

**T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI İNCİ ÖRNEKLERİNİN
X-IŞINLARI TOZ KİRİNİM YÖNTEMİ
İLE
NİTEL ANALİZİ**

**Tezi Hazırlayan
Gökçen Satılmışoğlu**

**Tezi Yöneten
Prof. Dr. Mehmet Akkurt**

**Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ağustos 2010
KAYSERİ**

**T.C
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI İNCİ ÖRNEKLERİNİN
X-IŞINLARI TOZ KİRİNİM YÖNTEMİ
İLE
NİTEL ANALİZİ**

**Tezi Hazırlayan
Gökçen Satılmışoğlu**

**Tezi Yöneten
Prof. Dr. Mehmet Akkurt**

**Fizik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Ağustos 2010
KAYSERİ**

Prof. Dr. Mehmet AKKURT danışmanlığında **Gökçen SATILMIŞOĞLU** tarafından hazırlanan “**Bazı İnci Örneklerinin X-Işınları Toz Kırınımı İle Nitel Analizi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

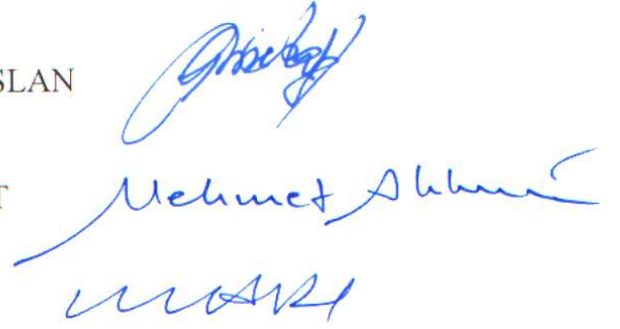
24.08.2010

JÜRİ:

Başkan : Doç. Dr. Mustafa GENÇASLAN

Üye : Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Üye : Doç. Dr. Mehmet ARI



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 31.08.2010 tarih ve 2010/31-14 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

31.08.2010




Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Bazı İnci Örneklerinin X-ışınları Toz Kırınım Yöntemi ile Nitel Analizi” konulu tez çalışmasının seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi ve manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Mehmet Akkurt‘ a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İnci örneklerini sağlayan Sayın Erdoğan Kuyumculuk sahibi Salim Erdoğan‘ a ve çalışmalarım sırasında yardımcı olan AR-GE çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca bana verdiği maddi ve manevi destek, göstermiş olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli aileme teşekkür ederim.

Ayrıca beni yetiştiren, bugüne gelmemde emekleri olan bütün hocalarıma teşekkür eder, meslek hayatları boyunca başarı dolu yıllar geçirmelerini dilerim.

BAZI İNCİ ÖRNEKLERİNİN X-IŞINLARI TOZ KIRINIM YÖNTEMİ İLE NİTEL ANALİZİ

Gökçen SATILMIŞOĞLU
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2010
Tez Danışman: Prof. Dr. Mehmet AKKURT

ÖZET

İncilerin, günlük hayattaki kullanım alanları gittikçe genişlemektedir. Eskiden sadece aksesuar olarak kullanılırken günümüzde kozmetikten sağlık alanına kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Bu tez çalışmasında, öncelikle renkleri, şekil ve boyutları birbirinden farklı dokuz adet inci örneği, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Herzog marka zirkonyum tungsten malzemeden yapılmış öğütücüde toz haline getirildi ve Bruker AxS D8 Advance marka X-ışınları toz difraktometresinde de toz kırınım desenleri alındı. Kırınım desenleri bakır hedefli X-ışınları tüpü, 40kV gerilim, 40 mA tüp akımı şartlarında kullanılarak, kırınım desenleri 5-90°'lik 2θ açılı aralığında, 0.02°/sn tarama hızı ile alındı. İnci örneklerinin nitel analizleri XRD Evaluation programı kullanılarak Hanawalt metoduna göre yapıldı. Analiz sonucunda inci örneklerinde, aragonit (kalsiyum karbonat) (41-1475), selyum zink fosfat (45-277), hidrazin hidrojen sülfid (70-922), hidrojen semikarbazid klorid (73-1381), nitrojen klorid (70-1610), sodyum hidrojen fosfat (77-96), fumarik asit (39-1838), kalsiyum fosfat (73-440) ve magnezyum aqua rubidyum klorid (80-1703) maddeleri tespit edildi.

Son olarak, Overlap programı kullanılarak nitel analizde yapılan atama işleminin güvenilirliği test edildi. İncelemeler sonucunda incilerin yapısında ağırlıklı olarak aragonit (kalsiyum karbonat) ve hidrazin hidrojen sülfid bulunduğu saptandı.

Anahtar Kelimeler: Toz kırınım metodu, Hanawalt Metodu, İnci.

THE QUALITATIVE ANALYSIS OF SOME PEARL SAMPLES WITH THE METHOD OF X-RAY POWDER DIFFRACTION

ABSTRACT

The uses of pearls are widening more and more in everyday life. They were only used as accessories in the past but at the present day, they are in wide usage such as from cosmetic to medical.

In this thesis study, nine different pearl samples which are primarily different colours, shapes and dimensions are pulverizing in the grinder that made by Herzog brand Zirconium wolfram at the Center of Erciyes University and the powder diffraction pattern was taken in Bruker AxD8 Advance brand X-ray powder diffractionmeter. The diffraction pattern copper targeted X-ray tube was taken by using 40 mA tube current conditions and 40 kV voltage. The diffraction pattern was taken from 5° to 90° at the 2θ range and 0.02°/s scanning rate. The qualitative analysis of the pearl samples were done by using XRD Evaluation program according to Hanawalt method. According to the analysis result, aragonit (calcium carbonate) (41-1475), cesium zinc phosphate (45-277), hydrazine hydrogen sulfite (70-922), hydrogen semicarbazid chloride (73-1381), nitrogen chloride (70-1610), sodium hydrogen phosphate (77-96), fumaric acid (39-1838), calsium phosphate (73-440) and magnesium aqua rubidium chloride (80-1703) were found at pearls.

In conclusion, the reliability of assignment operation which is done in qualitative analysis, was tested by using Overlap program. As a result of this research, mainly aragonit (calcium carbonate) and hydrazine hydrogen sulfite were found in pearls.

Key Words: X-ray powder diffraction, Hanawalt method, pearl.

İÇİNDEKİLER

Kapak	i
Teşekkür	ii
Özet	iii
İçindekiler	v
Tablolar listesi	vii
Şekiller Listesi	viii

BÖLÜM 1

1.Giriş.....	1
--------------	---

BÖLÜM 2**2.X-IŞINLARI**

2.1. X -ışınlarının Keşfi.....	2
2.2. X -ışınlarının Meydana Gelmesi	2
2.3. X -ışınlarının Özellikleri.....	4
2.4. X- ışınlarının Uygulamaları	4
2.5. Sürekli spektrumu	5
2.6. Karakteristik spektrum	7
2.7. Moseley Kanunu	8
2.8. X ışınlarının soğurulması	10
2.9. X ışınlarının süzülmesi.....	12

BÖLÜM 3

3.KRİSTALLER

3.1. Kristal Yapı	14
3.2. Kristal Örgü.....	15
3.3. Kristal Sistemleri ve Bravais Örgüler	16
3.4. Kristal Düzlemleri ve Miller indisleri	19
3.5. Kristallerde Ters Örgü.....	22
3.6. X-Işınlarnının Bir Atom Tarafından Saçılması.....	25
3.7. X-Işınlarnının Bir Elektron Tarafından Saçılması	27
3.8. X-Işınlarnının Bir Birim Hücre Tarafından Saçılması	30
3.9. Bragg Kanunu	34

BÖLÜM 4

4. TOZ KIRINIM ÇALIŞMALARI

4.1. Toz Kırınım Yöntemi.....	37
4.2. Hanawalt Metodu	41
4.3. İncinin Tarihi.....	43
4.4. İncinin Oluşumu ve Kimyasal Yapısı	45
4.5. İncilerin Çıkarıldıkları Yerler ve Çeşitleri	46
4.6. İncilerin Kullanım Alanları ve Yararları	52
4.7. Deneysel İşlemler	53

