öneme sahiptir. Tarih boyunca, gelişmiş ülkelerin teknoloji ve refah düzeyine ulaşmalarında en etkili faktörlerden biri "Madencilik" sektörü olmuştur. Çinko yer kabuğunda en sık rastlanan elementlerden olup 23. sırada yer almaktadır ve yer kabuğunun %0.13 ünü oluşturduğu tahmin edilmektedir. Günümüzde çinko, çelik, alüminyum ve bakırdan sonra en fazla miktar olarak tüketilen metal olarak bilinmektedir. Kimyasal olarak aktif olması, metallerle kolayca alaşım yapabilmesi ve endüstrinin temel girdisi olması nedeniyle çinko, alaşımların ve bileşiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir ana madde olarak öne çıkmaktadır. Çinko Sülfürlü, silikatlı, oksitli, karbonatlı, sülfatlı vb. mineralleri bulunmaktadır.

Sülfürlü çinko bileşikleri dünya çapında çokça kullanılmasına rağmen işlenmesi sırasında oluşan kükürtün zararları nedeniyle bu bileşiklerin kullanımını kısıtlanmaya başlamıştır. Bu yüzden oksitli ve karbonatlı çinko minerallerinin kullanımını artmaya başlamıştır.

Smitsonit cevheri,  $ZnCO_3$  kimyasal formülüne sahip ve karbonatlı çinko bileşikleri sınıfına aittir. Bu cevher, maden yataklarının oksidasyon bölgelerinde oluşur ve dünya genelinde İngiltere, İspanya, ABD, Almanya ve Türkiye gibi ülkelerde bulunur. Ülkemizde de Kayseri, Amasya, Malatya gibi birçok bölgede çinko madenleri mevcuttur.

Laktik asit  $CH_3$ .  $CHOH$ .  $COOH$  kimyasal formülü ile gösterilen, dünyada endüstriyel ve biyoteknolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bilinen en eski organik asitlerdendir. Halk arasında ekşi süt olarak bilinmektedir. Ekşimiş sütte bulunduğundan insanlar laktik asiti süt sağmaya başladıkları zaman itibariyle tecrübe edinerek tanımışlardır. Ekşi süütün birincil bileşeni olması laktik asitin süt asiti olarak adlandırılmasına sebep olur. İnsan yaşamıyla yakından ilgili tarımsal faaliyetlerde, eczacılıkta, hayvancılıkta, gıda sektörü gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Çevre duyarlılığının artması sebebiyle biyolojik olarak parçalanabilen materyallerin üretiminde son zamanlarda önemli konuma gelmiştir.

Çinko laktat, laktik asit yoluyla elde edilen çinko tuzudur ve diş macunu, sakız, deodorant, gargara ve diğer bir çok ağız bakım ürünlerinde kullanılan çok işlevli önemli bir bileşendir. Çinko laktada olan arz, büyüyen sağlık sektöründe dünya genelinde istikrarlı bir şekilde artış göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı gıda, farmakoloji, tıbbi hammadde endüstrisi gibi birçok kullanım alanı olan çinko laktat alternatif bir yöntemle üretimine ışık tutması amacıyla, Kayseri yöresinden temin edilen smitsonit cevherinin laktik asitle çözünmesinin optimizasyonu inceleyecektir.

## KURAMSAL TEMELLER

### Çinko Tarihi

Çinko, hem Türkiye hem de dünya tarihinde önemli bir madde olarak kullanılan ve endüstriyel olarak büyük bir etkisi olan bir elementtir. Çinko, 17. yüzyıl Avrupa'sında modern anlamda tanımlandı ve izole edildi. O dönemde, çinko alaşımlarının özellikle madeni para yapımında ve silah üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. 19. yüzyılın sonlarına doğru ve 20. yüzyılın başlarında, çinko endüstriyel ölçekte üretilmeye başlandı. Dünya çinko üretiminde önde gelen ülkeler arasında Çin, Avustralya, Kanada, Peru ve Hindistan yer almaktadır (DPT, 2001).

Türkiye'de antik dönemlere ait çinko alaşımlarına dair bulgular mevcuttur. Özellikle Osmanlı İmparatorluğu döneminde madeni para yapımında çinko kullanılmıştır.

Türkiye'de çinko üretimi, özellikle Zonguldak ve Eskişehir bölgelerindeki madenlerde gerçekleştirilmiştir. Çinko, bu bölgelerdeki kömür madenciliği ve çelik üretimiyle yakından ilişkilendirilmiştir.

Türkiye, çinko üretiminde yerel madenlerden elde edilen çinko cevherini işleyen tesislere sahiptir ve bu endüstri hala aktiftir.

1952 yılında Etibank, Keban Konsantre Tesisleri'ni faaliyete geçirerek Türkiye'de ilk yerli konsantrasyon tesislerini kurmuştur.

1960 yılından sonra özel sektör tarafından küçük kapasiteli kalsinasyon ve konsantrasyon tesisleri açılmıştır. Bu tesislerde üretilen ürünlerin büyük çoğunluğu ihracat amaçlıdır (Anonim, 1998).

Paracelsus 1490-1541 yılları arasında çinko metaline dair ilk bilimsel çalışmaları yürüten kişi olarak bilinmektedir (DPT, 2001).

### Çinkonun Fiziksel Özellikleri

Çinko, elektriksel iletkendir ve endüstriyel uygulamalarda bu özelliği kullanılır. Çinkonun yoğunluğu yaklaşık olarak 7.14 gram/cm<sup>3</sup>'tür. Özellikle pirometalurjik metal üretiminde önemli bir etken olan düşük kaynama sıcaklığı dikkat çekicidir. Çinko, elektriksel iletkendir ve endüstriyel uygulamalarda bu özelliği kullanılır. Bu özellik, metale korozyondan korunmada önemli kullanım alanı oluşturur. Saf çinko, parlak gri bir renge sahiptir ve

parlaktır. Galvanizleme, çinkonun bu özelliğinin en iyi örneklerinden biri olmaktadır (Addemir ve diğer., 1995; Vikipedi, 2007).

### Çinkonun Kimyasal Özellikleri

Çinko, 12. grup (çinko grubu) elementlerinden biridir ve kimyasal özellikleri bu gruba aittir. Çinko, kimyasal bileşiklerde genellikle iyonik bağlar veya kovalent bağlar oluşturur. Özellikle metal çinko iyonları ( $Zn^{2+}$ ), birçok biyokimyasal süreçte kofaktör olarak görev yapar. Çinko, farklı bileşiklerde +2 oksidasyon durumuna sahiptir ve çoğunlukla  $Zn^{2+}$  iyonu olarak bulunur. Çinko, havada yavaşça oksitlenir ve çinko oksit ( $ZnO$ ) tabakası oluşturur. Ayrıca çinko, asitlerle tepkimeye girerek hidrojen gazı üretebilir. Çinko, birçok kimyasal bileşiğin bir bileşeni olarak kullanılır. Örneğin, çinko sülfat ( $ZnSO_4$ ) ve çinko klorür ( $ZnCl_2$ ) gibi bileşikler yaygın olarak endüstriyel ve bilimsel uygulamalarda kullanılır. (Graf, 1996; Addemir ve diğer., 1995).

**Tablo 1.** Çinkonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Çinkonun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	
Yoğunluk (katı)	7,14 g/cm <sup>3</sup>
Yoğunluk (sıvı)	6,57 g/cm <sup>3</sup>
Ergime Noktası	419,53°C
Kaynama Noktası	907°C
Ergime Isısı	7,32 kJ/mol
Kristal Yapısı	Hegzagonal
Isı Kapasitesi	25,390 (25 °C) J/(mol·K)
Isı iletkenliği	116 W/(m·K)
Elastisite Modülü	E = 10000 kg/mm <sup>2</sup>
Viskozite	420°C'de 0,039, 500°C'de 0,030 m Pa < S
Yüzey Gerilimi	420°C'de 750, 500°C'de 790 mN/m
Brinell Sertliği	412 MPa
Burulma Modülü	F = 3935 kg/mm <sup>2</sup>

### Çinkonun Kullanım Alanları

Çinko, dünyada yıllık kullanım miktarı açısından demir, alüminyum ve bakırdan sonra gelmektedir. Dünya çapında demir dışı metaller arasında en çok kullanılan metaller arasındadır. Galvanizleme işlemi, kullanım alanının %50'sini oluşturmaktadır. Nemli havalarda çinko oksitlenir ve üzerinde bazik bir tabaka olan  $ZnCO_3$  oluşur. Bu oluşum, çinko ile galvanizlenen metalin korozyona uğramasını engeller. Çinkonun kullanım alanları aşağıdaki şekilde özetleyecek olursak:

- Çinko, otomobillerin koruyucu kaplamalarında ve otomotiv parçalarının üretiminde kullanılır. Paslanmayı önlemeye yardımcı olur.
- Pillerin gövdelerinin yapımında,
- Çinko, diğer metallerle alaşımlar oluşturmak için kullanılır.
- Çinko, insan sağlığı için önemlidir. Vücutta çeşitli biyokimyasal süreçlerde görev alır ve bağışıklık sistemini destekler. Ayrıca besin takviyelerinde bulunur.
- Çinko sülfür, karanlıkta parlayan pigment olarak saatlerin akrep ve yelkovanlarında,
- Çinko metil,  $(Zn(CH_3)_2)$  pek çok organik maddenin sentezinde
- Çinko oksit, sulu boyalarda beyaz pigment olarak ve lastik sanayiinde aktivatör olarak,

Çinko, biyolojik olarak hemen hemen tüm hücrelerde olması beklenen bir mineraldir. Bu nedenle, insan vücudunda gerçekleşen birçok biyokimyasal reaksiyon için gereklidir. Çinko, yaklaşık 100 farklı enzimin aktif hale gelmesini sağlayarak hücre çoğalması ve büyümesi için önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, günlük olarak belirli bir miktarda çinko almak zorunludur.

Çinko, sağlıklı bir bağışıklık sistemi oluşumu, yara iyileşmesi, beyaz kan hücreleri ve antikörlerin üretimi, tat ve koku algılaması, görme duyusunun güçlenmesi ve DNA sentezi gibi birçok süreçte gereklidir. Normal bir yetişkin, gıdalar yoluyla ortalama olarak günde 12 mg çinko almaktadır (Güler, 1997).

Çinko, nükleik asit metabolizması, protein, lipid ve gen transkripsiyonu gibi birçok metabolik süreçte rol oynamaktadır. Üreme, yara iyileşmesi, bağışıklık sistemi ve hücrel aktivasyon gibi birçok fonksiyonda önemli bir rolü vardır. Çinko eksikliği, emilim bozukluğu, yetersiz alım, artan metabolik ihtiyaçlar veya artan atılım nedeniyle ortaya çıkabilmektedir (Bailey RL, 2015).

Çinko eksikliği insan vücudunda bilişsel işlev bozuklukları, ishal, gelişim süreci bozukluğu, tat koku hissinde azalma, erken doğum, depresyon, psikolojik bozukluklar, bakteriyel enfeksiyonlar gibi birçok klinik sonuçlara sebep olmaktadır.

Çinko eksikliği, küresel nüfusun yaklaşık %31'ini etkileyen ve dünya genelinde gözlemlenen besin eksikliğidir. Özellikle az gelişmiş ülkelerde bu oran çok daha yüksektir. Çinko eksikliğini tedavi etmenin en etkili çözümü, çinko takviyesidir. Bu, güçlendirilmiş, zenginleştirilmiş veya işlenmiş gıdalarla veya diyet değişiklikleriyle karşılaştırıldığında en etkili yöntemdir.

Çinko; bitkilerde, insanlarda ve hayvanlarda çeşitli ve hayati metabolik işlevlere sahip olan önemli bir mineraldir. Çinko, bitkide pek çok enzimin parçalanmasında, moleküler düzeyde, lipid, protein ve nükleik asitlerin sentezlenmesinde ve parçalanmasında önemli rolleri bulunmaktadır. Çinko, endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık sular, kanalizasyon suları ve asit yağmurları gibi yollarla toprağa karışabilmektedir. Toksikite belirtileri genellikle 400 ppm'nin üzerinde ortaya çıkar (Öktüren, 2006).

Bu bilgiler çerçevesinde, bitkiler için uygun çinko seviyelerinin sağlanması, sağlıklı büyüme ve verimli ürün elde etmek için önemlidir. Aynı zamanda, endüstriyel kirlilik ve diğer çevresel faktörlerin çinko birikimine yol açabileceği toksisite riskinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

### **Çinko Bileşiklerinin Kullanım Alanları**

**Çinko oksit (ZnO):** Çinko oksit, yüksek bir ışıklılığa sahiptir ve bu nedenle optoelektronik cihazlar, UV filtreleri ve floresans uygulamaları için ideal bir malzemedir. Çinko oksit, güneşten gelen zararlı UV ışınlarına karşı etkili bir koruyucu olarak kullanılır. Bu, güneş kremleri, losyonlar ve makyaj ürünlerinin içinde sıkça görülür. Gıda takviyelerinde kullanılan bir çinko kaynağıdır. Bu, çinko eksikliğini önlemek ve bağışıklık sisteminin sağlıklı işleyişine katkıda bulunmak için yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır (Hurşit, 2008).

**Çinko asetat (Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>):** Bu madde, çeşitli endüstrilerde kullanılan bir kimyasal bileşiktir. Kumaş boyacılığındaki işlemlerde, mordan olarak kullanılır ve ahşap malzemelerin korunması için de etkilidir. Porselen sırlarının bileşenlerinden biridir ve analitik kimyada albümin, tanen, ürobilin, fosfat ve kan için kullanılır. Genel olarak, bu bileşik, birçok farklı sektörde kullanılan çok yönlü bir kimyasal bileşiktir.

**Çinko klorür (ZnCl<sub>2</sub>):** Bu madde, farklı endüstriyel alanlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tek başına veya fenol ve diğer antiseptiklerle birlikte koku giderici ve dezenfektan olarak kullanıldığı gibi, demiryolu traverslerinin ve ahşap malzemelerin yangına karşı korunması için de kullanılır. Çinko klorür, çeşitli pil türlerinde elektrolit olarak kullanılır. Özellikle çinko-karbon (çinko-manganez dioksit) pillerde yaygın bir elektrolit maddesidir. Elektronik endüstrisinde, çinko klorür, lehimleme işlemlerinde kullanılır. Özellikle elektronik devrelerin montajında lehim yapıştırıcılarına katkıda bulunur (Hurşit, 2008).

**Çinko metil ( $Zn(CH_3)_2$ ):** Organik maddelerin sentezlerinde kullanılmaktadır.

**Çinko fosfat ( $Zn_3(PO_4)_2$ ):** Diş amalgamlarında kullanılan bir maddedir.

**Çinko karbonat ( $ZnCO_3$ ):** Çinko karbonat, gıda katkı maddesi olarak kullanılır ve özellikle mayalanmış ürünlerin üretiminde kabartma tozu olarak yer alır.

**Çinko bromür ( $ZnBr_2$ ):** Çinko bromür, enerji depolama sistemlerinde ve akülerde elektrolit olarak kullanılır.

**Çinko sülfür ( $ZnS$ ):** Boya, linolyum, deri ve lastik gibi malzemelerin renklendirilmesinde kullanılır. Çinko sülfür, gece görüş cihazlarında kullanılan önemli bir bileşendir. Bu cihazlar, zayıf ışık koşullarında görsel algıyı artırmak için kullanılır. Ayrıca televizyon ekranlarının yapımında da kullanılmaktadır (Hurşit, 2009).

**Çinko borat ( $4ZnO.6B_2O_3.7H_2O$ ):** Çinko borat, plastiklerin ve polimerlerin yanmazlık özelliklerini artırmak için yangın geciktirici olarak kullanılır. Bu, elektrik kabloları, otomotiv parçaları, inşaat malzemeleri ve daha birçok uygulamayı içerir. Ahşabın çürümesini ve yanmasını önlemek için ahşap koruma uygulamalarında kullanılır. Bu, inşaat malzemeleri ve açık hava yapıları için önemlidir. Yangın geciktirici boyalarda ve kaplamalarda kullanılır. Bu boyalar, yangın sırasında malzemenin alev almasını geciktirir ve yangın güvenliğini artırır (Gümüş, 2009).