BÖLÜM 5

Sonuç ve Tartışma.....	77
Kaynaklar	79
Özgeçmiş.....	82

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. 14 Bravais Örgüsü.....	18
Tablo 4.1. Gök-01 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	56
Tablo 4.2. Gök-02 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	58
Tablo 4.3. Gök-03 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	60
Tablo 4.4. Gök-04 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	62
Tablo 4.5. Gök-05 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	64
Tablo 4.6. Gök-06 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	67
Tablo 4.7. Gök-07 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	70
Tablo 4.8. Gök-08 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	72
Tablo 4.9. Gök-09 Numaralı İncinin Analiz Sonucu	74
Tablo 4.10. İncilerin analizinin toplu sonuçları	75
Tablo 5.1. İncilerde Tespit Ettiğimiz Maddeler ve Rastlanma Sıklığı	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Bir X-ışını tüpünün şematik gösterimi	3
Şekil 2.2. Bir fotonun oluşmasına sebep olan çekirdekle bir elektronun Bremsstrahlung Çarpışması	3
Şekil 2.3. Sürekli X-ışını spektrumu.....	6
Şekil 2.4. Tipik bir X-ışını tüpünün çıkışı	7
Şekil 2.5. K_{α} ve K_{β} ' nın oluşumunun şematik gösterimi.....	9
Şekil 2.6. X-ışınlarının soğurulması	10
Şekil 2.7. Dalga boyuyla birlikte kütle soğurma katsayısının değişimi.....	11
Şekil 2.8. Bakır radyasyon spektrumunun bir nikel süzgeçten a) geçmeden önceki , b) geçtikten sonraki durumu.....	13
Şekil 3.1. Bir Birim Hücrede Eksen ve Açılar.....	15
Şekil 3.2. Bir Örgü	16
Şekil 3.3. Bravais Örgüleri.....	17
Şekil 3.4. Miller İndislerinin Düzlem Üzerinde Gösterimi.....	19
Şekil 3.5. Önemli Bazı Kübik Düzlemlerin Miller İndisleri.....	20
Şekil 3.6. Ter Örgünün Düzlem Üzerindeki Gösterimi	22
Şekil 3.7. X-ışınlarının Bir Atom Tarafından Saçılması.....	25
Şekil 3.8. Bakır, alüminyum ve oksijen için atomik saçılma faktörünün $(f), (\sin \theta) / \lambda$ Değişimi	26
Şekil 3.9. X-ışınlarının Bir Elektron Tarafından Saçılması.....	28
Şekil 3.10. Durgun Elektrondan Foton Saçılmasının Geometrik Gösterimi	30
Şekil 3.11. X-ışınlarının Bir Birim Hücre Tarafından Saçılması.....	31
Şekil 3.12. SiGe Kristalinden Çekilmiş Bir X-ışınları Fotoğrafı.....	34
Şekil 3.13. Bragg şartını açıklamak için X-ışınlarının düzlemlerden yansımaları. İki komşu düzlemden yansımaların gösterimi.....	35
Şekil 4.1. İnci numunelerinin öğütüldüğü cihaz	39
Şekil 4.2. X- ışını toz kırınım desenlerinin alındığı cihaz	40
Şekil 4.3. Avustralya İnci Örnekleri	47
Şekil 4.4. Güney Denizi İnci Örnekleri	47

Şekil 4.5. Güney Pasifik ‘ ten çıkarılmış siyah inci örneği.....	48
Şekil 4.6. Tahiti İnci Örneği	48
Şekil 4.7. Akoya İncisi.....	49
Şekil 4.8. Keshi İncisi	49
Şekil 4.9. Mabé İncisi	50
Şekil 4.10. Kasumiga İncisi	50
Şekil 4.11. Sahte İnci Kolye	51
Şekil 4.12. İncilerin toplu fotoğrafları	54
Şekil 4.13. Gök – 01 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	55
Şekil 4.14. Gök – 02 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	57
Şekil 4.15. Gök – 03 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	59
Şekil 4.16. Gök – 04 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	61
Şekil 4.17. Gök – 05 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	63
Şekil 4.18. Gök – 06 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	66
Şekil 4.19. Gök – 07 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	69
Şekil 4.20. Gök – 08 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	71
Şekil 4.21. Gök – 09 Numaralı İncinin Toz Kırınım Deseni.....	73

BÖLÜM 1

GİRİŞ

X-ışınları toz kırınım tekniği ile kimyasal analiz diğer analiz yöntemlerine göre daha geniş alana sahip olduğundan dolayı, kristal yapısı bilinmeyen maddelerin kristal yapısını tayin etmede yararlanılan en iyi analiz yöntemi olarak kullanılmaya başlamıştır. Daha önce XRF ile incilerin yapısı araştırılmış olmasına rağmen XRD ile araştırması yapılmamıştır. XRD yöntemiyle numuneye daha az zarar veriliyor ve aynı zamanda zamandan da tasarruf sağlanıyor.

Bu tez çalışmamızda, 9 adet daha önce X-ışınları toz kırınım yöntemi ile incelenmemiş inci örneklerini X-ışınları toz kırınım difraktometresinde kırınım desenleri alınarak, Hanawalt metodu ile incilerin yapısına giren maddeler, yapıda yer aldıkları şekilde formül ve adları ile nitel olarak saptanmıştır. Analiz işleminin güvenilirliği için Overlap programı ile örtüşme katsayılarını tespit edildi.

X-ışınları toz kırınım metodu kullanılarak inci içerisinde aragonit (kalsiyum karbonat) ve başka birkaç maddenin kristal sistemi ve birim hücre parametreleri tespit edildi. Kalsiyum karbonat ve bulduğumuz diğer maddelerin kristal sistemleri daha önce belirlenmediği için toz kırınım yöntemi ile incelenmesine karar verilmiştir.

BÖLÜM 2

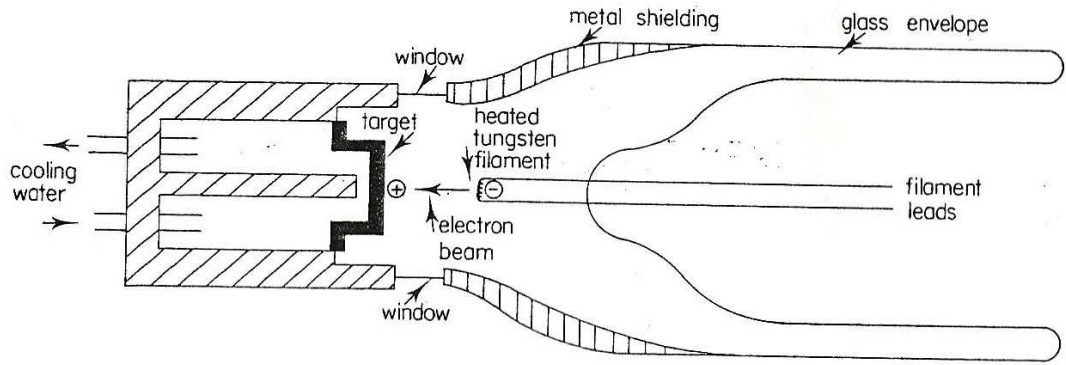
X-IŞINLARI

2.1. X-Işınlarının Keşfi

1895' te Wilhelm Röntgen, hızlı elektronlar maddenin üstüne düştüğünde, doğası bilinmeyen, çok girici bir radyasyonun oluştuğunu buldu [1]. Bu olay esas itibariyle bir atomik olaydır ve bombardıman edilen atomun uğradığı çok derin değişikliklerin sonucu gibi düşünülebilir [2]. Bu buluşu için 1901 Nobel Fizik Ödülü' nü aldı [3].

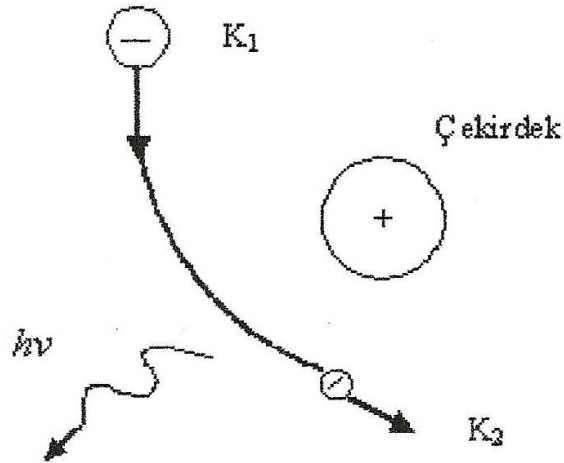
2.2. X-Işınlarının Meydana Gelmesi

X-ışınları, metal bir hedefe elektronların çarpması sonucu meydana gelir. Havaşı boşaltılmış cam bir tüpte iki elektrot bulunur. Tungsten filamanın (katot) ısıtılmasıyla elektronlar oluşur. Filaman ve hedef arasına yüksek bir potansiyel farkı uygulayarak elektronlar hedefe doğru hızlandırılır [4]. Bu hızlanma elektronların birkaç keV enerji kazanmalarına yol açar; bu enerji $0,1c$ kadar bir hıza karşılık gelir. Elektronlar hedefe çarpıp aniden durduğunda X-ışınları üretilir [5].



Şekil 2.1. Bir X-ışını tüpünün şematik gösterimi.

Bu çarpışmada üretilen radyasyon Bremsstrahlung olarak isimlendirilir [6]. Bir Bremsstrahlung çarpışması Şekil 2.2' de gösterilir.



Şekil 2.2. Bir fotonun oluşmasına sebep olan çekirdekle bir elektronun Bremsstrahlung Çarpışması.

2.3. X-ışınlarının Özellikleri

- Katot ışınlarının çarptıkları yerlerde (katı, sıvı veya gaz) oluşurlar.
- Bir doğru boyunca ve ışık hızıyla yayılırlar.
- Elektriksel ve manyetik alanda sapmazlar. Yani elektrik yüklü değildirler.
- Sert ve yumuşak türleri vardır. Sert ışınlar daha giricidir [7].
- Dalga boyları 0,1–10 Å aralığındadır [8].
- Dalga ve parçacık özelliğine sahip elektromagnetik radyasyondur [9].

2.4. X-Işınlarının Uygulamaları

X-ışınları sahip olduğu özelliklerden dolayı hayatın hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Tıp, endüstri, biyoloji, fizik, kimya, astronomi ve daha birçok alanda uygulanma olanağı vardır.

Günümüzde Nükleer görüntüleme, tıpta ve endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Endüstrideki kullanım alanları tıp alanındaki kadar geniş ve çeşitli olmasa da özellikle reaktör çalışmalarında ve tahribatsız muayene olarak bilinen cisimlerin içsel kesit görüntülerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır [10].

Yüklü hale getirilen ışınının tıpta iki farklı kullanımı vardır: teşhis ve tedavi. Her ikisi de hastalara yarar sağlamaya yönelik olup, fayda riske mutlaka üstün gelmelidir. Klasik bir röntgen tetkikinde, cihazdan gelen ışınım hastadan geçer. X-ışını bedenden ve kemiklerden farklı derecelerde nüfuz ederek, fotoğraf filmi üzerinde vücudun içyapılarının görüntüsünü oluşturur [11].

Endüstride X-ışınları metal parçaların, özellikle de dökümlerin ve kaynaklanmış parçaların sağlamlığının denetlenmesinde kullanılır. Çok sayıda parçadan oluşan malzemelerin, örneğin elektrikli aletlerin montajının doğru yapıp yapılmadığı da x-ışınlarıyla incelenebilir [12].

Astronomide x-ışınları, dış uzaydaki X-ışını kaynaklarının incelenmesini konu alan bir bilim dalıdır [13].

2.5. Sürekli Spektrum

X-ışınları tüpünün hedef malzemesi, katot filamanından hızlandırılmış elektronlar ile bombardıman edildiği zaman x-ışını tayfının iki tipi elde edilir. Birincisi sürekli spektrum olarak adlandırılır.

Sürekli spektrum minimum dalga boyu ile X-ışınlarının dalga boylarının bir dizisinden meydana gelir [14].

Sürekli spektrum gelen elektronlarla hedefteki elektronların çarpışması sonucu oluşur. Çarpışma sırasında elektronların kaybettiği kinetik enerji hedeften x-ışını fotonu olarak yayınlanır [15]. Yani,

$$E = eV = h \nu \quad (2.1)$$

dür ki, burada V, uygulanan voltaj ve e, elektronun yüküdür ve hν, fırlatılan ışığın frekansıdır. Denklem (2.1)' de,

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

dır ki, burada c, ışık hızı ve λ, dalga boyudur. Ayrıca,

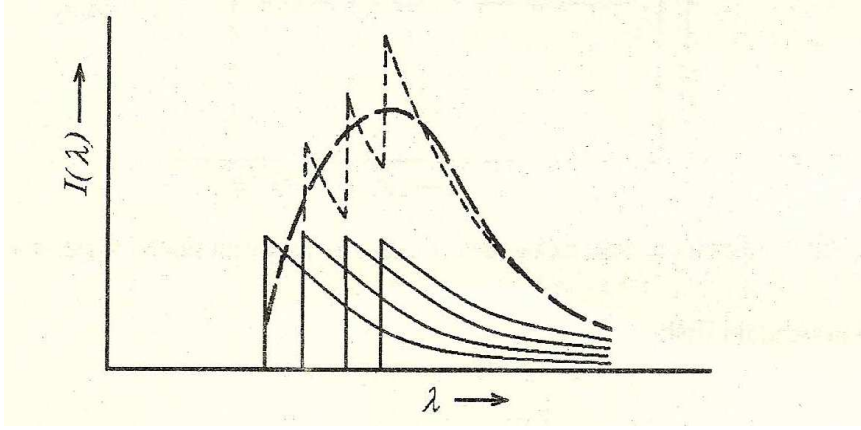
$$h \frac{c}{\lambda} = eV \quad (2.3)$$

$$\lambda = \frac{hc}{Ve} \quad (2.4)$$

bağıntısı yazıldığında,

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} = \frac{12,396}{V(\text{volt})} \text{ \AA} \quad (2.5)$$

değerinde bir dalga boyu elde ederiz ki bu, Duane-Hunt kanunu olarak bilinmektedir. Her elektron enerjisinin tamamını bir tek adımda vermez. Çoğu elektronlar enerjilerini birbirlerine eşit olmayan ΔV artışlarıyla verir ki bu adımlardan her biri $12,396/\Delta V$ dalga boylu fotonların yayınlanmasına sebep olur. Çok sayıda elektronun böyle kademeli ışımda bulunması bir sürekli banda veya dalga boyuna (ki bu dalga boyu $\geq \lambda_{\min}$) sebep olur. Bu durum Şekil 2.3' te gösterilmiştir [16].



Şekil 2.3. Sürekli X-ışını spektrumu.

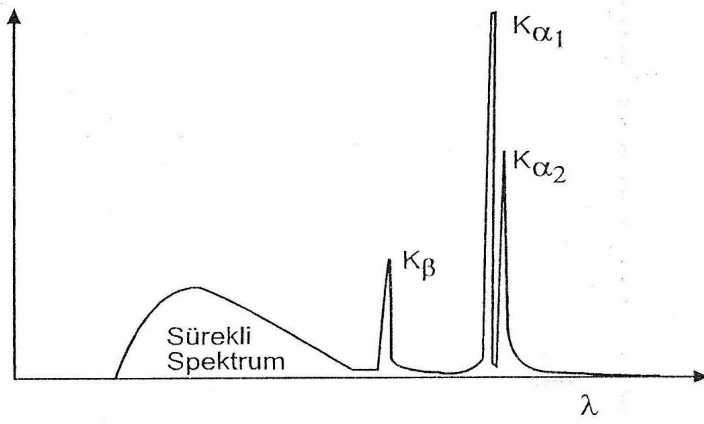
Toplam şiddet, yaklaşık olarak voltajın karesi ve direkt olarak hedef maddenin atom numarası ile orantılıdır ve

$$I_{\text{sürekli spektrum}} = A i Z V^m \quad (2.6)$$

bağıntısı ile ifade edilir ki, burada A, orantı sabiti ve m yaklaşık 2 olan sabittir. O halde fazla miktarda beyaz radyasyon istenirse hedef olarak Tungsten gibi ağır bir metal ve mümkün olduğu kadar yüksek bir voltaj kullanmak gereklidir [17].

2.6. Karakteristik Spektrum

X-ışınları tayfının ikincisi karakteristik spektrum olarak adlandırılır. Karakteristik x-ışınları atomun bağlı iç yörünge elektronlarının dış yörüngelere uyarılması veya iyonlaşma neticesinde atomun yeniden temel hale geçişi sırasında yayınlanırlar [18].



Şekil 2.4. Tipik bir X-ışını tüpünün çıkışı.

Karakteristik spektrumun başlıca özellikleri şöyle sıralanır:

- Karakteristik X-ışınları çizgi spektrumu ortaya çıkarır. Çünkü bu X-ışınları, dış yörüngeden iç yörüngeye elektron atlamasının bir sonucudur ve bu yüzden de farklı enerjilere sahiptir.
- Hidrojen atomundaki çeşitli enerji seviyeleri gibi spektral çizgilerin çeşitli serilerinin yükselişini gösterir, bu yüzden diğer atomlardaki çeşitli enerji seviyeleri de serilerdeki gruplanmış yayılan radyasyonlara sebep olur [19].
- Her seri, yalnızca voltajın büyük ölçüde hızlandırıldığı durumda ve durdurma potansiyeli diye adlandırılan kritik bir V_0 değeri tanımlandığında ortaya çıkar [20].
- Karakteristik X-ışınları hedef malzemesine bağlıdır ama katot ve hedef arasında uygulanmış potansiyel farkına bağlı değildir [19].