**Çinko stearat ( $Zn(C_{18}H_{35}O_2)_2$ ):** Bu bileşik, inşaat malzemelerinin üretiminde bir katkı maddesi olarak kullanılır. Özellikle PVC pencere profilleri ve boruların üretiminde önemli bir rol oynar. Çinko stearat, ilaç ve gıda ürünlerinin kalitesini artırmak için kullanılır. Bu, tabletlerin üretiminde, gıda ambalajlarında ve diğer ilgili uygulamalarda yaygın olarak görülür. Plastik ve kauçuk ürünlerinin üretiminde yaygın olarak kullanılır. Bu, malzemelerin işlenebilirliğini artırır, kaliteyi yükseltir ve ürünlerin dış etkilere karşı dayanıklılığını artırır.

**Çinko florür ( $ZnF_2$ ):** Elektrokaplama işlemlerinde, koruyucu kaplama malzemesi olarak kullanılır, metal yüzeylerin korozyona karşı korunmasına yardımcı olur.

**Çinko sülfat ( $ZnSO_4$ ):** Ahşap malzemelerin ve derilerin korunmasında, kumaş boyacılığında mordan olarak, kâğıt beyazlatmada kullanılan bir maddedir.

**Çinko iyodür ( $ZnI_2$ ):** Laboratuvar ortamında çeşitli kimyasal reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılır.

**Çinko peroksit ( $ZnO_2$ ):** Lastik ve plastik endüstrisi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

## Çinko Mineralleri

Çinko, yerkabuğunda oldukça yaygın bir elementtir. Tahminlere göre, çinkonun büyük bir bölümü volkanik kayalarda bulunur. Genellikle sülfürlü formda, nadiren oksitli ve silikatlı formda bulunmaktadır. Çinko metalinin doğadaki önemli bir mineral kaynağı, sfalerit mineralidir. Sfalerit, çinko içeren cevherlerin ana bileşenidir ve genellikle sülfürle birleşmiş halde bulunur. Sülfürlü cevherler, çinko bileşiklerinin elde edildiği ana kaynaklardan biridir. Ancak, bu cevherlerin işlenmesi sırasında kükürt emisyonu sorunu sebebiyle diğer çinko içeren cevher kaynakları daha çekici hale gelmiştir.

**Tablo 2.** Çinko Mineralleri (Hurşit, 2008)

Mineral Grubu	Mineral Adı	Kimyasal Formülü
Sülfürler	Sfalerit(Çinko blend, zinkblend)	ZnS
	Vurtzit (Strahlblend)	ZnS
	ZnS	4ZnS+ZnO Zn <sub>5</sub> S <sub>4</sub> O <sup>-4</sup> ZnS.ZnO
	Zink-Teallite	(Pb, Zn)SnS <sub>2</sub>
Sülfatlar	Goslarit (Zincvitriol)	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
	Zinc- Melanterit	(Fe, Zn)SO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
	Zinc-Copper Melanterit	(Fe, Zn)SO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
Karbonatlar	Smitsonit (Galmay, Zinkspat )	ZnCO <sub>3</sub>
	Hidrozinkit (Zincblute)	ZnCO <sub>3</sub> .3Zn(OH) <sub>2</sub>
	Zinkokalsit	(Ca, Zn)CO <sub>3</sub> (Bir kalsit çeşitidir)
	Nicholsonite	(Ca, Zn)CO <sub>3</sub> (Bir aragonit çeşiti)
	Aurichalcite	2(Zn, Cu)CO <sub>3</sub> .3(Zn, Cu) OH <sub>2</sub>
Silikatlar	Hemimorfit (Kalamın, Kieselzinkers)	H <sub>2</sub> Zn <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> (ZnOH) <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
	Vilemit (Troostite)	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> .2ZnO.SiO <sub>2</sub>
	Hardystonite	Ca <sub>2</sub> ZnSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2CaO.ZnO.2SiO <sub>2</sub>
	Danalite	3(Fe,Zn,Mn) Be SiO <sub>4</sub> ZnS
Oksitler	Zinkit (Rotzinkerz, Çinko Beyazı)	ZnO
	Zinkspinel (Gahnit, Automolit)	ZnO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Zincibraunite	ZnO.2MnO <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O
	Hetaerolite (Zinc, Hausmanite)	ZnO.Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Kreittonite (Zinc, Irongahnit)	(Zn, Fe, Mg)O.(Al, Fe) <sub>2</sub>
	Dysluite (Zinc,Manganes-Irongahnit)	(Zn,Fe,Mg)O.(Al, Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Diğer Mineraller	Fanklinite (Zincoferrit)	(Zn,Fe,Mn).(Fe,Mn) <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
	Colusit	(Cu,Fe,Mo,Sn,Zn).4(S,As,Te,Sb)
	Zincaluminit	2ZnSO <sub>4</sub> .4Zn(OH) <sub>2</sub> 6Al(OH) <sub>3</sub> .5H <sub>2</sub> O
	Hopeite	Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> .4H <sub>2</sub> O

Smithsonite ( $ZnCO_3$ ), willemitte ( $Zn_2SiO_4$ ), hydrozincite ( $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ ), zincite ( $ZnO$ ) ve hemimorphite ( $Zn_2SiO_3 \cdot H_2O$ ) gibi çeşitli oksitli cevherler, sülfürlü cevherlere alternatif olarak önemli çinko içeren kaynaklardır. Türkiye'de, Kayseri, Niğde, Adana, Konya ve Malatya gibi bölgelerde önemli miktarda oksitli cevherlere rastlanmaktadır (Anonim, 2000).

**Çinko blend (Sfalerit, zinkblend):** Çinko blend, kimyasal formülü  $ZnS$  dir ve çinko ile sülfürün birleşiminden oluşan bir mineraldir. Çinko blend genellikle sarımsı, kahverengi, yeşilimsi sarı veya siyah renkte olabilir. Saf sfalerit, genellikle renksiz veya hafif sarımsı bir renge sahiptir. Çinko blend mineralinin çizgi rengi genellikle beyazdır. Mineralin parlaklığı camdan reçineye kadar değişebilir ve bu nedenle farklı örneklerde farklı parlaklık düzeyleri gösterir. Çinko blend genellikle yarı saydam veya saf halde bulunmaktadır (Hurşit, 2008).

Çinko blend, hidrotermal süreçlerle ve kalker veya dolomitlerin etkileşimiyle oluşur. En yaygın formu olan sfalerit, çinko cevherlerinin ana bileşenlerinden biridir ve dünya genelinde bol miktarda bulunur.



**Şekil 1.** Çinko blend

**Zinkit (Çinko Beyazı):** Zinkit, kimyasal elementler tablosundaki simgesi Zn olan ve atom numarası 30 olan bir kimyasal elementtir. Mn elementinin varlığı nedeniyle bileşimine bağlı olarak koyu kırmızı renktedir. Çizgi rengi ise portakal sarısıdır. Metamorfik kalkerler içerisinde franklinite, vilemit ve kalsit mineralleriyle birlikte bulunmaktadır.

**Vilemit:** Formülü  $Zn_2SiO_4$  veya  $2ZnO \cdot SiO_2$  olan mineral hegzagonal sistemde kristalleşir. Kristalleri genellikle küçük boyutlu olup, agregaları tanelidir. Yüzeyi yağlımsı cilalıdır ve mineral saydam veya yarı saydam olabilir. Genellikle renksiz, bazen ise yeşilimsi sarı renkte görülür. Ultraviyole ışık altında floresans özelliği gösterir. Bu mineralin önemli cevher yatakları Cezayir ve Rodezya'da bulunmaktadır.

**Hemimorfit (Kieselzinkerz, Kalamın):** Formülü  $H_2Zn_2SiO_5$  veya  $(ZnOH)_2.SiO_2$  olan mineral, hidrotermal kayaların bir ürünü olarak oluşur. Mineralin parlaklığı camdan reçineye kadar değişebilir ve bu nedenle farklı örneklerde farklı parlaklık düzeyleri gösterir. Renksiz veya beyazdan maviye, yeşile ve sarıya kadar değişen bir dizi renkte olabilmektedir.



Şekil 2. Hemimorfit

**Hidrozinkit (Zincblute):** Formülü  $2ZnCO_3.3Zn(OH)_2$  veya  $ZnCO_3.2Zn(OH)_2$  olan mineralin parlaklığı camdan reçineye kadar değişebilir ve bu nedenle farklı örneklerde farklı parlaklık düzeyleri gösterir. Kubik kristal yapısına sahiptir.

**Franklinit (Zincoferrit):** Formülü  $(Zn, Mn)O, Fe_2O_3$  veya  $(Fe, Zn, Mn)O, (Fe, Mn)_2O_3$  olan mineral kübik sistemde kristalleşir. Genellikle yuvarlak taneler şeklinde bulunur. Metalik pırıltıya sahiptir ve demir siyahı renktedir. Bileşimindeki ZnO miktarı %15-25 arasında değişirken, MnO miktarı ise %10-16 arasında değişir. Franklinit, vilemit ve zinkit ile birlikte metamorfik kalkerler içinde bulunmaktadır.



Şekil 3. Franklinit (Zincoferrit)

**Vurtzit (Strahlbland):** Vurtzit, çinko, kadmiyum ve sülfür elementlerini içeren bir mineraldir. Kimyasal formülü  $(Zn,Cd)S$ 'dir. Genellikle sarımsı, sarı veya yeşilimsi sarı renkte olabilmektedir. Mineralinin çizgi rengi beyazdır.

**Voltzin (Voltzit):** Formülü  $4ZnS.ZnO$  veya  $Zn_5S_4O$  olan mineral, yuvarlağımsı veya böbrek şeklinde agregalar halinde bulunur. Renk genellikle tuğla kırmızısı veya sarımsıdır. Mineralin yüzeyinde yağlımsı bir pırıltı vardır. Bu mineral sekonder kökenlidir ve çeşitli çinko mineralleri ile birlikte bulunmaktadır.



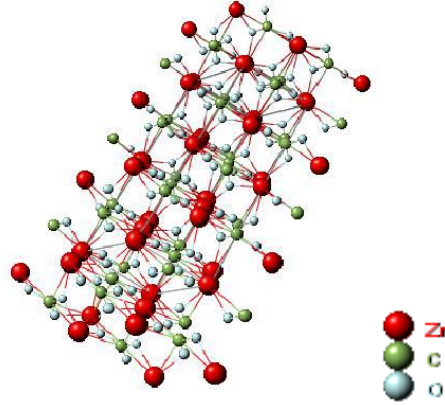
**Şekil 4.** Voltzin

**Smitsonit ( $ZnCO_3$ ):** Smitsonit minerali, İngiliz kimyager ve mineralog Thomas Smitson tarafından keşfedilmiştir. Smitsonit minerali, kimyasal olarak çinko karbonat ( $ZnCO_3$ ) bileşiminden oluşur. Kimyasal formülü  $ZnCO_3$ 'tür. Bu, mineralin ana bileşeni olan çinkonun karbonat ile birleşmesi sonucu oluşur (Ameyhyst, 1998).

Trigonal sistemde kristallenir. Smitsonitin öne çıkan özellikleri, HCl içinde yüksek çözünürlüğü ve yüksek özgül ağırlığıdır. Smitsonit cevheri hidrat bulunmadığından asit ile yüksek verimle çözülebilir ve bu reaksiyon oldukça hızlıdır. Bu durum, çinko kazanımını kolaylaştırır

Mohs sertlik ölçeğine göre smitsonit minerali yaklaşık 4.5 ile 5 arasında bir sertliğe sahiptir. Bu, mineralin çeşitli ortamlarda dayanıklı olduğunu gösterir (Graf, 1961).

Smitsonit mineralinin oluşumu, genellikle oksidasyon süreçlerine bağlıdır. İlk olarak, çinko sülfür içeren cevherler oksitlenir ve bu süreçte smitsonit minerali oluşur. Bu nedenle, smitsonit, özellikle çinko yatakları ile ilişkilendirilen bir mineraldir. Smitsonit minerali, dünya genelinde çeşitli bölgelerde bulunabilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Meksika ve Namibya gibi ülkelerde bulunurken, Türkiye'de Hakkâri, Niğde-Çameli, Kayseri-Yahyalı ve Aladağlar gibi bölgelerde bulunmaktadır. Simitsonitin yarı saydam olanları "Bonomite" olarak adlandırılır ve süs taşı olarak kullanılmaktadır. Simitsonit, mücevher için çok yumuşak olmasına rağmen karbonat türleri arasında en sert olanıdır.



**Şekil 5.** Smitsonitin kristal yapısı (Graf, 1961)

Bu mineral kırılmandır ve cam veya sedef parlaklığı gösterir. Saydam değil, mat bir görünüme sahiptir. Karbonat iyonuyumu, smitsonit mineralinin karbonat bileşimini temsil eder. Bu iyonuyum, bir karbon atomu (C) ve üç oksijen atomu (O) içerir. Karbonat iyonuyumu, karbonat minerallerinin temel yapı taşıdır ve suyla tepkime verebilmektedir (Böttcher,1995).

Smitsonitin mükemmel bir dilinimi vardır. Dilinim özelliği, minerallerin ince levhalara veya yapraklara ayrılabilme yeteneğini ifade eder. Dilinim yüzeyleri, minerallerin tanınmasında önemli bir fiziksel kriter olarak kullanılır. Smitsonit minerali genellikle beyazdan griye kadar değişen renklere sahiptir. Ancak nadir durumlarda sarı, yeşil veya mavi renkte de bulunabilir. Ayrıca fosil dolgularında da gözlemlenebilir.

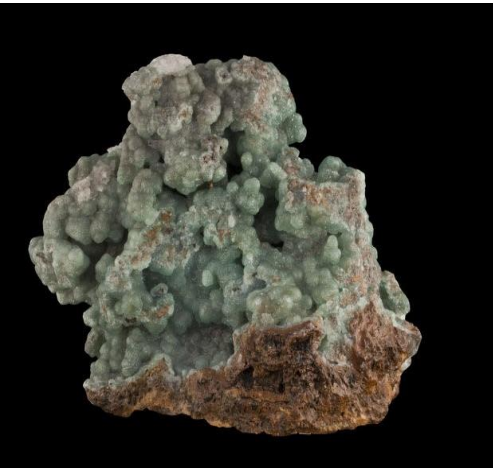
Smitsonit cevherinin renkli türlerinin varlığı, yapısındaki safsızlıklardan kaynaklanmaktadır. Bu safsızlıklar, farklı bileşik türlerinden kaynaklanır. Örneğin, Şekil 6 ve Şekil 7' de görüldüğü gibi, smitsonit yapısında bakır safsızlığı yeşil renge, kadmiyum safsızlığı sarı renge neden olmaktadır. Doğada bulunan bazı mineraller, uzun süre boyunca doğal radyasyona maruz kalabilirler. Bu radyasyon, mineralin iç yapısını değiştirebilir ve renk değişikliklerine neden olabilir Sarı, yeşil, mavi, pembe, mor, kahverengi ve gibi bir çok renge rastlanmıştır.Şekil 8 de ise farklı yapıda smitsonit cevherlerinin resimleri verilmiştir (Ameyhyst, 1998).



Şekil 6. Bakır smitsonit



Şekil 7. Kadmiyum smitsonit



Şekil 8. Çeşitli smitsonit şekilleri

## Çinkonun Türkiye ve Dünya Maden Rezervleri

Çinko rezervlerinin tespiti, karmaşıklığı nedeniyle zorlu bir süreçtir. Çünkü çinko ve kurşun cevherleri aynı yataklarda bulunabilir ve bu cevherler bakır, gümüş, altın gibi diğer metalleri içerebilir. Türkiye, bu karmaşıklığın ortasında önemli bir rol oynamaktadır.

Ülkemizde volkanik, sedimenter ve metamorfik birimlerde çinko ve kurşun yatakları yaygın olarak bulunur. Üç önemli madencilik olayı vardır. İlk olarak, Doğu Alpler'den başlayarak İran'a kadar uzanan volkano-sedimenter formasyonlar, çinko-kurşun yataklarını içerir. İkincisi, Kuzeybatı Anadolu'da Alpin intrüzyonlar, çinko yataklarının oluşumunda etkili olmuştur. Üçüncüsü, Toroslar kuşağı üzerinde bulunan karbonatlı ve sülfürlü yataklar, çinko ve kurşun rezervlerinin potansiyelini gösterir. Türkiye, bu çeşitlilikten kaynaklanan büyük çinko rezerv potansiyeliyle dikkat çekmektedir. Ancak çevresel etkilerin ve sürdürülebilir madencilik uygulamalarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. (Anonim. 2001).

Sonuç olarak, Türkiye, çinko rezervlerinin karmaşıklığını anlamak ve potansiyelini değerlendirmek için önemli bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Bu çeşitli maden oluşumları, ülkemizin gelecekteki çinko üretim potansiyelini artırabilir.



Şekil 9. Türkiye çinko rezervleri

**Tablo 3.** Türkiye'nin Maden Potansiyeli

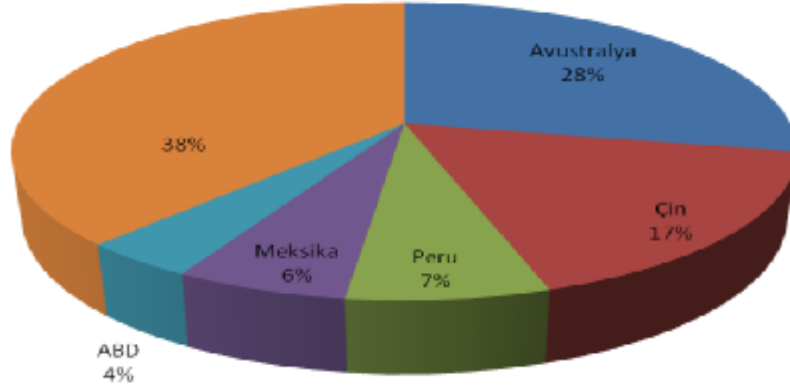
<b>Maden türü</b>	<b>Rezerv (görünür+muhtemel) ton</b>
Altın	700 (Metalik)
Bakır	1,786,000 ( Metalik)
Boksit	87,375,000 (%55Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Bor	3,066,300,000
Civa	3,820
Çinko	2,294,479
Demir	122,000,000
Gümüş	6,062
Krom	26,000,000
Kurşun	860,387
Kükürt	626,000
Linyit	13,300,000,000
Manganez	32,00,000
Ve diğerleri	36,152,104,399

Dünya çapındaki çinko rezervi, 1984 yılında yaklaşık 290 milyon ton çinko metaline eşdeğer olan temel çinko rezervleriyle tahmin edilmektedir. 1984-1993 yılları arasında yaklaşık 108,7 milyon ton yeni rezerv bulunmuştur. Bu dönemde 68,7 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir ve 1994 yılı itibarıyla dünya çinko rezervi yaklaşık 330 milyon ton çinko metaline eşdeğerdir. Şu anda bilinen çinko kaynakları dünya genelinde yaklaşık 1,8 milyar ton civarındadır ve ekonomik olmayan kaynaklar da dikkate alındığında bu miktar 4,4 milyar tona kadar çıkabilmektedir (Cengiç,2007).

**Tablo 4.** Çinko Dünya Rezervleri

<b>Ülkeler</b>	<b>Çinko Rezervi (1000 ton Zn)</b>
ABD	11.000
Avustralya	70.000
Bolivya	6.000
Kanada	7.800
Çin	43.000
Hindistan	12.000
Kazakistan	10.000
Meksika	16.000
Peru	18.000
Diğer Ülkeler	56.200
Toplam	250.000

Dünya rezervlerine bakıldığında 70 milyon ton metal çinko ile Avustralya ilk sırayı almaktadır. Daha sonra 43 milyon ton ile Çin, 18 milyon ton ile Peru, 16 milyon ton ile Meksika, 12 milyon ton ile Hindistan gelmektedir. Yıllık çinko cevher üretimine bakıldığında 19 yıl daha üretim yapılabilecek rezervin olduğu görülmektedir.



Şekil 10. Dünya' daki çinko rezervleri

### Laktik Asit

Laktik asit ( $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ ) bir alfa-hidroksi asittir. Laktik asit doğal olarak bulunmaktadır. Fermantasyon veya kimyasal sentez yoluyla üretilmektedir (Datta, 2004). Laktik asit, adını Scheele tarafından 1790 yılında ekşi sütte keşfedilmesinden almaktadır. Scheele, sütü üç hafta boyunca fermantasyona tabi tutmuş, ardından protein kısmını ayırmış ve fosfatı çökeltecek için kalsiyum hidroksit eklemiştir. Kalsiyum laktat çözünmüş olarak kalmış ve oksalik asitle ayrıştırılmıştır. Filtre edilen çözeltinin konsantrasyonu artırılarak alkol içine alınmıştır. Alkol derişimi arttırıldıktan sonra, laktik asit distilasyon veya kristalizasyonla elde edilemeyen, koyu bir şurup halinde elde edilmiştir. Scheele bu çalışmalarıyla asidin asetat içermediğini ve yeni bir asit elde edildiğini kanıtlamıştır. Berzelius, Scheele'nin deneylerini tekrarlamış ve 1808 yılında laktik asidin saf bir asit olduğunu doğrulamıştır. Braconnat ise 1813 yılında laktik asidin varlığını tekrar kanıtlamış ancak Scheele'ninkinden farklı olduğunu iddia etmiştir. 1839 yılında ilk kez laktik asit fermantasyonu Fremy tarafından gerçekleştirilmiştir. Fremy, şeker pancarı, süt şekeri, nişasta ve dekstrin gibi maddeleri kullanarak laktik asit fermantasyonunu gerçekleştirmiştir. Laktik asidin varlığı en son 1833 yılında Gay-Lussac tarafından kanıtlanmıştır.

Laktik asidin ticari üretimi 1881 yılında Charles Avery tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk başarılı endüstriyel uygulama ise deri ve tekstil sektörlerinde 1894 yılında başlamıştır. Bu kullanım alanıyla birlikte yıllık üretim hacmi yaklaşık 5 ton olmuştur (Vick Roy, 1995).

## Laktik Asitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Laktik asidin (2-hidroksipropiyonik asit, 2-hidroksipropanoik asit) saf ve anhidrat formu beyaz kristal yapıdadır ve düşük bir erime noktasına sahiptir. Ancak saf laktik asidin elde edilmesindeki zorluklar nedeniyle genellikle konsantre sıvı çözelti veya şurup formunda bulunmaktadır.

Laktik asidin fiziko-kimyasal özellikleri, kimyasal davranışını belirlemektedir. Laktik asit, her oranda suyla karışabilen bir yapıya sahiptir. %20 veya daha yüksek konsantrasyonlarda ise içerdiği hidroksil ve karboksil fonksiyonel gruplarının etkisiyle birlikte esterleşmeye uğramaktadır.

**Tablo 5.** Laktik Asitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Laktik Asitin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	
Özellikler	Değerler
Kimyasal Adı	(S)-2-hidroksi-propanoik asit
Kimyasal Formülü	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>
Fiziksel Görünüşü	Akışkan Sıvı
Erime Noktası	53 °C
Kaynama Noktası	>200 °C
Tat	Ekşi süt
Suda Çözünürlük(g/100 g H <sub>2</sub> O)	Çözünebilir
Molekül Ağırlığı	90,08 g/mol

## Laktik Asit Kullanım Alanları

Laktik asit, gıda, ilaç, sanayi, hayvancılık ve kozmetik endüstrilerinde geniş bir uygulama alanına sahip olan organik bir asittir (Datta *et al.* 1995). En yaygın kullanımı ve uygulama alanları aşağıdaki gibidir.

- Gıda Sektörü
- Kozmetik
- Sağlık
- Kimyasal uygulamalar
- Tekstil
- Sanayi

Gıda Sektörü; Laktik asit, gıda endüstrisinin birçok alanında geniş çapta kullanılan bir gıda katkı maddesidir. Tatlandırıcı, pH ayarlayıcı, mikrobiyal niteliği geliştirici, ticari olarak et endüstrisinde kullanılarak ürünlerin raf ömrünü uzatmak, bakteriyel bozunmada koruyucu

olarak ve mineral takviyesi olarak işlev görmektedir. Laktik asit, hafif tadı sebebiyle salatalarda, soslarda, pişmiş gıdalarda, salamura bitkilerde ve meşrubatlarda kullanılmaktadır. Şekerleme sektöründe laktik asit, tatlandırıcı olarak kullanılmasının yanı sıra pişirilmiş karışımların pH seviyesini düzenlemek ve doğru noktaya getirmek için kullanılmaktadır ve böylece şekerlemecilikte düşük tersine çevirme hızı, kullanım kolaylığı, şeffaf sekerler üretebilme yeteneği gibi bir çok avantaj sağlamaktadır (Wee vd, 2006).

Kozmetik sektörü; Laktik asit, çeşitli kozmetik ürünlerin üretiminde kullanılan en önemli biyolojik uyumlu moleküllerden biridir. Cildi nemlendirme yeteneği vardır ve genellikle yüz deformitelerini düzeltmek, pürüzsüzleştirmek ve onarmak için kullanılmaktadır. Nemlendirici etkisi, laktik asidin su tutma kapasitesine dayanır ve laktik asidin ciltteki tirozinaz oluşumunu önleyerek cilt parlaklığı sağlanmasını sağlar. (Wee vd, 2006)

Sağlık sektörü; Tabletler, protezler, cerrahi dikişler ve ilaç kontrol sistemleri gibi birçok alanda mineral formülasyonlarının hazırlanmasında da laktik asit kullanılır. Eczacılıkta damla ve şurup şeklinde kullanılmaktadır.

Kimya sektörü: Laktik asit ve tuzları, çeşitli kimyasal ürünlerde ve işlemlerde çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Bu uygulama alanlarında laktik asit, kireç giderici, pH düzenleyici, nötralizatör, temizlik maddesi, metal karıştırıcı ve antimikrobiyal madde gibi çeşitli işlevleri yerine getirmektedir. Doğal laktik asit, birçok temizleme sektöründe mekanik olarak kullanılmaktadır. Çözünme özelliği ve çözme gücü sayesinde laktik asit, polimerleri ve reçineleri çözme özelliğine sahiptir. Ayrıca, yaygın organik kireç temizleyicilere göre daha etkilidir. Bu nedenle banyo, tuvalet ve kahve makineleri gibi alanlarda temizlik için kullanılmaktadır. Etilaktat ise polimerik boyalara ve yağlara karşı güçlü bir çözücüdür ve çevreye zarar vermez ve zehirli değildir, bu nedenle birçok temizleme uygulamasında kullanılmaktadır.

Tekstil sektörü; Boyama ve bitirme işlemlerinde pH düzenleyici olarak kullanılır. Aynı zamanda mikroorganizma büyümesini önlemek ve kumaşların yumuşaklığını artırmak için kullanılır. Doğa dostu bir bileşen olarak tercih edilir ve tekstil ürünlerinin kalitesini iyileştirmeye katkı sağlar.

Sanayi sektöründe ise; Biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerin fosil bazlı ürünleri yerini almasıyla birlikte, laktik asit (LA) ürünleri çevre dostu özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Bu ilgi, dünya genelinde LA ürünlerine olan talebin artmasına yol açmıştır. Laktik asit, geleneksel olarak çeşitli küçük ölçekli endüstriyel uygulamalarda, molekülünün özelliğine bağlı olarak kullanılmaktadır. Örneğin; selofan gibi gıda ambalajlarının sertleştirme banyolarında pH ayarlaması yapılırken, fenol formaldehit reçinelerinde sonlandırma ajanı

olarak kullanılır. Ayrıca, elektrokaplama ve elektroparlatma banyolarında ve deterjan kurutucularında da yaygın olarak kullanılır.

### Laktik Asit Üretimi

Laktik asit, ekşi bir tada sahip olan, kokusuz bir organik asittir ve besinlerin korunması amacıyla kullanılabilir. İlk defa 1881 yılında Avery tarafından fermantasyon yoluyla üretimi gerçekleştirilmiştir.

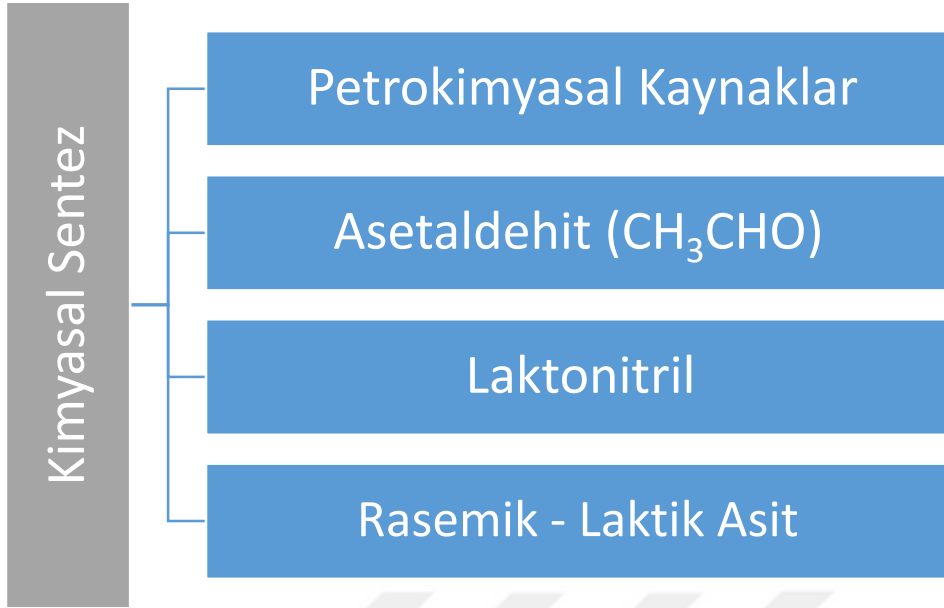
Bitkilerde ve hayvanlarda laktik asit, glukoz ve diğer karbonhidratların metabolizması sırasında üretilir. Özellikle kas hücrelerinde, aerobik metabolizma koşulları eksik olduğunda veya hızlı enerji ihtiyacı olduğunda, glukozun anaerobik fermantasyonu sonucu laktik asit üretilir.

Fermantasyon yöntemi, dünyada birçok alanda ana ve ara ürün olarak yoğun bir şekilde kullanıldığından dolayı, üretim yöntemleri yılın tüm aylarında ucuz, bol ve kolay elde edilmesi için bilim insanları tarafından araştırılmıştır. 1990 yılından itibaren, çevre dostu ve kimyasal üretim tekniklerine kıyasla birçok avantajı bulunduğu için fermantasyon yöntemi daha yaygın hale gelmiştir ve dünya laktik asidin yaklaşık % 90'ını bu yöntemle üretmektedir.

Laktik asit, uzun yıllar boyunca Amerika Birleşik Devletleri'nde ticari amaçlarla üretilmiştir. Avrupa'da laktik asit üretimi ilerlemiş durumdaydı ve uzun bir dönem boyunca Amerika Birleşik Devletleri, Almanya'dan laktik asit ithalatı yapmıştır. Ancak, ham asidin saflaştırılmasıyla ilgili çalışmalar, II. Dünya Savaşı öncesinde bu ithalatı sonlandırdı. (Oban, 2008).



Şekil 11. Laktik asitin kimyasal sentez ve mikrobiyal fermantasyonu (Komesu ve diğ, 2017)

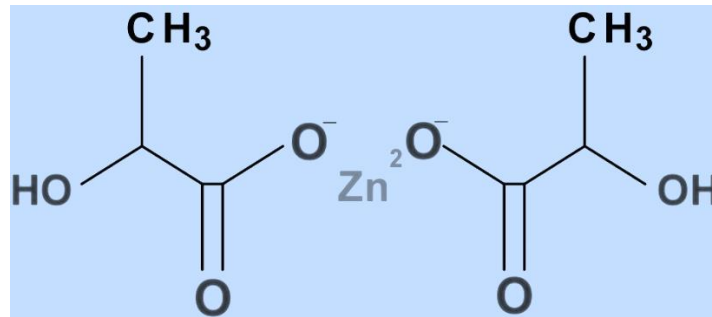


Şekil 11. Laktik asitin kimyasal sentez ve mikrobiyal fermantasyonu (Komesu ve diğ, 2017) (devamı)

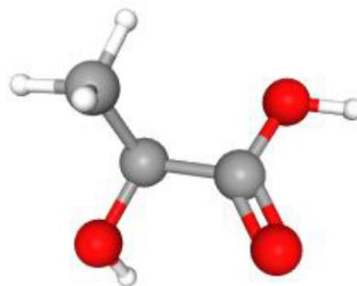
### Çinko Laktat

Laktik Asitin çinko tuzudur. Antimikrobiyal özelliklere sahip bir bileşik, yüksek saflıkta çinko kaynağı içeren ve laktik asit kimyasalı ile nötralize edilerek oluşturulmuştur. Yaraların iyileşmesi, normal doku fonksiyonu ve fosfor sindirimi gibi önemli rolleri bulunmaktadır.