2.7. Moseley Kanunu

Moseley Kanunu, karakteristik X-ışını için ampirik bir çözümdür. Moseley, elementler tarafından üretilmiş karakteristik X-ışınlarının dalga boyu hesaplaması için bir monokromatör ve film kullanmıştır ($13 < Z < 79$) [21].

Bir karakteristik çizginin şiddeti çok büyük olabilir. Mesela 30 kV' da çalıştırılan bir bakır hedef için K_{α} çizgisinin şiddeti sürekli spektrumda kendisine hemen komşu olan dalga boylarına ait şiddetin 90 katıdır. Çok şiddetli olmaktan başka karakteristik çizgiler aynı zamanda çok dardır [17].

Moseley kanunu bir spektral çizginin dalga boyu ve atom numarası arasındaki ilişkiyi,

$$\lambda = \frac{K}{(Z - \sigma)^2} \quad (2.7)$$

olarak tanımlar. Burada K ve σ , belirli bir spektral çizgi için sabitlerdir. σ (sigma) sabiti K-çizgileri için 1 ve daha çok korunmuş L-çizgileri için 7.4' e eşittir. Bu ifade için enerji yaklaşık olarak,

$$E \text{ (keV)} = K (Z - 1)^2 \quad (2.8)$$

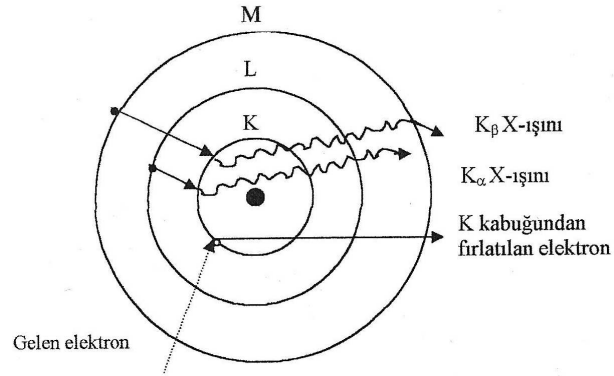
denkleme eşittir.

Burada Z, atom numarası ve K değerleri;

K-kabuğu için, 1.024×10^{-2} ;

L-kabuğu için, 1.494×10^{-3} ve

M-kabuğu için, 3.446×10^{-4} ' e eşittir.



Şekil 2.5. K_{α} ve K_{β} 'nın oluşumunun şematik gösterimi.

Moseley' in bu ilişkiyi saptaması, elementlerin Z 'ye göre düzeninin basit bir denemesi ile sağlanmıştır. Böylece elementlerin periyodik tabloda nerede eksik olduğunu gösterdi ve bu durum elementlerin bir kısmının keşfine de ışık tuttu [22].

Moseley, Bohr atom modelini çok iyi biliyordu. Elektron kabuklarının enerjisi çekirdek yüküne bağlı olduğuna göre yayınlanan X-ışınlarının da çekirdek yüklerine bağlı olması gerektiği sonucunu çıkardı. Baba oğul W.H. Bragg ve W.L. Bragg tarafından en son geliştirilen teknikleri kullanan Moseley, X-ışını fotoğraflarını elde etti [23].

2.8. X- Işınlарının Soğurulması

X-ışınları herhangi bir madde üzerine düştüğünde absorplanırlar. Madde üzerine düşen ışının şiddeti I_0 , çıkan ışının şiddeti I , maddenin kalınlığı x ve yoğunluğu d ile gösterilirse,

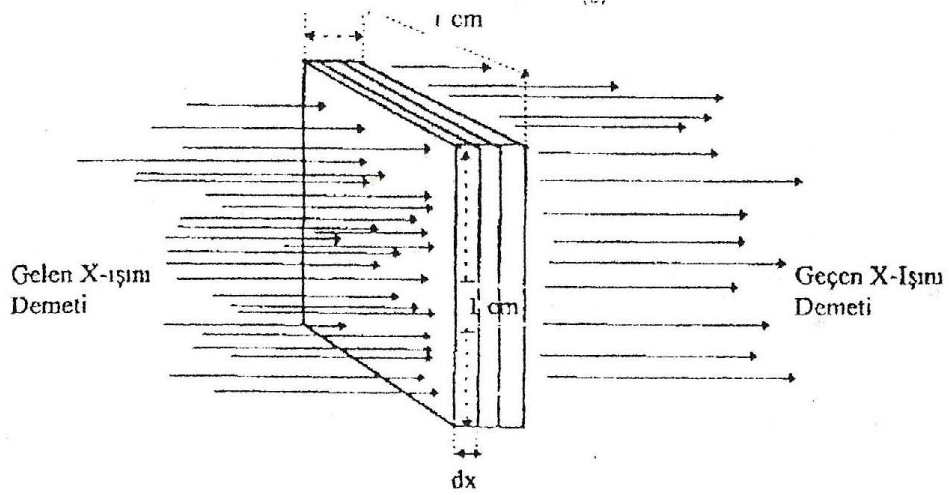
$$I = I_0 e^{-\mu_m x d} \quad (2.9)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada μ_m , kütle absorpsiyon katsayısını göstermektedir.

Aynı denklem,

$$\ln \frac{I}{I_0} = e^{-\mu_m x d} \quad (2.10)$$

şeklinde de yazılabilir.

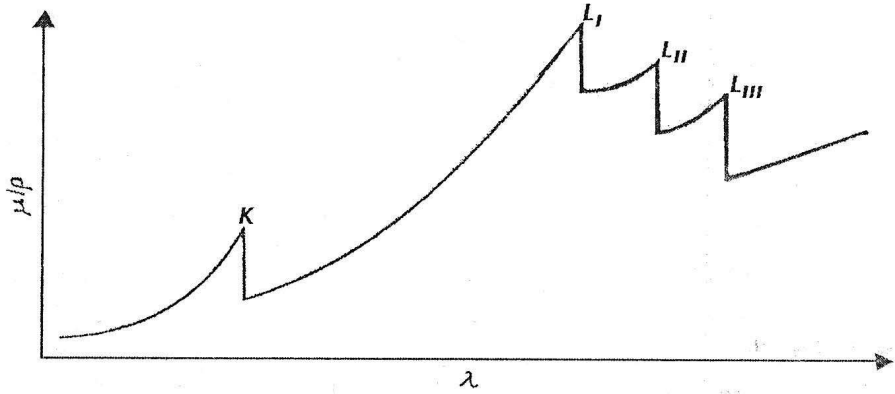


Şekil 2.6. X-ışınlarının soğurulması.

μ_m , absorblayan maddenin atom numarası ve kullanılan X-ışınlarının dalga boyu ile orantılı olup maddenin kimyasal ve fiziksel haline bağlı değildir. Bu bağıntı da,

$$\mu_m = k \lambda^3 Z^3 \quad (2.11)$$

denklemleriyle verilir. Burada k, sabit; Z, absorblayan maddenin atom numarası; λ , X-ışınlarının dalga boyudur [24].



Şekil 2.7. Dalga boyuyla birlikte kütle soğurma katsayısının değişimi.

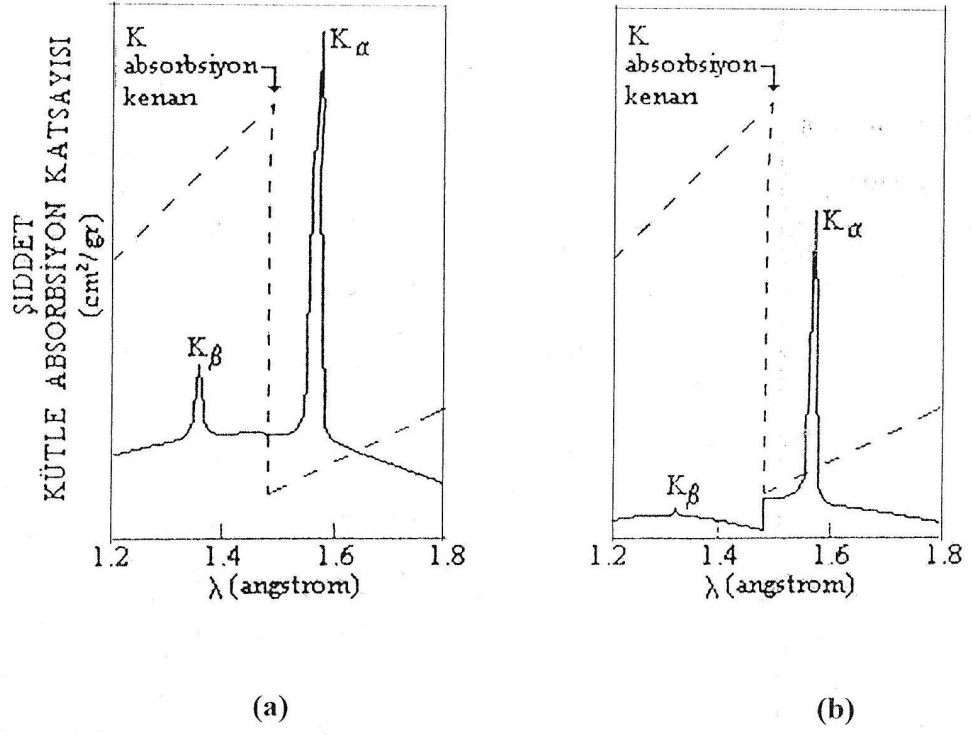
2.9. X-Işınlarnn Süzülmesi

X-ışınları difraksiyon deneylerinde monokromatik radyasyonlar tercih edilir. Fakat kritik durdurma potansiyelinin üstündeki bir voltajda çalıştırılan bir X-ışını tüpü yalnız kuvvetli K_{α} çizgisini değil aynı zamanda K_{β} çizgisini ve sürekli spektrumu da ihtiva eder. Karakteristik spektrumda en şiddetli piki diğerlerinden ayırmak gerekir. Bunun için tüpten saçılan X-ışını demetinin, K soğurma kenarı, hedef metalin K_{α} ve K_{β} dalga boyları arasında olan bir maddeden yapılmış bir süzgeçten geçirilerek azaltılabilir.

Süzgeç ne kadar kalın olursa demetin geçirilen kısmındaki K_{β} 'nın şiddetinin K_{α} 'nın şiddetine oranı o kadar küçük olur. Süzme, süzgeç ne kadar kalın olursa olsun hiçbir zaman mükemmel değildir. K_{β} 'nın yok edilmesi ile K_{α} 'nın şiddetindeki zayıflama arasında bir denge sağlanmalıdır.

Süzgeç maddeleri genellikle ince levhalar halinde kullanılır [25].

Şekil 2.8.' de bakır radyasyon spektrumunun bir nikel süzgeçten geçmeden önceki ve geçtikten sonraki durumları gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Bakır radyasyon spektrumunun bir nikel süzgeçten

a) geçmeden önceki , b) geçtikten sonraki durumudur.

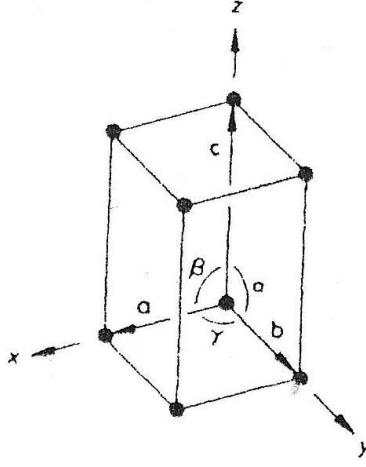
Kesikli çizgiler Nikelin lineer absorpsiyon katsayısını gösterir.

BÖLÜM 3

KRİSTALLER

3.1. Kristal Yapı

Kristal yapının anlaşılabilmesi, 1912 yılında Max von Laue' nun X-ışınlarının kristalde kırınımına uğradığını bulmasından sonra mümkün olmuştur. Kristaller düzgün yüzlere ve keskin köşelere sahip olan yapılardır. Fakat bu özellikleri kristalleri tanımlamak için yeterli değildir. Kristal, atomların üç boyutlu ve periyodik olarak düzenlenmesinden oluşan bir katı olarak tarif edilebilir [26]. Düzenli diziliş, tekrarlanan karaktere sahiptir. Herhangi bir doğrultu boyunca gidildiğinde atomlar arası uzaklık ve atomların çevreleri birbirine özdeştir. [27]. Kristal örgüyü tanımlayan en küçük parçaya birim hücre denir. Birim hücrenin üç boyutta tekrarlanmasıyla kristal oluşur ve kristalin tüm simetri elemanlarını içerir. Birim hücre, hücre parametreleri olarak adlandırılan üç öteleme (a, b, c) ve üç açı (α , β , γ) ile tanımlanır [28]. Bir birim hücredeki eksen ve açılar Şekil.3.1' de gösterilmiştir.



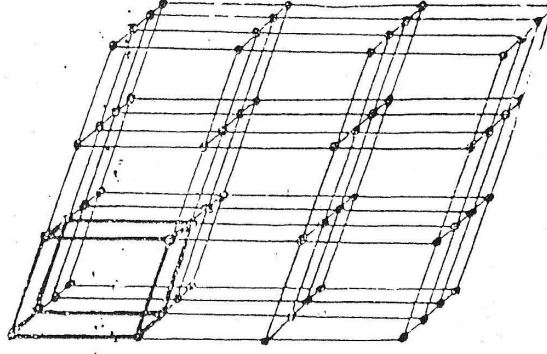
Şekil 3.1. Bir birim hücrede eksen ve açılar.

3.2. Kristal Örgü

Bir örgü, her bir noktanın diğer tüm noktaları çevreleyen özdeşliğe sahip noktaların sonsuz bir dizisi olarak tanımlanmıştır (Her bir noktadan diğer tüm noktalara uzaklıklar ve açılar diğer tüm noktalarla aynıdır). Örgüler, basit bir örgü vektörünün döndürülmesiyle üretilmiştir. Örgü, matematiksel bir yapıdır.

$$\mathbf{t} = m_1\mathbf{a} + m_2\mathbf{b} + m_3\mathbf{c} \quad (3.1)$$

Burada, m_i , her biri (pozitif, negatif veya sıfır) tamsayıdır ve \mathbf{a} , \mathbf{b} , \mathbf{c} üç öteleme vektörüdür [29]. Denklem (3.1) ile tanımlanan \mathbf{t} noktalar kümesine örgü adı verilir. Bir başka ifadeyle örgü, uzayda tekrarlanan noktalar dizisi demektir. Şekil 3.2 de bir örgü gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bir örgü.

Atomlardan oluşan bir baz bu örgünün her düğüm noktasına yerleştirildiğinde kristal oluşur. Yani

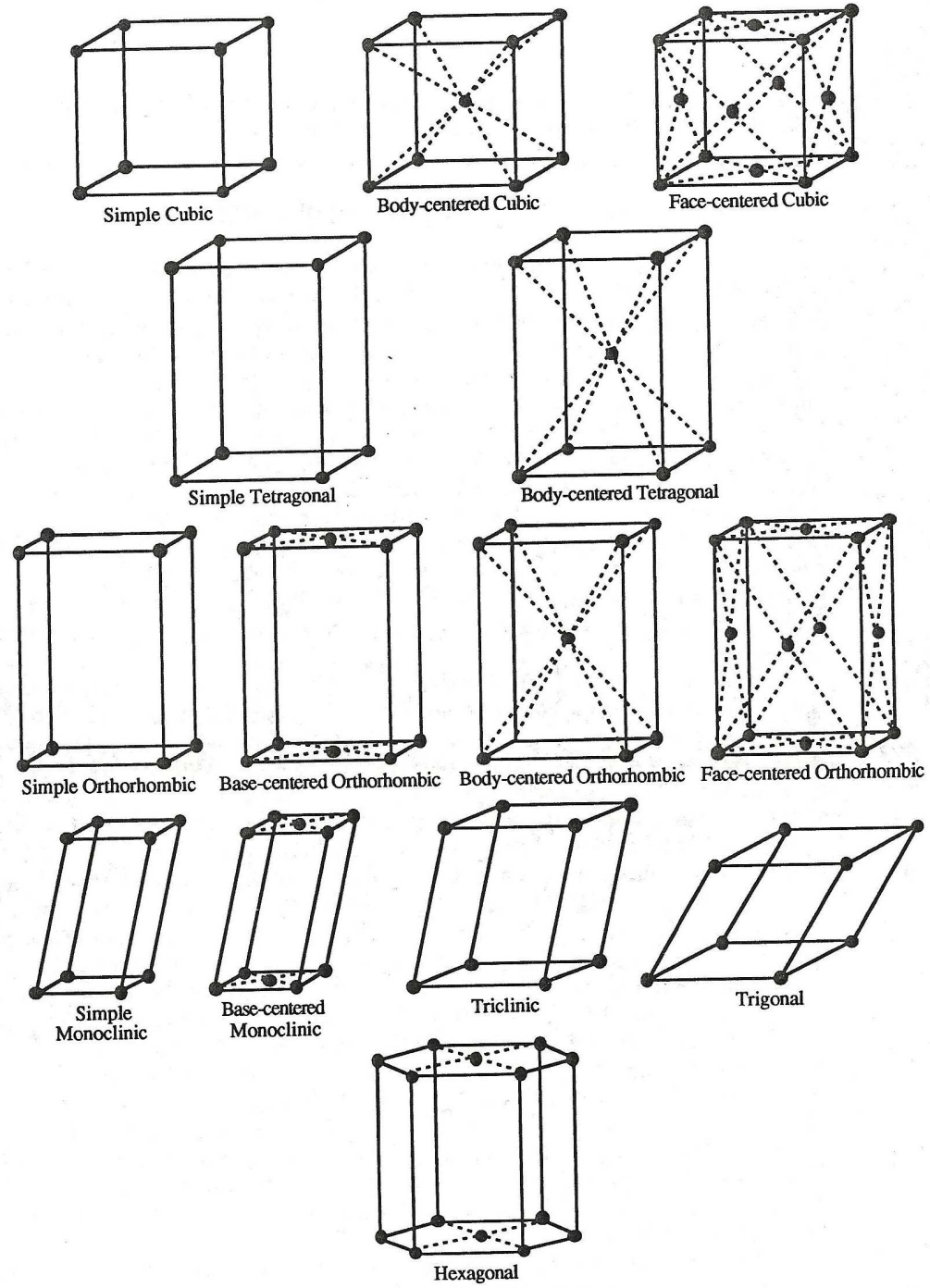
$$\text{örgü} + \text{baz} = \text{kristal yapı}$$

denilebilir [30].