Çinko laktat'ın iki boyutlu gösterimi Şekil 12, üç boyutlu gösterimi ise Şekil 13 te sunulmuştur. Fiziksel özellikleri ise Tablo 6'da bulunmaktadır (Anonymous, 2004).



Şekil 12. Çinko laktat iki boyutlu gösterim



### Şekil 13. Çinko laktat üç boyutlu gösterim

**Tablo 6.** Çinko Laktat Özellikleri

<b>Çinko Laktat Özellikleri</b>	
<b>Molekül Formülü</b>	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>6</sub> Zn
<b>Molekül Ağırlığı</b>	243,5 g/mol
<b>Fiziksel görünüm</b>	Beyaz kristal formundadır
<b>Koku</b>	Hemen hemen kokusu yoktur
<b>Çözünürlük</b>	Su iyi bir çözücüdür
<b>Asitlik ve pH</b>	Asidik : pH'ı 3,5 (% 20 sulu çözelti)

#### **Çinko Laktat Kullanım Alanları**

- Ağızdaki kötü kokuların neden olduğu mikrobiyal büyümeyi engelleyerek etkisini göstermektedir.
- Cildi nemlendiren maddeler, yağ bezlerinden salgılanan sebumun düzenli bir şekilde salgılanmasını desteklemek amacıyla bazı ilaç formüllerinde kullanılır. Bu sayede, cilt yağının özelliklerini taşıyarak cildi koruma görevini üstlenmektedir.
- Diş macunu formüllerine tartarın önlenmesi için eklenen bir bileşen bulunmaktadır. Bu bileşen, dişlerde biriken tartar oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır.
- Besin takviyesi üretiminde, tablet ve kapsül imalatında kullanılmak üzere besin maddesi olarak kullanılmaktadır.
- Kas kasılması ve vücudun alkali dengesini sağlamak için kullanılmaktadır.
- Tıbbi bağlamda, sindirim sürecinde önemli bir rol oynayan çinko takviyeleri, fosforun sindirilmesini desteklemek için kullanılır. Bu takviyeler, metabolizmadaki kritik bir işleve katkı sağlamaktadır.
- Gıda takviyesi üretiminde besin bileşeni olarak kullanılmaktadır.

#### **Optimizasyon**

Dünya ekonomisindeki, teknolojideki ve kültürdeki ilerlemeler, beraberinde değişen dünya pazarı yapısında ve insan yaşamında meydana gelen değişiklikleri doğrudan etkilemektedir. Tüketici beklenti ve istekleri giderek artmaktadır ve bu da üreticilerin minimum maliyetle kaliteli hizmet sunma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, araştırma ve geliştirme maliyetlerini en aza indirmek amacıyla, en az sayıda deney ile sonuca ulaşmayı sağlayan birçok deney tasarım modeli geliştirilmiş ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ganeshan *et al.* 2001; Bernardo *et al.* 2001).

Eniyileme genelleme, soyutlama bağlamı bir kararın verilmesi ya da somut manada sistemi veya sistem parçalarının tasarımlarının yapım süreçlerinde elde edilecek somut ürünleri

mümkün mertebe mükemmelleştirme için yapılan eylem, takip edilen süreç veya yöntemin anlamı vardır. Aynı aile kelimesinden en iyi kelime, eniyileme sonrasında elde edilen mükemmel ürün değeri, derecesi veya yüksekliği şeklinde rehberlik eder. Bu kelime Türkçe'ye sonradan eklenmiştir ve kökeni Latince'deki "optimas" kelimesine dayanmaktadır (Alfaris 2010).

Optimizasyon, en temel anlatım ile mevcut koşullar altında en iyi sonuca ulaşma süreci olarak ifade edilmektedir. Optimizasyon, belirli koşullar altında en uygun çözüm veya çözümlerin araştırılması ve bulunması sürecidir. Teknik bir ifade ile ifade edecek olursak, bir fonksiyonun minimize ve maksimize edilmesidir. Yüksek kâr veya düşük maliyeti sağlayacak üretim miktarını karşılaştırma yoluyla tespit etmek amaçları arasındadır.

### **Taguchi Metodu**

Endüstriyel bir çalışma ortamında , klasik deney tasarım yöntemlerinin kullanımı, sistem üzerinde etkili olan değişkenlerin toplam miktarının zorunlu olarak denenmesinin hızlandırılmasıdır. Bu durum maliyette yükselmeye sebep olduğu için tercih edilmemektedir. 'Taguchi Yöntemi' Japon bilim insanı Genichi Taguchi tarafından geliştirilen, en az deney yapma prensibine dayanan ve maliyeti en az seviyede korumak için ortaya koyduğu yöntemin adıdır 'Taguchi Yöntemi' (Taguchi, 1987). 1950 lerde bu süreç 'eniyileme' tekniği olarak geliştirilmiştir. Genichi Taguchi'nin kalite alanında yaptığı en önemli katkılardan biri, kalite sistemini üretim öncesi (offline) ve üretim sürecini (online) şeklinde ikiye ayırmasıdır.

Bu yöntem, en iyi performans ve kalite standartlarını tespit etmek amacıyla sistemli yaklaşım getirmiştir. Taguchi tasarımı, tasarım parametrelerini dizayn eder ve sistem performansının değişkenlik kaynaklarına duyarlılığını azaltarak performansı optimize etmeyi amaçlamaktadır (Peace 1993; Roy 2010).

Bu yaklaşımın, bir ürün garantisinin ve müşteri ziyaretinin, tasarım ve geliştirme aşamalarının mükemmelliği ile doğrudan ulaştığını göstermektedir. Taguchi'nin bu gözetimi, ürün koruma önlemleri tasarım kullanımlarını kontrol ederek üretim sürecini daha az kullanmayla idare etmeyi sağlamak olup, müşteri memnuniyeti artırılır ve kalite maliyetleri düşürülür.

Bu yöntemin diğer tasarım yöntemlerinden farkı şu şekildedir: Diğer tasarım yöntemlerinden ayıran önemli bir özellik, bir deneyi etkileyen parametreleri kontrol edilebilir ve kontrol edilemez olarak iki ayrı grupta incelemesidir. Ayrıca ikiden daha fazla seviyede bir çok parametreyi inceleme imkanı bulmasıdır (Küçük, 2003).

Taguchi metodu, tasarım aşamasında nitelik sağlama felsefesine dayanan bir deneysel tasarım tekniğidir. Bu yöntem, ortogonal diziler kullanarak test sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır ve aynı zamanda kontrol edilemeyen etkenlerin etkilerini en aza indirmektedir. Taguchi felsefesine göre, kalite, toplumdaki hedef değerden sapmaların neden olduğu kayba bağlı olarak ölçülmelidir. Bu nedenle, Taguchi felsefesi sadece bilimsel değil aynı zamanda felsefi bir yaklaşım olmuştur (Box, 1987).

Bu felsefeyi yedi adımda özetleyebiliriz (R. N. Kacker, 1986):

1. Problem Tanımı: İlk adım, sorunun açıkça tanımlandığı ve hedefin belirlendiği aşamadır. Sorunun kapsamı ve çözüm gereksinimleri net bir şekilde anlaşılmalıdır.

2. Faktör Seçimi: İkinci adımda, sorunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi gerekir. Hangi faktörlerin sonuçları en çok etkilediği analiz edilir.

3. Seviye Seçimi: Faktörlerin hangi seviyelerinin test edileceği belirlenir. Genellikle düşük, orta ve yüksek seviyeler seçilir.

4. Deney Planı Oluşturma: Deney planı oluşturulur, bu plan içinde deneylerin nasıl yapılacağı ve hangi koşullarda test edileceği yer alır. Ortogonal diziler kullanılarak deney sayısı azaltılır.

5. Deneylerin Yapılması: Oluşturulan deney planına göre deneyler gerçekleştirilir.

6. Veri Analizi ve Sonuçlar: Toplanan veriler analiz edilir ve faktörlerin sonuçlar üzerindeki etkileri değerlendirilir. İdeal sonuçlar elde etmek için faktörlerin optimize edilmesi sağlanır.

7. Optimizasyon ve Sürekli İyileştirme: Son olarak, en iyi sonuçlara ulaşıldığında süreç optimize edilir ve sonuçlar izlenir. Herhangi bir sapma veya sorun tespit edildiğinde, düzeltme adımları atılır ve sürekli iyileştirme hedeflenir.

Taguchi felsefesi çok büyük bir etkiye sahip olmakla birlikte bu teknik bütünüyle üç fikirden oluşur (Viswanathan, 2005).

- 1) Daha iyi kalitede bir ürün elde etmek için hedeften sapma en aza indirgenmelidir.
- 2) Sıkıntı sistemin neredeyse bütününde tespit edilmelidir.
- 3) Ürün, kalite denetimine gereksinim duyulmadan tasarlanmalıdır.

Taguchi'nin deney tasarım yöntemi, çeşitli parametrelerin farklı seviyeleri arasından en iyi kombinasyonu belirlemek için son derece kullanışlı bir yaklaşımdır.

## Taguchi Yöntemi Dört Adımda Uygulanır

- 1) Ürün/proses, önemli kalite özellikleri ve tasarım parametrelerine yönelik beyin fırtınası yapılır.
- 2) Tasarım ve deney aşaması.
- 3) En iyi durumu belirlemek için sonuçlar analiz edilir.
- 4) Testi onaylamak için en iyi şartlar kullanılır.

Proses tasarım parametreleri, optimal koşulların belirlenmesinde kullanılarak imalat ve proses parametrelerinin kontrol edilebilmesini sağlar. İki ürün ve proses tasarım parametresinin amacı, etkenlerin en iyi ürün değerini seçerek kontrol edilebilmesini ve elde edilen değişim ile kontrol edilemeyen etkenler için proses değişiminin en aza indirilmesidir (Ghani, Choudhury ve Hassan, 2004).

## Taguchi'nin Sinyal/Gürültü Oranları

Profesör bu metotta performans kriteri sayılan bir dizi istatik orataya koymuştur. Varyasyonu azaltmak için bu performans kriterinin adı sinyal/ gürültü olarak isimlendirmiştir. Ortaya koyduğu bu dizide çıkabilecek problemler için hedefin tipine göre üç grup oluşturmuş ve her grup için (S/N) hesabı yapmıştır (Ross, 1996).

- 1) Daha Küçük – Daha İyi: Böylelikle, kalite parametresi Y için beklenen değer sıfır olur. Böylelikle;

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

- 2) Daha Büyük – Daha İyi: Böylelikle, kalite parametresi Y için beklenen değer sonsuz olur. Böylelikle;

$$S/N = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

- 3) Normal Değer – Daha iyi: Böylelikle, kalite parametresi Y için beklenen değer atanır. Böylelikle;

$$S/N = 10 \log \left( \frac{\bar{y}^2}{s^2} \right) \quad (3)$$

Bu üç grup problem için amaç S/N oranını maksimum seviyede tutmaktır. Bunu böyle yapılmasının sebebi ise bir taraftan sinyali artırırken diğer taraftan varyasyonu azaltmaktır (Şirvancı, 1997).

## Taguchi Metodunun Gelişimi

Taguchi, Ronald Fisher'ın deney tasarım yöntemlerine getirdiği yeniliklerle ve Japonya'da önemli bir projede elde ettiği başarıyla dünya genelinde büyük bir tanınırlık kazanmış bir isimdir. Projenin amacı, ABD merkezli AT&T Bell telefon şirketinin laboratuvarlarında kullanılan iletişim sistemini Japonya'ya aktarmaktı. Ancak Nippon Telefon ve Telgraf Araştırma Merkezi'nin kaynakları, AT&T'nin sadece %2'si kadar olduğu için proje yaklaşık olarak 20 yıl sürme potansiyeline sahipti. Dr. Taguchi, robust tasarım ve kesirli faktöriyel deney tasarım yöntemlerini sunarak projenin 4 yılda başarıyla tamamlanmasını sağladı. Bu etkileyici başarı, Taguchi'yi kalite alanında önemli bir figür olarak kabul edilmesine yol açtı ve 1962 yılında Deming Ödülü'ne layık görüldü. (Peace, 1992).

Dr. Taguchi, geleneksel hata denetleme yöntemlerinin eksik olduğunu fark ederek, istatistiksel temellere dayanan yeni bir yaklaşım geliştirdi. Taguchi'nin bu yöntemi, kaliteyle ilgilenen araştırmacılar için öncü bir yaklaşım sunar. Ona göre, kalite, ürün ve süreçteki değişkenliğin azaltılması ve hedef değere yaklaşımla tüketicilerin ihtiyaçlarının en iyi şekilde karşılanması anlamına gelir. (Şanyılmaz, 2006; Hamzaçebi, 2000).

## Literatür Özeti

Literatür çalışması sonucunda, smitsonit cevherinin ve araştırmacıların araştırdığı cevherin optimizasyonu ile alakalı tez ve makaleler özetlenmiştir.

Bu çalışmada, Hakkari yöresinden temin edilen smitsonit çözünme koşullarının optimizasyonu için nitrik asit çözeltisi içinde yapılan deneylerde Taguchi metodu kullanılmıştır. Parametreler arasında reaksiyon sıcaklığı, katı-sıvı oranı, asit konsantrasyonu, reaksiyon süresi ve karıştırma hızı yer almıştır. Cevher tanecik boyutu  $-200 +160 \mu\text{m}$  olarak belirlendi. Çinko konsantrasyonu, AAS ve voltammetri cihazları kullanılarak çözelti içinde belirlenmiştir. Taguchi metoduyla elde edilen tahmin değeri, AAS ve voltammetri sonuçları ile uyumlu bulunmuştur ( Ünal M, 2014).

Fosil yakıtların yanması sonucu oluşan  $\text{SO}_2$  gazının atık üleksit ile tutulması optimizasyonu incelenmiştir.  $\text{SO}_2$  gazının  $\text{CaSO}_3$  katı fazında bor minerallerinde tutulabileceği belirlenmiştir. Taguchi metodu kullanılarak, sıcaklık, pH gibi parametrelerin önemi gözlemlenmiştir. Optimum koşullar; 333 K sıcaklık,  $-250 \mu\text{m}$  tane boyutu, 400 dev/dak karıştırma hızı, 0.45 g/mL katı-sıvı oranı, pH 6 ve 15 dakika reaksiyon süresi olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda, %86  $\text{B}_2\text{O}_3$  çözüldü ve 75.20 L/kg atık üleksit olarak  $\text{SO}_2$  gazı tutulmuştur (Karagöz Ö, 2012).

Hakkâri bölgesinden getirilen smitsonit cevherinin çinko çözünme koşulları Taguchi metodunu kullanarak optimize edildi. Bu optimizasyon sürecinde reaksiyon sıcaklığı, katı-sıvı oranı, asit konsantrasyonu ve süre gibi parametreler dikkate alındı. Cevher tanecik boyutu -200 +160 µm olarak belirlendi ve deneylerin sonuçları AAS cihazıyla çözeltideki çinko derişimini ölçerek elde edildi. AAS sonuçlarına göre, en uygun koşulların 50°C reaksiyon sıcaklığı, 5/100 (g/mL) katı-sıvı oranı, % 20 asit konsantrasyonu ve 60 dakika reaksiyon süresi olduğu belirlendi. Bu koşullar, smitsonit çinko çözünme prosesini maksimum verimle gerçekleştiren değerlerdir (Özgünde S, 2014).

Bu çalışmada, çinko sülfat sürecinden elde edilen çinko sülfatın çinko flotasyon sürecini etkileyen parametrelerin Taguchi yöntemiyle optimize edilmesi incelenmiştir. Optimum koşullar toplayıcı ve köpürtücü dozajı olarak 100 g/t, flotasyon süresi 30 dakika, pH değeri 9, katı-sıvı oranı (S/L) 30/70, rotor hızı 1250 rpm ve hazırlama süresi 100 dakika olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda çinko flotasyon ürününde elde edilen çinko derecesi %41.5 olarak tespit edildi, bu değer gerçek miktar olan %42' ye oldukça yakın bir uyum göstermektedir (Ilkhechi N. vd, 2016).

Üleksitin sodyum bisülfat çözeltisi içindeki çözünme koşulları Taguchi Metodu kullanılarak optimize edildi. Bu optimizasyon sürecinde sıcaklık, katı/sıvı oranı, NaHSO<sub>4</sub> çözeltisi konsantrasyonu, tane boyutu ve reaksiyon süresi gibi parametreler göz önünde bulunduruldu. En uygun şartlar belirlendi: Sıcaklık 85°C, katı/sıvı oranı 0,11 g/ml, NaHSO<sub>4</sub> çözeltisi konsantrasyonu 1,3 M, tane boyutu -10 meş, reaksiyon süresi ise 20 dakika olarak belirlendi. Bu koşullarda, üleksitin %98,3'ü başarıyla çözüldü. (Kavcı E, 2013).