3.3. Kristal Sistemleri ve Bravais Örgüleri

Bütün olası örgülerin incelenmesi 7 kristal sistemin daha da bölünmüş olup 14 tane Bravais örgüsüne sahip olabileceği ilk olarak Bravais tarafından bulunmuştur [31]. Örneğin, kübik sistemin ortasına veya her bir yüzüne birer nokta konursa, sıra ile cisim-merkezli, yüz-merkezli kübik sistem gibi ek sistemler elde edilir. Bu hücrelerin biçim ve büyüklükleri a , b , c hücre eksen uzunlukları ve onlar arasındaki α , β , γ açılarına göre ifade edilir [32].

Bu 14 Bravais örgüsünün durumları Tablo 3.1' de verilmiş ve Şekil 3.3 ' te şekillerle gösterilmiştir [27].



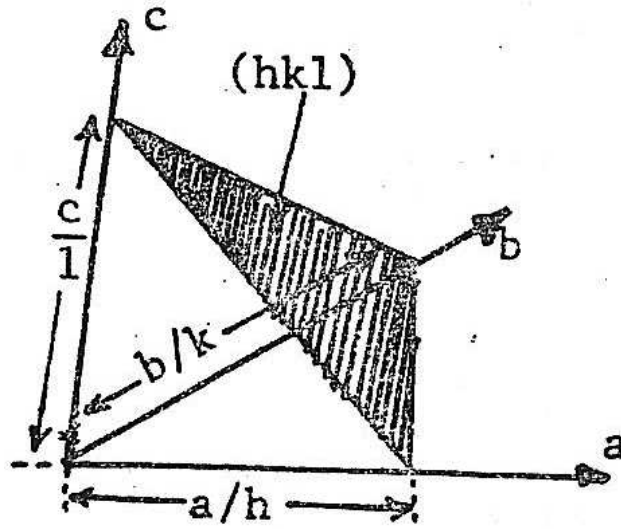
Şekil 3.3. Bravais örgüleri.

Sistem	Bravais eksen ve açılar	Bravais örgüsü	Örgü sembolü
Kübik	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Basit	P
		Cisim merkezli	I
		Yüzey merkezli	F
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Basit	P
		Cisim merkezli	I
Ortorombik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Basit	P
		Cisim merkezli	I
		Taban merkezli	C
		Yüzey merkezli	F
Rhombohedral	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Basit	P
Hekzagonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	Basit	P
Monoklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$	Basit	P
		Taban merkezli	C
Triklinik	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Basit	P

Tablo 3.1. 14 Bravais örgüsü.

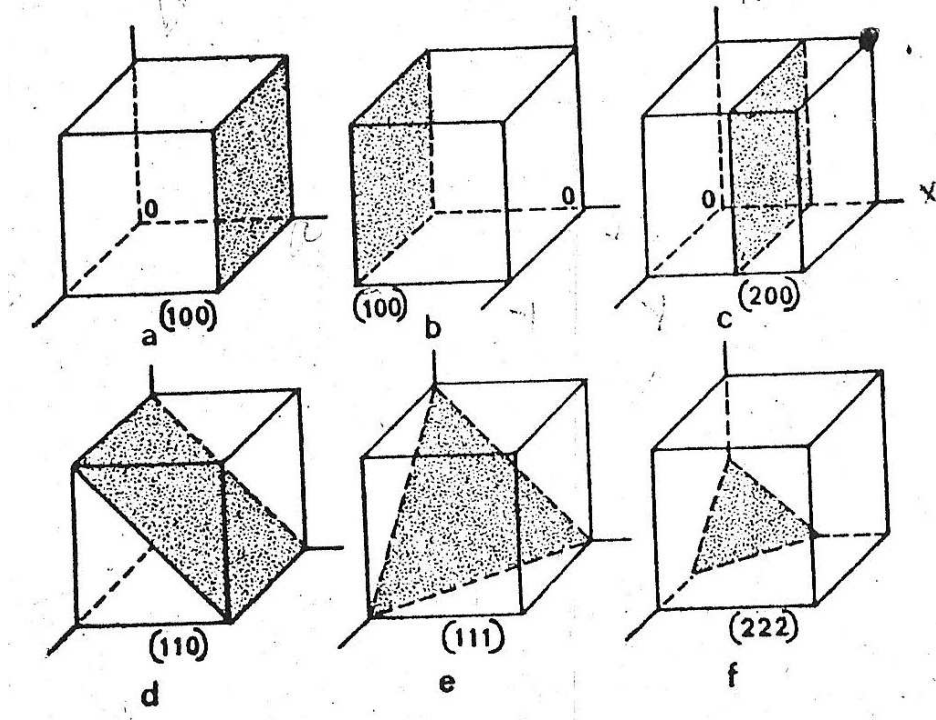
3.4. Kristal Düzlemleri ve Miller İndisleri

Düzlem dizileri, genellikle, Miller indisleri denilen sayılarla belirtilirler. Kristalin her örgü noktasından $(h k l)$ düzlem dizisinin bir düzlemi geçer. $(h k l)$ grubundaki komşu düzlemlerin kristal eksenleriyle kesişme noktaları arasındaki uzaklıklar sırasıyla, a/h , b/k , c/l dir. Şekil 3.4 ' te Miller indislerinin düzlem üzerindeki şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Miller indislerinin düzlem üzerinde gösterimi.

Önemli bazı kübik düzlemler şekil 3.5' te görülmektedir.



Şekil 3.5. Önemli bazı kübik düzlemlerin Miller İndisleri.

$(h\ k\ l)$ düzleminin üyesi bulunduğu eşdeğer düzlemler dizisi $(h\ k\ l)$ şeklinde gösterilir. Bu dizi ortogonal örgüde $(\pm h, \pm k, \pm l)$ den ibarettir. Mesela bir küpün yüzlerinden $(1\ 0\ 0)$, $(0\ 1\ 0)$, $(0\ 0\ 1)$, $(1\ 0\ 0)$, $(0\ 1\ 0)$, $(0\ 0\ 1)$ düzlemleri geçtiğinden küpün yüzlerinin ait oldukları düzlem dizisi $(1\ 0\ 0)$ dır.

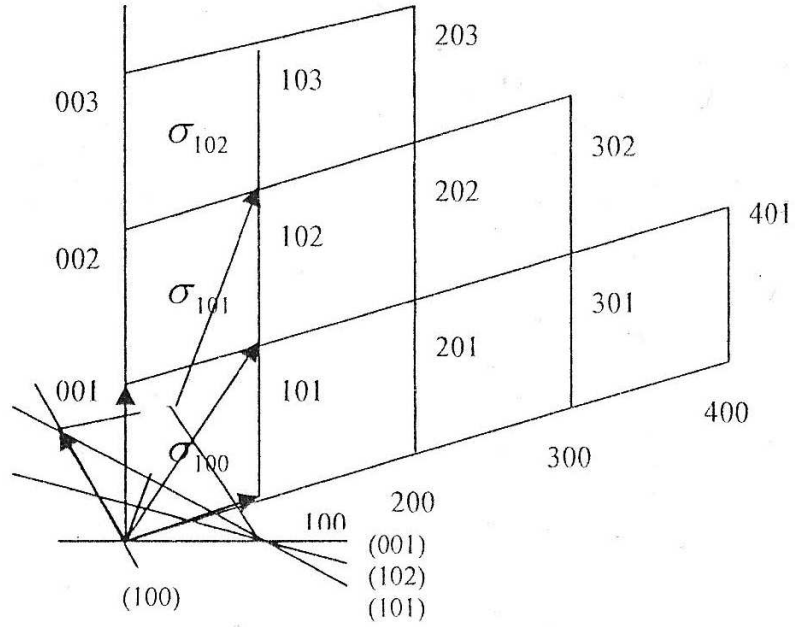
Bir kristal içindeki doğrultu $[h k l]$ şeklindeki doğrultu sayıları ile belirli olur. $[h k l]$ doğrultusunun üyesi olduğu eşdeğer doğrular dizisi $(h k l)$ şeklinde gösterilir. Mesela, bir küpün herhangi bir köşegeni $[1 1 1]$ doğrultusu ve küpün kenarı $[1 0 0]$ doğrultusu ile gösterilebilir.

Sadece kübik kristallerde $[h k l]$ doğrultusu $(h k l)$ düzlemine diktir. Hekzagonal ve trigonal sistemlerde ekseriyetle dört tane Miller indisi kullanılır [33]. Miller indislerini tespit etmek için;

- (i) Düzlemin a, b ve c eksenlerini kestiği noktaların yerleri sırasıyla a, b ve c örgü sabitleri cinsinden bulunur. Bu kesim noktalarına sırasıyla "x, y, z" denir.
- (ii) $x/a, y/b, z/c$ oranları hesaplanır.
- (iii) İkinci maddedeki oranların tersleri alınarak yeni $a/x, b/y, c/z$ oranları oluşturulur [34].
- (iv) Bu oranlar en küçük ortak çarpan ile çarpılarak en küçük tamsayılar elde edilir [35]. Sonuç $(h k l)$ şeklinde gösterilir, negatif numaralar üzerine (-) işareti konur [36].

3.5. Kristallerde Ters Örgü

Ters örgü kavramı, periyodik yapıların analitik olarak incelenmesinde önemli bir rol oynar. Ters örgü denilme nedeni, bu örgüye ait temel örgü vektörlerinin biriminin gerçek uzaydaki vektörlerin biriminin tersi olmasıdır. Şekil 3.6' da bu durum görülebilir. Genel olarak bir düzlem dalga şeklinde açıklanır.



Şekil 3.6. Ters örgünün düzlem üzerindeki gösterimi.

K , ters örgü vektörünün derece faktörü olmak üzere, ters örgü vektörü σ_{hkl} , düzlemler arası uzaklık d_{hkl} ,

$$\sigma_{hkl} = K \frac{1}{d_{hkl}} \quad (3.2)$$

şeklinde birbirine bağlanır.

Eğer $K=1$ alınırsa, $V=\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c})$ olmak üzere

$$\sigma_{100} = \mathbf{a}^* = (\mathbf{b} \times \mathbf{c})/V$$

$$\sigma_{010} = \mathbf{b}^* = (\mathbf{c} \times \mathbf{a})/V \quad (3.3)$$

$$\sigma_{001} = \mathbf{c}^* = (\mathbf{a} \times \mathbf{b})/V$$

eşitlikleri yazılabilir. Ters örgü ve gerçek örgü parametreleri arasındaki ilişkiyi veren (3.3) eşitlikleri sırasıyla \mathbf{a} , \mathbf{b} ve \mathbf{c} vektörleri ile çarpılırsa

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{a}^* = \mathbf{a} \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b})/V = 1$$

$$\mathbf{b} \cdot \mathbf{b}^* = \mathbf{b} \cdot (\mathbf{c} \times \mathbf{a})/V = 1$$

$$\mathbf{c} \cdot \mathbf{c}^* = \mathbf{c} \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b})/V = 1$$

elde edilir. Ters örgü vektörünün tersi gerçek örgü vektörünün kendisidir. Bunu göstermek için (3.3) denkleminde

$$(\mathbf{c}^*)^* = (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*)/V^* \quad (3.4)$$

yazılabilir. Aynı zamanda

$$V^* = \mathbf{a}^* \cdot (\mathbf{b}^* \times \mathbf{c}^*) = \mathbf{b}^* \cdot (\mathbf{a}^* \times \mathbf{c}^*) = \mathbf{c}^* \cdot (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*)$$

dir. Bu ifade (3.4) denkleminde yerine yazılırsa,

$$(\mathbf{c}^*)^* = (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*) / [\mathbf{c}^* \cdot (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*)] \quad (3.5)$$

elde edilir.

(3.5) eşitliğinin sağ tarafı $\mathbf{c}^* \cdot \mathbf{c}$ ile çarpılırsa ($\mathbf{c}^* \cdot \mathbf{c} = 1$)

$$(\mathbf{c}^*)^* = \mathbf{c}^* \cdot \mathbf{c} \{ (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*) / [\mathbf{c}^* \cdot (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*)] \}$$

$$(\mathbf{c}^*)^* = \mathbf{c} \quad (3.6)$$

elde edilir. O halde benzer şekilde

$$(\mathbf{a}^*)^* = \mathbf{a}$$

$$(\mathbf{b}^*)^* = \mathbf{b} \quad (3.7)$$

$$(\mathbf{c}^*)^* = \mathbf{c}$$

yazılabilir. (3.7) denkleminde bulunan sonuçlar (3.4) denkleminde yerine yazılırsa

$$\mathbf{a} = (\mathbf{b}^* \times \mathbf{c}^*) / V^*$$

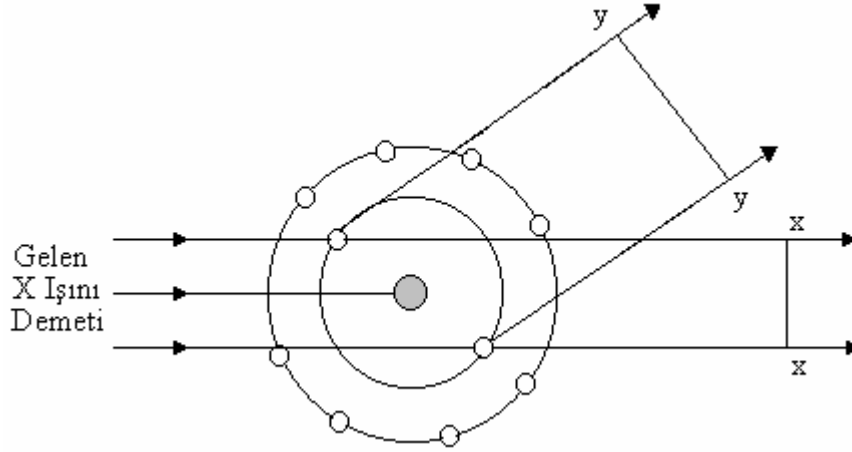
$$\mathbf{b} = (\mathbf{c}^* \times \mathbf{a}^*) / V^*$$

$$\mathbf{c} = (\mathbf{a}^* \times \mathbf{b}^*) / V^*$$

denklemleri elde edilir [37].

3.6. X-Işınlarnın Bir Atom Tarafından Saçılması

X-ışını, atomun elektronları tarafından Thomson denkleminde göre koherent olarak saçılır. Atomun çekirdeğinin, yükü nedeniyle, X-ışınını saçması beklenirse de bu olay olmaz. Çünkü çekirdeğin kütlesi, elektronun kütlesine göre çok büyük olduğundan ayrıca Thomson denkleminde koherent saçılma şiddetinin saçıcı cismin kütlesinin karesi ile ters orantılı olarak saçıldığından saçılma şiddetine önemli bir katkısı olmaz. Sonuç olarak bir atomun X-ışınlarını koherent olarak saçması sadece bu atomun elektronları tarafından sağlanır. Şekil 3.7' de X-ışınlarının bir atom tarafından saçılması gösterilmiştir.



Şekil 3.7. X-ışınlarının bir atom tarafından saçılması.

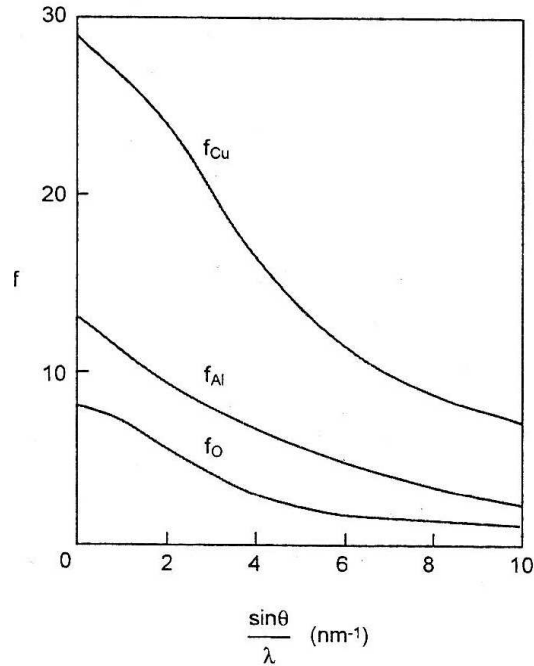
Saçılmanın ileri doğru ($2\theta = 0^\circ$) olduğu durumlarda tüm elektronlardan saçılan dalgalar arasında faz farkı olmadığı için, saçılan dalgaların genlikleri toplanır. Atom numarası Z olan bir atomun saçtığı dalganın genliği, bir elektronun saçtığı dalganın genliğinin Z katıdır. Çünkü atomun elektronlarının saçtığı dalgalar aynı fazdadır ve saçılan dalgaların genlikleri doğrudan toplanabilir. Elektronlar atom içinde değişik konumlarda bulunduğundan, farklı elektronların saçtığı dalgalar arasında faz farkı olduğu için bu diğer doğrultular için doğru değildir.