Bu çalışmada, Manilkara Zapota Methyl Ester (MZME) biyodizeli üretimi için transesterifikasyon sürecinin parametrelerinin optimizasyonu incelenmiştir. Metanol/yağ mol oranı, reaksiyon süresi, reaksiyon sıcaklığı ve katalizör konsantrasyonu, belirlenen parametrelerdir. Çalışma sonucunda, en uygun süreç parametreleri 50°C reaksiyon sıcaklığı, 90 dakika reaksiyon süresi, 6:1 metanol/yağ mol oranı ve %1 katalizör konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Metanol/yağ mol oranınının, biyodizel üretimini kontrol etmede en etkili parametre olduğu bulunmuştur (Kumar S vd, 2014).

Üleksitin disodyum hidrojen fosfat çözeltilerinde çözünmesinin optimizasyonu, "faktöriyel deney tasarımı" yöntemi kullanılarak araştırıldı. Denemeler sırasında katı/sıvı oranı, tane boyutu, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> çözeltisi konsantrasyonu, sıcaklık ve reaksiyon süresi parametre olarak belirlendi. Araştırmanın sonucunda, en uygun şartlar şu şekilde saptandı: Katı/Sıvı Oranı 1/8, sıcaklık 65°C, çözelti konsantrasyonu 2 M ve reaksiyon süresi 4 saat (sa) olarak belirlendi (Kaya Ö, 2016).

Bu çalışmada, sülfat indirgenme yöntemiyle sentetik atık su içindeki sülfat, çinko ve demirin arıtılması incelenmiştir. Deneylede laktat eklenerek çinko ve demir konsantrasyonlarına göre farklı çökelti oranları elde edilmiştir. Akışkan yataklı reaktörde 250 mg/l çinko ve yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyesi reaktöründe 350 mg/l çinko ile 80 mg/l demir için hidrolik süreç süresi 16 saat olarak belirlenmiştir. Çıkiştaki çinko ve demir konsantrasyonları 0.1 mg/l'nin altında tespit edilmiştir. Bu çalışma, laktat destekli sülfat indirgeme süreçlerinin etkili bir şekilde sentetik atık suyu arıtarak metalleri sülfürlü çökeltiler olarak çöktürdüğünü göstermiştir (Kaksonen A.H. vd, 2002).

Sfalerit (ZnS) cevherinin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltilerinde yüksek basınçlı ortamda çözünmesi optimizasyonu Taguchi Yöntemi ile araştırılmıştır. Deneylede reaksiyon sıcaklığı, katı/sıvı oranı, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsantrasyonu ve reaksiyon süresi gibi faktörler dikkate alınmıştır. Optimum koşullar olarak reaksiyon sıcaklığı 140°C, katı/sıvı oranı 1/10 (g/mL<sup>-1</sup>), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsantrasyonu 3 M ve reaksiyon süresi 3 saat belirlenmiştir. Bu koşullarda, sfalerit cevherindeki çinkonun %95.58'i etkili bir şekilde çözülmüştür (Kaya G, 2017).

Bu çalışmada, kükürt içermeyen çinko cevherlerinin amonyum karbonat çözeltisiyle çözünmesi için optimum koşulların belirlenmesi amacıyla Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Deneysel sonuçlara göre, maksimum çinko çözünürlüğü için optimum koşullar reaksiyon sıcaklığı 45°C, karıştırma hızı 300 rpm, amonyum karbonat konsantrasyonu 3 mol, reaksiyon süresi 45 dakika ve pH 10 olarak belirlenmiştir. Bu koşullarda çinko çözünürlüğü yaklaşık %92 olarak elde edilmiştir (Moghaddam J. vd, 2005).

Bu çalışma, Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) boya maddesinin Fenton ve UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oksidasyon işlemleri ile giderilmesini incelemektedir. Taguchi yöntemi kullanılarak belirlenen optimum koşullar şunlardır: Fenton işlemi için boya konsantrasyonu 100 ppm, Fe<sup>2+</sup> 1, 5 mmol, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 40 mmol ve pH 3,5 olarak belirlenmiştir. UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> işlemi ise %99,99'lük bir renk giderimi ve KOİ'de %81,4'lük bir azalma sağlamıştır (Erat N, 2018).

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Deney Tasarımı

Deneyler, bir sistem ve belirli bir süreci içerirler ve gözlemciler tarafından bunu anlamak ve ifade etmek için kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda, bir deneyi bir test olarak da ifade edebiliriz. Bu sisteme girenlerde farklılık yapılarak sistemden çıkanların gözlemlenmesi ve analiz edilmesi anlamına gelmektedir. Deneysel çalışmalar mühendislik alanında ürün ve süreç geliştirmede önemli role sahiptir (Mongomery 2001). Deney tasarımı ise deneyde kullanılan parametrelerin maruz kalacağı kontrol altındaki durum ya da koşulların düzenlenmesi anlamına gelmektedir ( Lee, 1975).

Deney tasarımı boyunca kullanılan terimleri özetlenebilir:

Proses: Giren ürünlerin çıkan ürünlere dönüşmesi ve birbirlerini etkileyen çalışmalardır.

Ürün: Proses sonucunda elde edilendir.

Deney: Bir ya da daha çok karakteristiğın bir metoda göre belirlenmesidir.

Faktör: Deneye konu olan durumlardır.

Yanıt: Deney birimleriyle ilgili bilgi toplama amacıyla incelenen genişlemeye yanıt veya bağımlı değişken denir. Değişken değişkenlerin değerlerini inceleme ve değerlendirme olarak kontrol değişkenlerine bağımsız değişkenlerin adı verilmektedir.

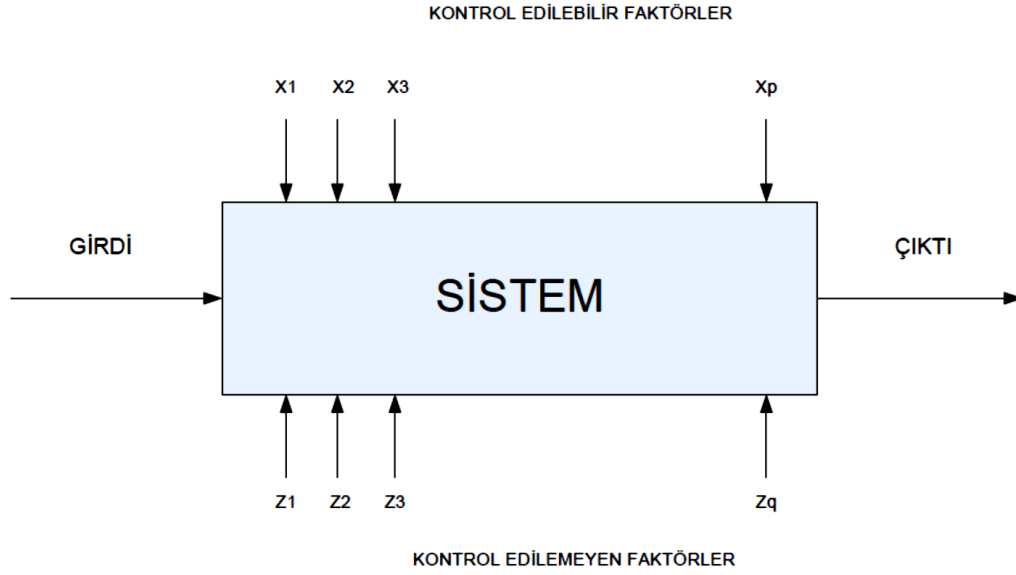
Etkileşim: Her bir faktörün başka faktöre bağılı olmasından meydana gelen ortak faktörlerdir (Erbaş ve Olmuş, 2006).

Homojen deney birimleri: Cevap değişkenlerini etkileyecek bütün faktörler açısından mümkün olduğunca homojen bir yapıya sahip olan birimler kullanılmaktadır (Erbaş ve Olmuş 2006).

Blok: Homojen deney birimlerinin bir araya getirdiğı topluluktur.

Tekrar: Deneyin bir kısmının tekrar edilmesi işlemidir.

Deneysel hata: Deney birimleri içinde kontrol edilemeyen değişikliklere denir. (Şenoğlu ve Acıtaş, 2010).



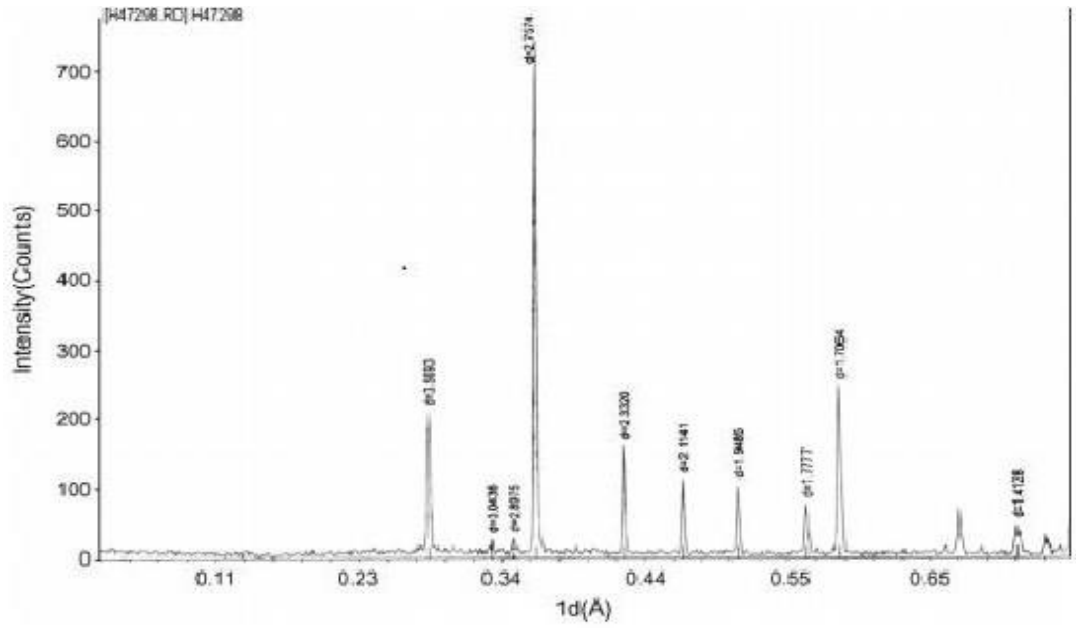
**Şekil 14.** Bir sistem veya sürecin genel deney gösterimi

### Materyallerin Temini ve Hazırlanması

Kayseri bölgesinden temin edilen smitsonit cevherinin kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. İlk olarak cevher çeneli kırıcıda parçalanmış ve sonrasında bileyicide öğütülerek istenen tane boyutlarına sahip olacak şekilde ASTM standart eleklerde elenmiştir. Smitsonit cevherinin kimyasal grupları, volumetrik ve gravimetrik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu analiz sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur. Smitsonit cevherinin X ışını kırınımı (XRD) analizi, Philips PW 3710 BASED model cihazdan elde edilmiştir. Smitsonitin özellikleri piklerinden yararlanılarak yapılan bu analiz sonuçları Tablo 8' de ve Şekil 15'de kullanılmıştır (Hurşit, 2008).

**Tablo 7.** Smitsonit Cevherinin Kimyasal Bileşimi

Bileşen	Bileşim % (w/w)
ZnO	59,12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5
SiO <sub>2</sub>	1,8
CaO	0,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,6
Safsızlıklar	1,42
Kızdırma kaybı	33,6



Şekil 15. Smitsonit cevherinin XRD grafiği

Tablo 8. Smitsonit Cevheri Chart Listesi

d (Å)	Yoğunluk
3.55	50
2.75	100
2.327	25
2.110	18
1.946	25
1.776	12
1.703	45
1.515	14
1.493	14
1.411	10
1.408	2
1.374	4
1.357	2
1.343	10
1.2524	6
1.2423	2
1.2048	4
1.1833	8
1.1632	2
1.1057	2
1.1028	2
1.0710	6
1.0699	4
1.0552	2
1.0371	<1

## Yöntem

Laktik asit reaktantı organik bir asittir ve smitsonit cevheriyle birlikte seçici çözüldürülme işlemine tabi tutulmuştur. Karıştırma hızı, sıcaklık, katı/sıvı oranı, asit konsantrasyonu, tane boyutu çözüldürme işlemini etkileyen parametreler olarak belirlenmiştir.

## Deneysel Sistem

500 mL'lik bir hacme sahip olan üç boyunlu ceketli cam reaktör, çözüme işlemi için kullanıldı. Reaktör kapağına, karıştırıcı, termometre ve soğutucu yerleştirildi. Reaksiyon başlatmak amacıyla belirli konsantrasyonlarda 200 mL laktik asit reaktöre eklenmiştir. İstenilen sıcaklık seviyesine ulaşıldığında, parametreler önceden belirlenen değerlere ayarlandı ve işlem tamamlanması için çözeltiye istenilen miktar smitsonit cevheri eklenmiştir.

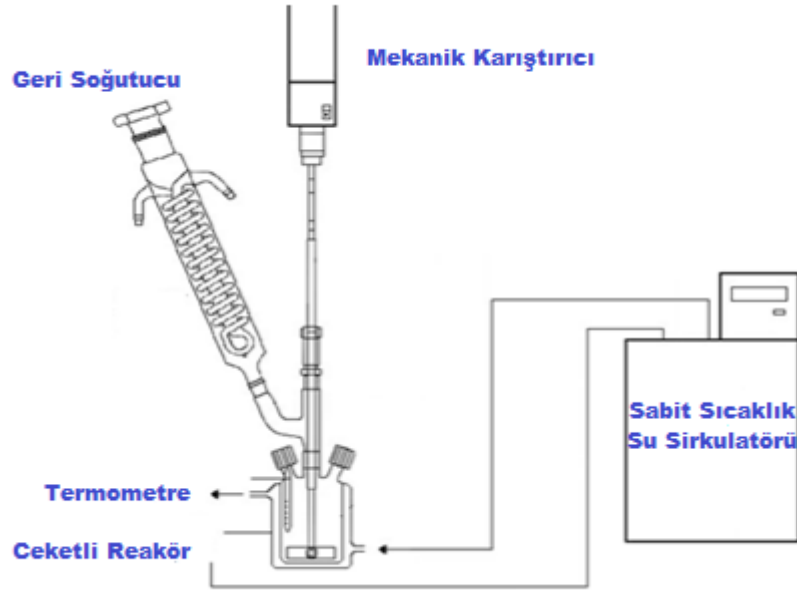
Taneciklerin çözelti içinde homojen bir süspansiyon oluşturması için karıştırma hızları özenle seçilmiştir. Reaksiyon sıcaklığı, "PolyScience" marka sabit sıcaklık su sirkülatörü kullanılarak reaktör kabında sabitlenmiştir. Ayrıca, çözeltinin buharlaşmasını önlemek amacıyla geri soğutucu kullanılmıştır.

Çözüme işlemi sırasında belirli zaman aralıklarında karışımdan numune alınmıştır. Bu numuneler hızlıca süzgeç kağıdı yardımıyla süzölmüştür, elde edilen çözelti belirli bir hacme tamamlanmış ve ardından volumetrik yöntem kullanılarak  $Zn^{+2}$  tayini gerçekleştirilmiştir (Demir, 2003).



Şekil 16. Deney süresince kullanılan ekipmanlar

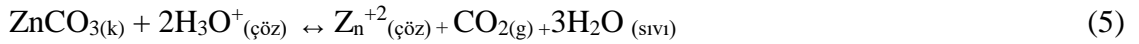
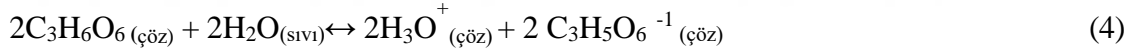
Çözündürme işlemlerinin gerçekleştiği sistem Şekil 17’de gösterilmiştir.



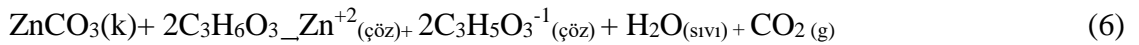
Şekil 17. Çözündürme işlemi için kullanılan deney sistemi

### Çözündürme İşlemi Sırasında Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar

Ham smitsonitin sulu ortamda laktik asit ile çözünme işlemi sırasında aşağıdaki reaksiyonlar meydana gelmektedir.



reaksiyon toplamı;



olarak ifade edilebilir.

### Çözündürme İşlemi İçin Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması

**Tampon çözelti:** Hassas terazi kullanılarak 135 gr amonyum klorür tartıldı. Daha sonra bu miktar uygun bir balon jojeye aktarılmıştır. Üzerine 1140 mL amonyak eklenerek bir çözelti oluşturulmuştur. Belirli bir miktar çözelti çözündürüldükten sonra saf su eklenerek hacmi 2 litreye tamamlanmıştır.

**EDTA (0,1 M):** Hassas terazi kullanılarak 100 gr Titrplex-3 tartılmıştır. Sonrasında, etüvde bir saat kurutulmuştur. Soğuduktan sonra 74,48 gr alınıp bir miktar saf suyla çözülerek çözelti oluşturulmuştur. Daha sonra, çözelti hacmi 2 litreye tamamlanacak şekilde saf su eklenerek işlem tamamlanmıştır.

**İndikatör:** Hassas bir terazi kullanılarak 0,5 gr Eriokrom Black-T tartılmıştır ve etil alkolde çözülmüştür. Elde edilen çözelti, hacmi 100 mL olacak şekilde hazırlanmıştır.

## Çözündürme İşlemi Sırasında Gerçekleştirilen Kimyasal Tayinler

### Çinko Tayini

Çözündürme yapıldığı esnada belirli zaman periyotlarında çekilen ve süzülen numunelere, yaklaşık olarak 50 mL saf su, 10 mL tampon çözelti ve birkaç damla Eriochromblack T indikatörü eklenmiştir. İlave edilen bu çözelti, şarap kırmızısı renge dönüşmüştür. Daha sonra, 0,1 molarlık EDTA çözeltisi kullanılarak titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Titrasyonun dönüm noktasında, çözelti rengi maviye dönüşmüştür. EDTA sarfiyatından çinko miktarı hesaplanmıştır.

$$Zn = 65,40 \times M_{EDTA} \times V_{EDTA} \text{ (mL)}$$

$$M_{EDTA} = \text{EDTA çözeltisinin molaritesi (mol.L}^{-1}\text{)}$$

$$V_{EDTA} = \text{Kullanılan EDTA çözeltisi (mL)}$$

Dönüşüm kesri,

$$X_{Zn} = \text{Numunedeki Zn}^{+2} \text{ miktarı} / \text{Katıdaki Zn}^{+2} \text{ miktar}$$

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### Smitsonit Cevherinin Çözündürülmesinin Optimizasyonu

Bu çalışmada, smitsonit cevherinin çözündürülmesinin optimize etmek amacıyla Taguchi fraksiyonel faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. Araştırmada, 5 farklı parametre incelenmiş ve her bir parametre için 4 farklı seviye belirlenmiştir. L16 ( $4^5$ ) Taguchi faktöriyel fraksiyonel deney tasarımı planı kullanılarak deneyler yapılmıştır. Faktöriyel deney tasarımı yöntemi, reaksiyon verimini etkileyebileceği düşünülen reaksiyon sıcaklığı, katı/sıvı oranı, tane boyutu, laktik asit çözeltisi konsantrasyonu ve zaman gibi parametrelerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Karıştırma hızı ise düşük etkisi nedeniyle sabit tutulmuştur. Deneyler, 600 devir/dakika karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir.

Tasarıma ait parametreler ve seviyeleri, Tablo 9'da; ortogonal deney tasarım planı, Tablo 10'da; deney tasarımı ve sonuçları ise Tablo 11'de sunulmuştur.

**Tablo 9.** Optimizasyon Denemelerinde Kullanılan Parametre ve Seviyeleri

Parametreler	Seviyeler			
	1	2	3	4
A Konsantrasyon (M)	0,25	0,50	0,75	1,00
B Zaman(dak)	10	20	30	50
C Sıcaklık (°C)	20	30	40	50
D Katı-Sıvı Oranı (g/mL)	0,01	0,02	0,04	0,06
E Tane boyutu ( Meş)	-16	-30	-45	-70

### Ortogonal Dizi

Ön denemelerin sonuçlarına göre, parametrelerin seviyeleri belirlenmiştir. Toplam beş parametre ve her bir parametre için dört farklı seviye belirlendiği için L16 ( $4^5$ ) deney planı tercih edilmiştir (Aral, 2021).

**Tablo 10.** Seçilen  $L_{16}(4^5)$  Deneysel Planı

Deney No	A	B	C	D	E
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

### Taguchi Analizi

Deneysel çalışmalar, belirli bir düzen içinde yürütülmüştür ve bu düzen, Tablo 11 'de verildiği gibi belirlenmektedir. Seçilen deneysel plana göre  $L_{16}(4^5)$  ortogonal sıralı kolonlara parametreler girilerek elde edilir. Ancak deneylerin sırası, olası gürültü kaynaklarından kaçınmak için gelişigüzel yapılmaktadır ve bazen olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca, parametrelerin birbirleri üzerindeki etkileşimleri ve başlangıçta göz ardı edilen bazı başlangıç testleri, teorik analizde hesaba katılmamıştır. Bu varsayım ve kısıtlamaların geçerliliği, optimal koşullarda gerçekleştirilen doğrulama deneyleriyle kontrol edilmiştir.

**Tablo 11.** Smitsonit Cevherinin Çözünmesi Üzerine Parametlerin Etkisi

Asit Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi	Sıcaklık	K/S Oranı	Tane Boyutu	Deney 1	Deney 2
0,25	10	20	2/200	-70	50,67	51,98
0,25	20	30	4/200	-45	47,11	49,46
0,25	30	40	8/200	-30	23,55	24,74
0,25	50	50	12/200	-16	15,70	17,27
0,5	10	30	8/200	-16	38,86	37,69
0,5	20	20	12/200	-30	28,26	29,05
0,5	30	50	2/200	-45	76,69	77,54
0,5	50	40	4/200	-70	77,67	78,63
0,75	10	40	12/200	-45	42,40	43,19
0,75	20	50	8/200	-70	64,78	67,13
0,75	30	20	4/200	-16	55,38	52,24
0,75	50	30	2/200	-30	70,67	69,06
1	10	50	4/200	-30	79,02	79,87
1	20	40	2/200	-16	82,00	81,15
1	30	30	12/200	-70	73,39	71,24
1	50	20	8/200	-45	73,02	70,28

**Tablo 12.** Smitsonit Cevherinin Çözünmesinin Sinyal/Gürültü Oranları

Asit Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi	Sıcaklık	K/S Oranı	Tane Boyutu	S/N Oranı	% Ortalama
1	1	1	1	1	34,20	51,32
1	2	2	2	2	33,67	48,28
1	3	3	3	3	27,65	24,14
1	4	4	4	4	24,31	16,49
2	1	2	3	4	31,66	38,28
2	2	1	4	3	29,14	28,66
2	3	4	1	2	37,74	77,11
2	4	3	2	1	37,86	78,15
3	1	3	4	2	32,63	42,79
3	2	4	3	1	36,38	65,96
3	3	1	2	4	34,61	53,81
3	4	2	1	3	36,88	69,87
4	1	4	2	3	38,00	79,45
4	2	3	1	4	38,23	81,57
4	3	2	4	1	37,18	72,31
4	4	1	3	2	37,10	71,65

### Deney Tasarımı Sonuçları

Optimizasyon deneylerinin sonuçları, Tablo 10'da yer almakta olup, çözültüye geçen  $C_6H_{10}O_6ZN$  miktarına bağlı olarak 7 numaralı denklemle hesaplanan parametrelerin marjinal ortalama değerleri ( $Y_m$ ), Tablo 13'te sunulmuştur.  $Y_m$  verileri kullanılarak, marjinal ortalamalara ilişkin parametreye ait seviyeler arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 23 - 27 arasında görülmektedir.

$$Y_m = \sum_{j=1}^n \frac{x_{ij}}{n} \quad (7)$$

$x_{ij}$  : Bir değişkenin i seviyesindeki çözünme kesri

n: i seviyesindeki deney sayısı

i: değişken sayısı

j: i seviyesindeki deney numarası

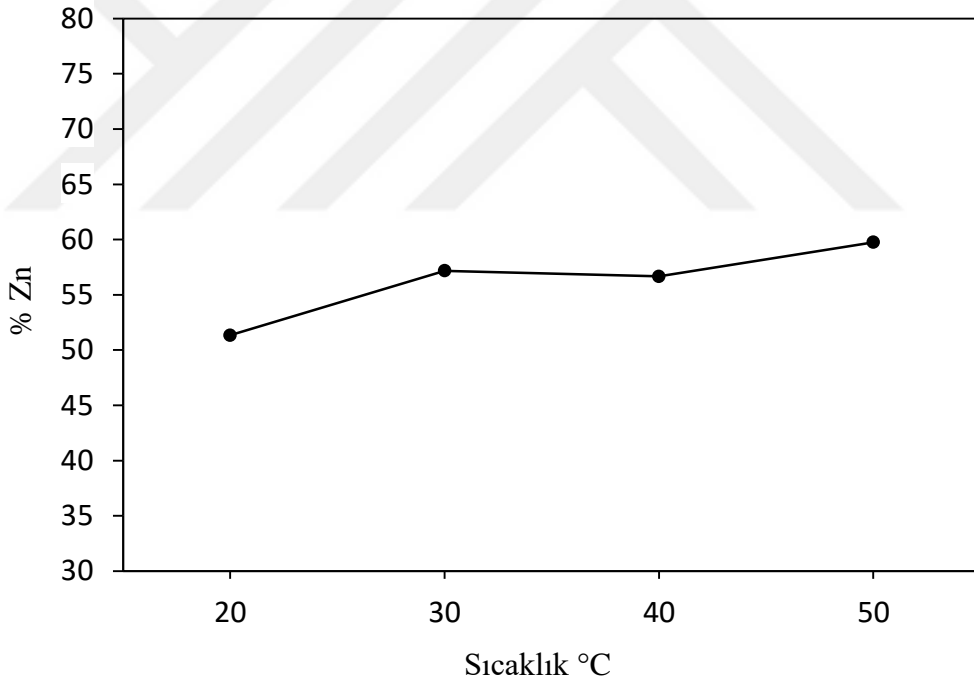
$Y_m$  verilerinden faydalanılarak marjinal ortalamalar ile ilgili parametreye ait seviyeler arasında çizilen grafikler ise Şekil 18 - 20'de gösterilmiştir. Birinci aşama  $C_6H_{10}O_6ZN$  çözünürlüğü için marjinal ortalama değerler Tablo 11 ve 12 'de verilmiştir.

**Tablo 13.** Çinko Çözünürlüğü İçin Marjinal Ortalama Değerler

Seviye	Asit Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi	Sıcaklık	Katı/Sıvı Oranı	Tane Boyutu
1	35,06	52,96	51,36	69,97	66,94
2	55,55	56,12	57,18	64,92	59,96
3	58,11	56,84	56,67	50,01	50,53
4	76,25	59,04	59,75	40,06	47,54
Delta	41,19	6,08	8,39	29,91	19,40
Rank	1	5	4	2	3

### Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi

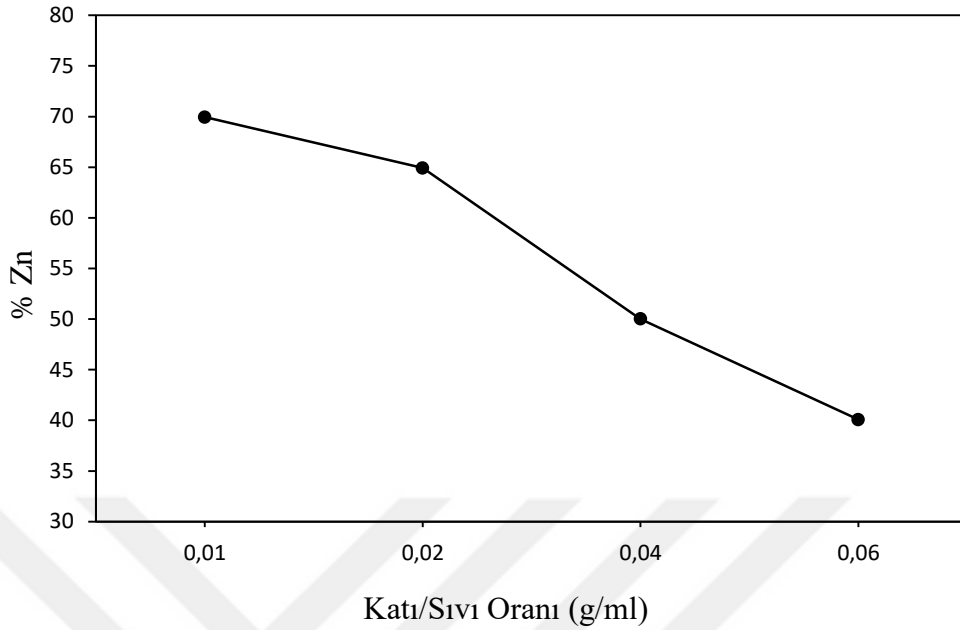
Smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerine sıcaklığın etkisini inceleyen çalışmada, 20-50°C aralığında çalışılmış ve çözünürlük üzerindeki etki Şekil 18'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, sıcaklığın smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur. Sıcaklık derecesi arttıkça dönüşüm hızında belirgin bir artış gözlenmiştir.

**Şekil 18.** Sıcaklığın çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi

### Katı/ Sıvı Oranın Etkisi

Smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerine katı/sıvı oranının etkisini incelemek amacıyla 2/200, 4/200, 8/200, 12/200 katı/sıvı oranları kullanılmıştır. Denry sonuçları Şekil 19' da grafik olarak sunulmuştur. Şekil 19 ve Tablo 12' den görüleceği üzere, 50. dakikada 2/200 g.mL<sup>-1</sup> değerinde dönüşüm % 69,87 iken 12/200 g.mL<sup>-1</sup> değerinde % 16,49'a düşmüştür . Grafikten de açıkça görüldüğü gibi, katı/sıvı oranının artması ile çözünme hızının azaldığı

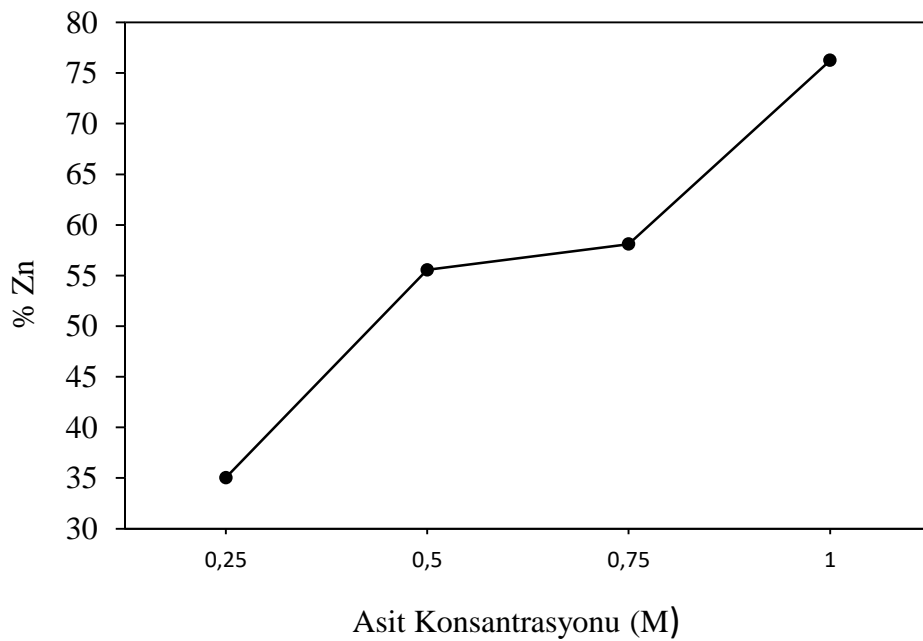
görülmüştür. Katı-sıvı oranı arttıkça, her bir birim çözücüye düşen katı miktarı artar ve bu durum çözünme hızının azalmasına neden olmaktadır.



**Şekil 19.** Katı-sıvı oranının çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi

#### **Asit Konsantrasyonunun Etkisi**

Laktik asit çözeltisinin konsantrasyonunun smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerindeki etkisi, 0,25 M, 0,50 M, 0,75 M ve 1 M konsantrasyon değerlerinde incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları Şekil 20'de verilmiştir. Şekil 20'den açıkça görüldüğü gibi, laktik asit çözeltisi konsantrasyonunun artması ile çözünme hızının da artmaktadır.



**Şekil 20.** Asit konsantrasyonunun çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi

### Karıştırma Hızının Etkisi

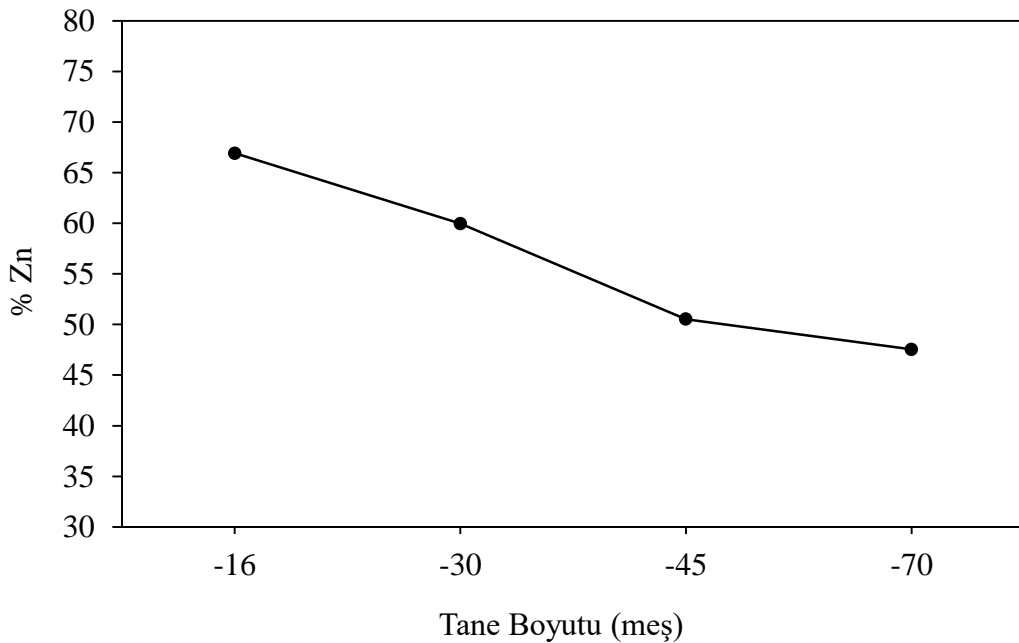
Smitsonit cevherinin çözünmesi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, karıştırma hızının etkisini değerlendirmek için 500 ile 800 rpm arasında dört farklı hız seviyesi seçilmiştir. Deneysel çalışmaların sonuçlarına göre, karıştırma hızının dönüşüm üzerindeki etkisi göz ardı edilebilecek seviyede bulunmuştur. (İlhan, 2021).

### Tane Boyutunun Etkisi

Smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerine tane boyutunun etkisi -16+30, -30+45, -45+70, -70+150 meş'lik fraksiyonlar kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kullanılan smitsonit cevherinin fraksiyonlarına ait ortalama tane boyutları Tablo 14'te verilmiştir. Bu verilere göre Şekil 21'den görüldüğü üzere dönüşüm yüzdesi, tane boyutu küçüldükçe artmaktadır.

**Tablo 14.** Smitsonit Cevherinin Tane Boyutları

	Tane boyutu (meş)
1	-16 +30
2	-30 +45
3	-45 +70
4	-70 +150

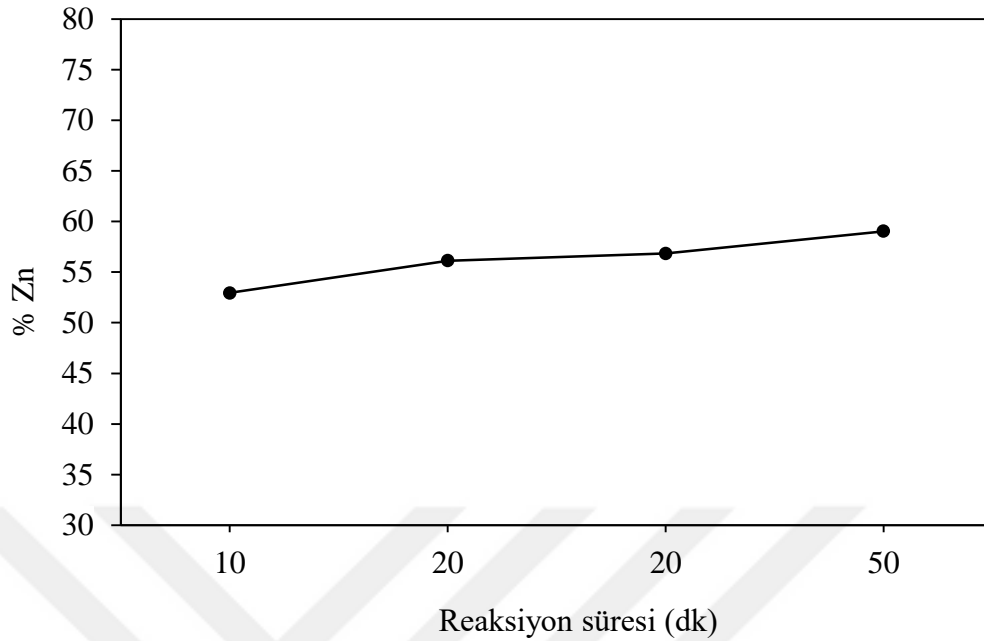


**Şekil 21.** Tane boyutunun çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi

### Reaksiyon Süresinin Etkisi

Smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerine reaksiyon süresinin etkisi çalışmalarında 10-50 dk aralığında incelenmiş ve çözünürlük üzerine etkisi Şekil 22'de verilmiştir. Görüleceği

üzere, reaksiyon süresinin smitsonit cevherinin çözünme hızı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ihmal edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



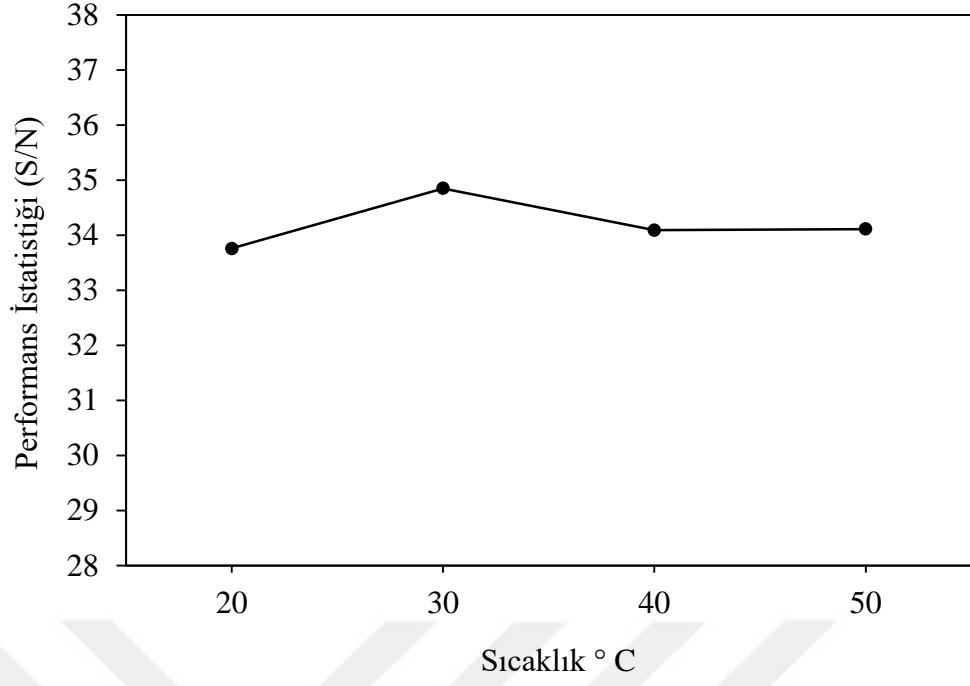
**Şekil 22.** Reaksiyon süresinin çinkonun ortalama çözünürlüğüne etkisi

### **Parametrelerin Performans İstatistiği Üzerine Etkileri**

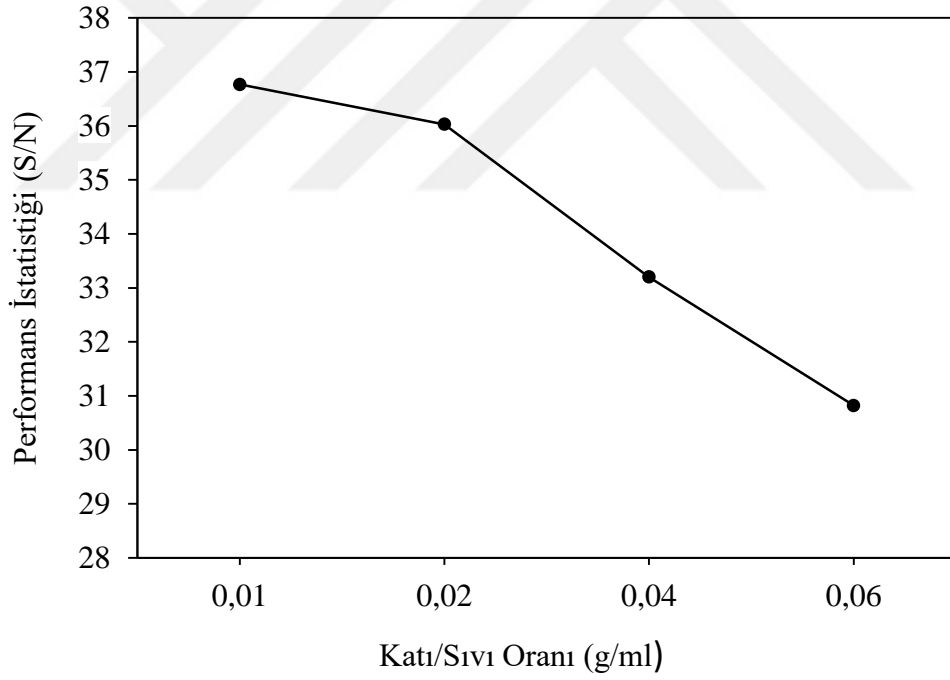
Parametrelerin performans istatistiği üzerindeki etkileri en büyük en iyi durumunu görmek amacıyla kullanılmıştır ve bu etkileri gözlemek için Tablo 15'te sunulmuştur. Sonuçlar ayrıca Şekil 23-27 arasındaki grafiklerde görsel olarak sunulmuştur.

**Tablo 15.** Sinyal/Gürültü Oranları İçin Yanıt Tablosu

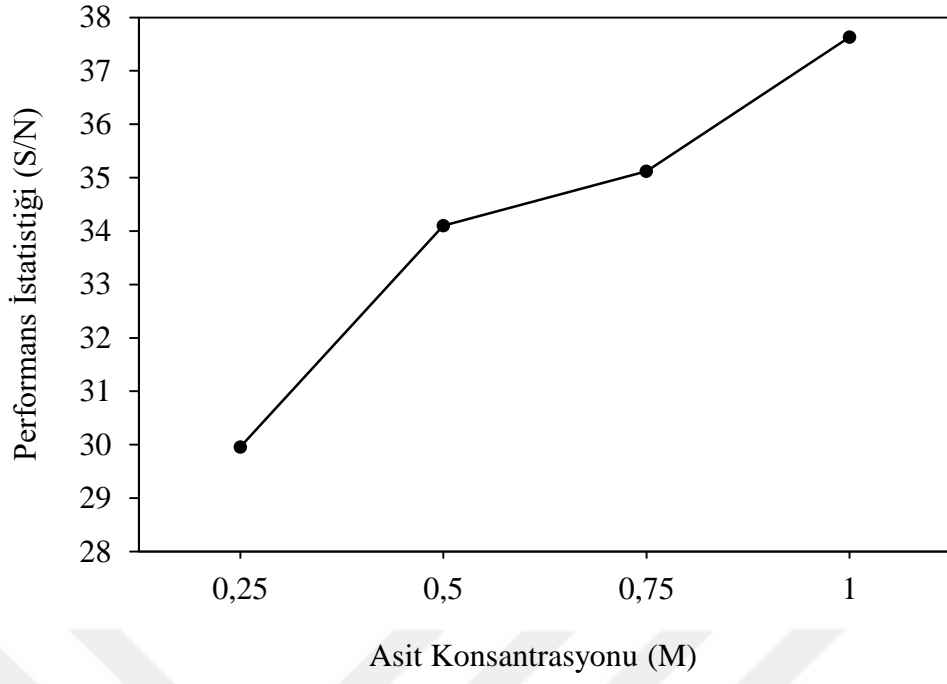
Seviye	Asit Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi	Sıcaklık	Katı/Sıvı Oranı	Tane Boyutu
1	29,96	34,12	33,76	36,77	36,41
2	34,10	34,36	34,85	36,03	35,28
3	35,12	34,29	34,09	33,20	32,92
4	37,63	34,04	34,11	30,82	32,20
Delta	7,67	0,32	1,08	5,95	4,20
Rank	1	5	4	2	3



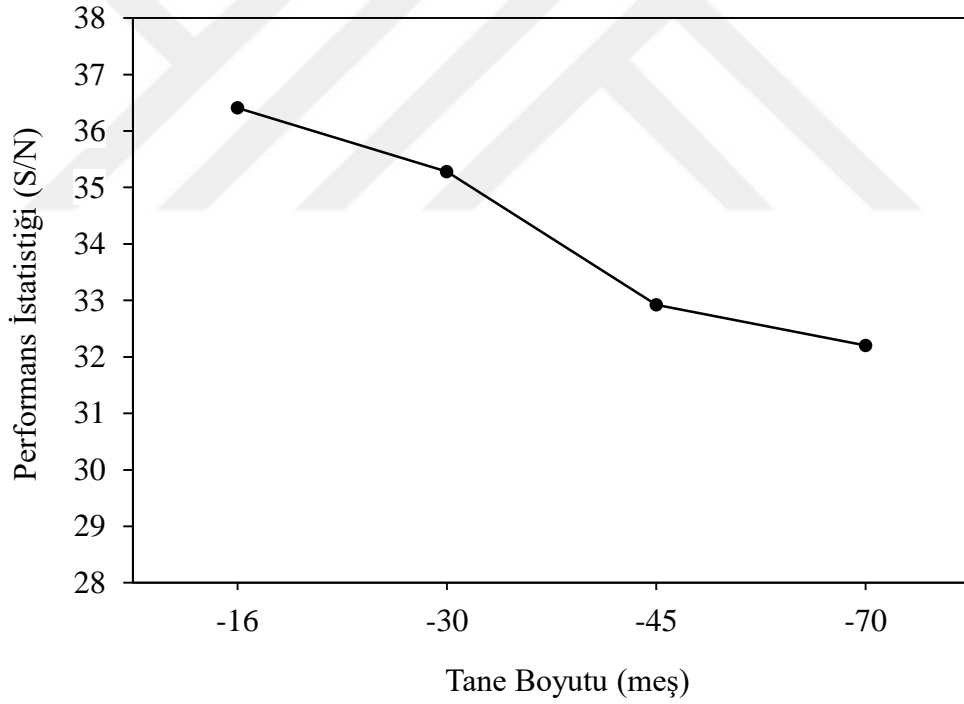
Şekil 23. Reaksiyon Sıcaklığının performans istatistiği üzerine etkisi



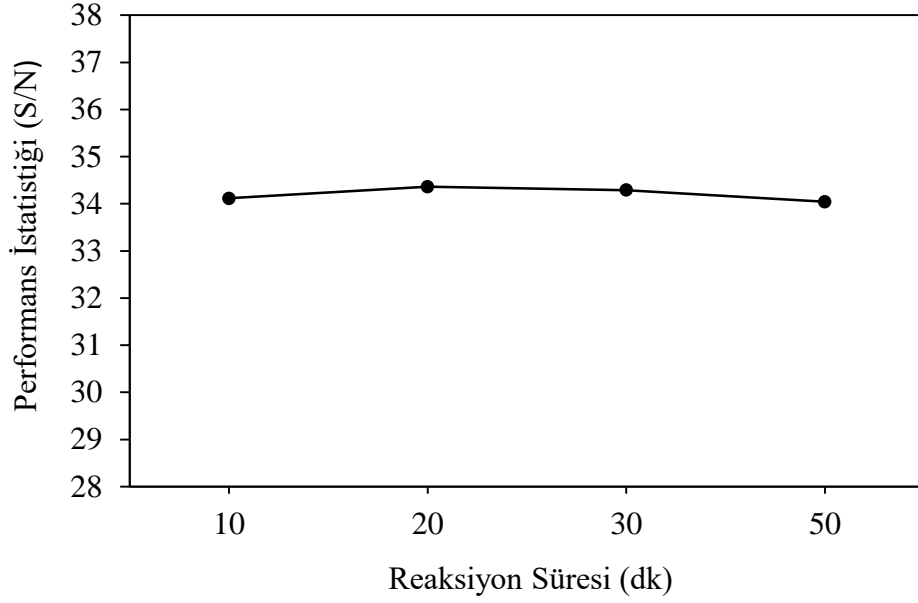
Şekil 24. Katı/Sıvı oranının performans istatistiği üzerine etkisi



Şekil 25. Laktik Asit çözeltisi konsantrasyonunun performans üzerine etkisi



Şekil 26. Tane boyutunun performans istatistiği üzerine etkisi



**Şekil 27.** Reaksiyon süresinin performans istatistiği üzerine etkisi

### Varyans Analizleri

Smitsonit cevherinin  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$  ile reaksiyonunun etkinlik değerlerini bulmak için optimum şartlarının belirlenmesi çalışmasında MİNİTAB18 paket programı kullanılmıştır. Varyans analizi hesaplamalarında aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır.

$$SS_A = \frac{\sum(A_i)^2}{n} - M, \quad SS_B = \frac{\sum(B_i)^2}{n} - M, \quad \dots, \quad SS_r = \frac{\sum(Y_i)^2}{n} - M \quad (8)$$

$$M = \frac{\sum(A_i + B_i + \dots + Y_i)^2}{N} \quad (9)$$

$$SD_A \square (A \text{ parametresinin seviye sayısı} - 1) \quad (10)$$

A, B, ..., Y : Parametreler

$A_i$  : A parametresinin i seviyesi

n : Her bir seviyede yapılan deneyin tekrar sayısı

N : Toplam deney sayısı

SD : Parametrelerin serbestlik derecesi

$$MS_A = \frac{SS_A}{SD_A}, \quad MS_B = \frac{SS_B}{SD_B} \quad (11)$$

$$SD_T = N - 1 \quad (12)$$

$$SD_{Hata} = SD_T - \sum SD_i \quad (13)$$

$$SS_{Hata} = SS_T - \sum(SS_A + SS_B + \dots) \quad (14)$$

$$SS_T = \sum Y_i^2 - M \quad (15)$$

$$MS_{Hata} = \frac{SS_{Hata}}{SD_{Hata}} \quad (16)$$

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_{Hata}} \quad (17)$$

Deneysel olarak bulunan  $F_{Deneyisel}$  değeri ile  $F_{Tablo}$  tablosundan değerler karşılaştırılarak parametrelerin örnekleri tespit edilmiştir. Eğer  $F_{Deneyisel} > F_{Tablo}$  ise, ilgili parametre etkindir, değiştirme parametresi etkin değildir. Tablo 16, tasarım deneylerine yönelik varyans analizi sonuçlarını içermektedir.

**Tablo 16.** Optimizasyon Deneyi İçin Varyans Analizi

Kaynak	Serbestlik derecesi (SD)	Katkı	Kareler toplamı (SSi)	Kareler Ortalaması (MSi)	F-Değeri	P-Değeri
<b>Asit Konsantrasyonu</b>	3	46,81%	122,436	40,8119	468,63	0,000
<b>Reaksiyon süresi</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Sıcaklık</b>	3	0,96%	2,519	0,8398	9,64	0,047
<b>Katı/Sıvı Oranı</b>	3	34,26%	89,613	29,8708	342,99	0,000
<b>Tane Boyutu</b>	3	17,86%	46,715	15,5718	178,80	0,001
<b>Hata</b>	3	0,10%	0,261	0,0871		
<b>Toplam</b>	15	100,00%	261,54			

Smitsonit cevherinin laktik asit çözeltilerinde çözündürülmesinin optimizasyon sonuçlarına göre çizilen grafiklerden en büyük en iyi durumları dikkate alınarak elde edilen optimum çalışma şartları A: 4, B: 2, C: 2, D: 1 ve E: 1 (Bu şartlar; Asit Konsantrasyonu 1 molar (A), Reaksiyon Süresi 20 dakika (B), Reaksiyon Sıcaklığı 30 °C (C), Katı-Sıvı oranı 2/200 (D), Tane Boyutu -70 meş (E) olarak bulunmuştur. Parametrelerin optimum seviyeleri ve bu seviyelerin sayısal değerleri Tablo 17’de verilmiştir. Optimum çalışma şartlarının belirlenmesinden sonra, bu şartlar altında elde edilen simitsonitin % 98,85 unun çözüldüğü tespit edilmiştir.

**Tablo 17.** Optimum Çalışma Şartları ve Tahmin Edilen Çözünme Miktarları

Parametre	Optimum Seviyeler	Optimum Değerler
A Asit Konsantrasyonu (M)	4	1
B Reaksiyon Süresi (dakika)	2	20
C Reaksiyon Sıcaklığı (°C)	2	30
D Katı-Sıvı Oranı (g/ml)	1	2/200
E Tane Boyutu (meş)	1	-70
Tahmin edilen çözünme miktarı (%)	100	
Tahmini Güven Aralığı (%)	96,95 – 100	
Tahmini Çözünen Miktar (%)	98,85	

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Kayseri yöresinden temin edilen smitsonit cevherinin laktik asit çözeltisinde çözündürülmesinin optimizasyonu “Taguchi Metodu” kullanılarak incelenmiştir. Taguchi yöntemi kullanılarak L16 (4<sup>5</sup>) ortogonal deney planı, optimizasyon deneyleri için oluşturulmuştur ve her bir parametrenin etkileri Minitab 18 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Minitab 18 paket programı kullanılarak çizilen grafiklerde, çinko laktat için performans karakteristiklerine karşılık gelen parametrelerin etkinlik dereceleri, ortalama ve S/N değerleri şeklinde gösterilmiştir.

Denemelerde sıcaklık, laktik asit çözeltisi konsantrasyonu, tane boyutu, katı/sıvı oranı ve reaksiyon süresi parametre olarak seçilmiştir. Buna göre optimum şartlar; sıcaklık 30 °C, katı/sıvı oranı 0,01 g/mL, laktik asit çözeltisi konsantrasyonu 1 M, tane boyutu -70 meş reaksiyon süresi 20 dk olarak bulunmuştur. Parametrelerin çözünme üzerine olan etkileri varyans (ANOVA) analizi yardımıyla değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda sıcaklık, asit konsantrasyonu, katı/sıvı oranı ve tane boyutunun çözünme üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Buna karşılık reaksiyon süresinin ise çözünme üzerine etkisinin ihmal edilebilir seviyede olduğu gözlenmiştir.

Tespit edilen optimum şartlarda iki doğrulama deneyi yapılmış ve ortalama olarak smitsonit cevherinin %98,85’i çözündüğü bulunmuştur.

Çinko laktat, önemli kullanım alanları olan bir ürün olup elde edilen bu optimum şartlarda cevherde bulunan safsızlıkları da uygun yöntemlerle giderilerek üretimi yapılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Addemir, O., Açma, E. ve Arslan, C., 1995. Çinko, Sistem Yayıncılık, İstanbul.
- Alfaris, A., 2010. Multiobjective optimization, [https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systemsdivision/esd-77-multidisciplinary-system-design-optimization-spring-2010/lecture-notes/MITESD\\_77S10\\_lec14.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/engineering-systemsdivision/esd-77-multidisciplinary-system-design-optimization-spring-2010/lecture-notes/MITESD_77S10_lec14.pdf) (12 Şubat 2017).
- Ameyhyst Galleries Inc., 1998. The Mineral Smithsonite.
- Anonim, 1998. D.M.D.B. Türkiye inko Envanteri, İstanbul.
- Anonim, 2000. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Demirdışı Metaller Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Anonim, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı-Metal Madenler Alt Komisyonu Kurşun-inko-Kadmiyum alışma Grubu Raporu, Ankara.
- Anonymous, 2004. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Zinc-lactate>
- Aral, S., 2021. Atıl Durumdaki Bilgisayar Anakartlarında Bulunan Metal ve Değerli Metallerin Çok Aşamalı Hidrometalurjik Yöntem Kullanılarak Geri Kazanılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Bailey, R.L., West K.P. Jr., Black R.E., 2015. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Ann Nutr Metab*, 2:22-33.
- Bernardo, F.P., Pistikopoulos, E.N., and Saraiva, P.M., 2001. Quality costs and robustness criteria in chemical process design optimization. *Computers & Chemical Engineering*, 27-40.
- Box, G. E. ve Bisgaard, S., 1987. The scientific context of quality improvement. *Center for Quality and Productivity Improvement*, 54-61.
- Böttcher, M.E., 1995. The Formation of Rhodochrosite-Smithsonite ( $MnCO_3-ZnCO_3$ ) Solid Solutions at 5°C. *Mineralogical Magazine*, 59, 481-488.
- Cengi, S., 2007. inkolu Atıkların Hidrometalurjik Yöntemlerle Kazanılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Datta R., Tsai S.P., Bonsignor P., Moon S. and Frank J., 1995. Technological and economical potential of polylactic acid and lactic acid derivatives. *FEMS Microbiology Reviews*, 16: 221-31.
- Datta, R., 2004. Hydrocarboxylic acids. In *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*.
- Demir, F., 2003. Manyezitin kalsinasyon kinetiği ve sitrik asit çözeltilerindeki çözünürlüğü. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi , Erzurum.
- DPT, 2001. Metal Madenler Alt Komisyonu inko-Pirit alışma Gurubu Raporu. Ankara.
- Erat, N., 2018. Sulu Ortamdan Astrazon Yellow 5gl Boyar Maddesinin Fenton Ve  $Uv/H_2O_2$  Prosesleri İle Gideriminin Taguchi Metodu Kullanılarak Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Erbaş, S., Olmuş, H., 2006. Deney Düzenleri ve İstatistik Analizleri, Baran Ofset, 3:412, Ankara.

- Ganeshan, R., Kulkarni, S. and Bone, T., 2001. Production economics and process quality; A Taguchi perspective. *Int. J. Production Economics*, 71, 343-350.
- Ghani, J., Choudhury I. and Hassan, H.H., 2004. Application of Taguchi Method in the Optimization of End Milling Parameters. *Journal of materials processing technology*, 145(1): 84–92.
- Graf, D.L., 1961. Crystallographic Tables For The Rhombohedral Carbonates *American Mineralogist*, 46, 1283-1316.
- Graf, G.G., Zinc, B.E., S, Hawkins., 1986. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, VCH: Weinheim, Germany, 509-530.
- Güler, Ç., Çobanoğlu Z., 1997. *Kimyasallar ve Çevre. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:50*, 1:3500, Ankara.
- Gümüş, R., 2009. Simitsonit Cevherinin Borik Asit Çözeltisi İçerisinde Çözünme Kinetiği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Hamzaçebi, Ç., 2000. Kalite Yönetiminde Taguchi Felsefesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Hurşit, M., 2008. Smitsonit (çinko karbonat) Cevherinin Glukonik Asit Çözeltilerinde Çözünme Kinetiği ve Ultrases Enerjisinin Etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Ilkhechi, N.N., Yavari, R., Barakan, S., .2016. Evaluation and optimization of effective parameters on zinc sulfate flotation by the Taguchi method. *Silicon*, 9:695–701.
- İlhan, S., 2021. Çinko Laktat Üretiminde Uygun Kinetik Mekanizmanın Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kackar R.N., 1986. Taguchi's Quality Philosophy: Analysis and Commentary, robustness criteria in chemical process design optimization. *Quality Progress*.
- Kaksonen, A.H., Riekkola-Vanhanen, M.-L. and Puhakka, J.A., 2002. Optimization of Metal Sulphide Precipitation in Fluidized-bed Treatment of Acidic Wastewater. *Water Research*, 37/2003, 255–266.
- Karagöz, Ö., 2012. Atık Üleksit ile SO<sub>2</sub> Tutulmasının Optimizasyon ve Kinetiğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kavcı, E., 2013. Üleksitin Bisülfat Çözeltilerinde Çözündürülmesinin Kinetiği, Optimizasyonu ve Elde Edilen Çözeltilerden Borik Asit Üretimi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kaya, G., 2017. Sfalerit Cevherinin Basınç Altında Çözündürülmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kaya, Ö., 2016. Üleksitin Disodyum Hidrojen Fosfat Çözeltilerinde Çözünme Kinetiği ve Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Kirk, R.E., Othmer, D.F., *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley-Interscience 2.ed., 12:170-187, New York.
- Komesu, A., de Oliveira, J.A.R., da Silva Martins, L.H., Wolf Maciel M.R., Maciel F.R., 2017. Lactic Acid Production to Purification: A Review. *BioResources*, 12:2, 4364-4383.
- Kumar, S., Sureshkumar, K. and Velraj, R., 2014. Optimization of Biodiesel Production from Manilkara Zapota (L.) Seed Oil using Taguchi Method. *Fuel*, 90-96.

- Küçük, Ö., 2003. Uleksitten Monosodyum Pentaborat Üretimi. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Lee, W., 1975. Experimental Design ve Analysis. W.H. Freeman & Company, San Fransisco.
- Moghaddam, J., Sarraf-Mamoory, R., Yamini, Y. and Abdollahy, M., 2005. Determination of the Optimum Conditions for the Leaching of Nonsulfide Zinc Ores (High-SiO<sub>2</sub>) in Ammonium Carbonate Media. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44, 8952-8958.
- Mongomery, D.C., 2001. Design and Analysis of Experiments. 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc. Arizona.
- Oban, S., 2008. Melastan fermantasyonla laktik asit üretiminin optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Öktüren, A.F., Sönmez, S., 2006. Ağır Metal Toksikitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23:2, 36-45.
- Özgünde, S., 2014. Simitsonit Cevherinden Çinko Fosfat Üretiminin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Peace, G.S., 1992. Taguchi Methods: A Hands-On Approach by Glen Stuart Peace.
- Peace, G.S., 1993. Taguchi methods: A Hands-On Approach. Addison-Wesley Publishing Company, Boston.
- Ross, P.J., 1996. Taguchi techniques for quality engineering : Loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design. McGraw-Hill, New York.
- Roy, R.K., 2010. A primer on the taguchi method. Society of Manufacturing Engineers. Dearborn, Michigan.
- Şanyılmaz, M., 2006. Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemiyle Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Şenoğlu B., Acıtaş, Ş., 2010. İstatistiksel Deney Tasarımı Sabit Etkili Modeller. Nobel Yayın, İstanbul, 5-7.
- Şirvancı, M., 1997. Kalite İçin Deney Tasarımı "Taguchi Yaklaşımı". İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Taguchi, G., 1987. System of Experimental Design; Quality Resources, 1:108, New York, U.S.A.
- Taguchi, G., Konishi, S., 1987. Taguchi Methods: Orthogonal Arrays and Linear Graphs: Tools for Quality Engineering. American Supplier Institute, Dearborn, Michigan.
- Taylan, D., 2009. Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Ünal, M., 2014. Smitsonit (ZnCO<sub>3</sub>)'ten Çinko Nitrat Üretiminin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Vick Roy, T.B., 1995. Lactic acid. *Comprehensive Biotechnology*, 3:1136.
- Viswanathan, A., 2005. Using orthogonal arrays to train artificial neural networks. MPhil thesis, Robert Gordon University. Garthdee. UK.
- Wee Young, J., Kim Jin, N. and Ryu Hwa, Won., 2006. Biotechnological Production of Lactic Acid and Its Recent Applications. *Food Technology Biotechnology*, 44:2 163-172.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
<b>Adı Soyadı:</b>	Elif ŞAHİN
<b>Doğum Yeri:</b>	
<b>Uyruğu:</b>	
<b>Adres:</b>	
<b>Tel:</b>	
<b>E-mail:</b>	
Eğitim	
<b>Lise:</b>	BAYBURT LİSESİ
<b>Lisans:</b>	Atatürk Üniversitesi Kimya Mühendisliği
<b>Yüksek lisans:</b>	Kimya Mühendisliği
<b>Doktora:</b>	
Yabancı Dil Bilgisi	
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	