Bir atomun verilen bir doğrultudaki saçılmasının verimi "f" atomik saçılma faktörü denilen bir miktarla belirlenir. Bu miktar genliklerin oranı olarak ifade edilmiştir. Bunu aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz:

$$f = \frac{\text{Bir atomun saçtığı dalganın genliği}}{\text{Bir elektronun saçtığı dalganın genliği}}$$

ile ifade edilir. İleri yönde saçan bir atom için $f = Z$ olduğu açıktır. Fakat θ arttıkça elektronların teker teker saçtıkları dalgalar arasında faz farkı artar ve f azalır. Atomik saçılma faktörü gelen demetin dalga boyuna da bağlıdır. θ 'nın sabit bir değeri için dalga boyu ne kadar kısa ise f de o kadar küçük olacaktır [38].

Bakır, alüminyum ve oksijen için saçılma açısı ile atomik saçılma faktörünün değişimi şeklinde gösterilmiştir. Eğriler, bakır için 29 olan atom numarası ile başlar ve θ 'nın veya λ 'nın artan değerleri ile azalır. $(\sin\theta) / \lambda$ 'nın artan değerleri ile f'nin azalmasının oranı Şekil 3.8'de görüldüğü gibi farklı elemanlardır. $\theta \approx 0^\circ$ olduğu zaman, saçılmanın çoğu ileri yönde meydana gelir [39].



Şekil 3.8. Bakır, alüminyum ve oksijen için atomik saçılma faktörünün (f), $(\sin\theta) / \lambda$ değişimi.

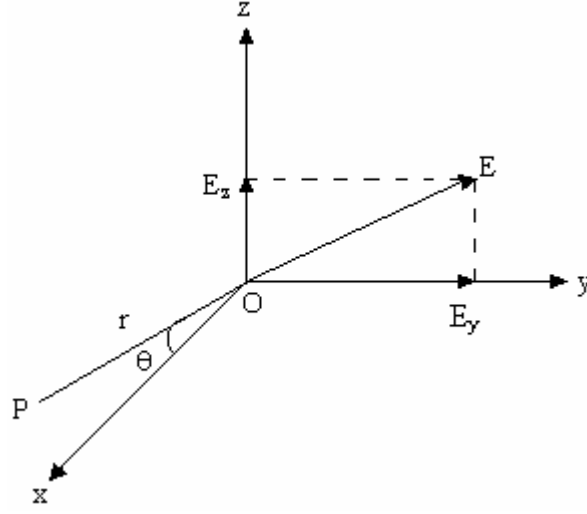
3.7. X-Işınlarının Bir Elektron Tarafından Saçılması

Bir kristal üzerine gönderilen X-ışını, bir elektromanyetik dalga olduğundan yayılma doğrultusuna dik elektrik ve manyetik alandan oluşmuştur. Elektron ile karşılaşan X-ışını, elektriksel alandan dolayı elektronun ivmeli hareket yapmasına sebep olur. İvmeli hareket yapan yüklü parçacıklar, elektromanyetik ışımaya yaparlar. Bir elektrik alan olan X-ışını demeti elektron gibi yüklü bir parçacığa kuvvet uyguladığından elektrona ortalama yeri etrafında salınım hareketi yaptırır. Bir X-ışını demeti vasıtasıyla salınım konulmuş bir elektron hareketi esnasında sürekli olarak hızlanmakta ve yavaşlamaktadır. Bu anlamda bir elektronun X-ışınlarını saçtığı söylenir. Elektron tarafından her doğrultuda saçılan demetin şiddetinin saçılma açısına bağlılığı Thomson tarafından bulunan bağıntıya göre olmaktadır.

Thomson, yükü e ve kütlesi m olan bir elektrondan saçılmış ışının elektrondan bir r uzaklığındaki şiddetini,

$$I = I_0 \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \right)^2 \left(\frac{e^4}{m^2 r^2} \right) \sin^2 \alpha = I_0 \frac{K}{r^2} \sin^2 \alpha \quad (3.8)$$

şeklinde tanımlar. Burada, I_0 , gelen demetin şiddeti, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ m kg C}^{-2}$, K sabit ve α , ışının saçıldığı doğrultu ile elektronun ivmelenme doğrultusundaki açıdır.



Şekil 3.9. X-ışınlarının bir elektron tarafından saçılması.

Olması beklenen ışın, Ox-ekseninde hareket eder ve O 'daki bir elektronla çarpışır. OP, düşen ışının saçılma açısındaki 2θ 'lık eğimli olduğu yerde xz-ekseninde P'deki saçılma şiddetini bilmeyi isteriz. Kutuplanmamış bir düşen ışın, bir X-ışını tüpünden yayınlanmış ışın gibi, yz-eksenindeki rastgele bir yönelimdeki elektrik vektörü \mathbf{E} dir. \mathbf{E}_y ve \mathbf{E}_z elektrik vektörleri ise;

$$\mathbf{E}^2 = \mathbf{E}_y^2 + \mathbf{E}_z^2 \quad (3.9)$$

Ortalama da, \mathbf{E} 'nin yönelimi tamamen rastgele olduğundan, \mathbf{E}_y , \mathbf{E}_z 'ye eşit olacaktır. Böylece,

$$\mathbf{E}_y^2 = \mathbf{E}_z^2 = \frac{1}{2} \mathbf{E}^2 \quad (3.10)$$

dir. Dalganın \mathbf{E} genlik ölçümleri ve bir dalganın şiddeti genliğinin karesi ile orantılı olduğundan, gelen ışının bu iki bileşeninin şiddeti, elektrik vektörlerinin karesi ile orantılıdır.

$$I_{0y} = I_{0z} = \frac{1}{2} I_0 \quad (3.11)$$

Gelen ışının y bileşeni, Oy doğrultusundaki elektronu hızlandırır. y-ekseni ile P noktası arasındaki açı $\pi/2$ olduğundan böylece, P ' deki şiddet (3.8) eşitliğinden,

$$I_{py} = I_{oy} \frac{K}{r^2} \quad (3.12)$$

olarak bulunur. Benzer şekilde, z-ekseni ile P noktası arasındaki açı $(\pi/2)-2\theta$ olduğundan z-eksenindeki bileşenin şiddeti,

$$I_{pz} = I_{oz} \frac{K}{r^2} \cos^2 2\theta \quad (3.13)$$

olarak verilir.

P ' deki toplam saçılma şiddeti, bu iki bileşenin şiddetlerinin toplanmasıyla elde edilir.

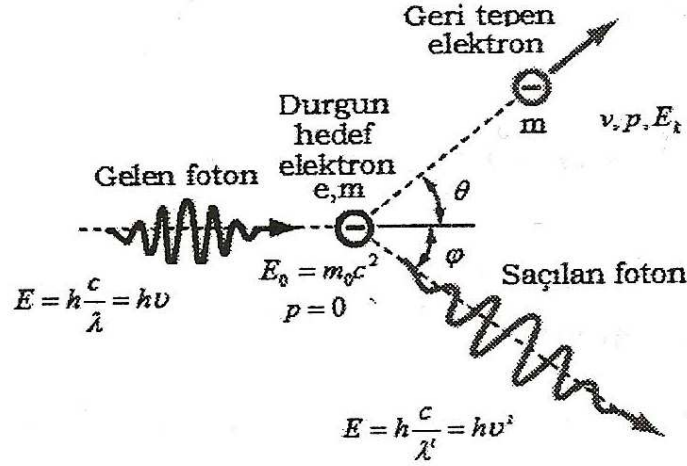
Yani,

$$\begin{aligned} I_p &= I_{py} + I_{pz} \\ &= \frac{K}{r^2} (I_{oy} + I_{oz} \cos^2 2\theta) \\ &= \frac{K}{r^2} \left(\frac{I_0}{2} + \frac{I_0}{2} \cos^2 2\theta \right) \\ &= I_0 \frac{K}{r^2} \left(\frac{1 + \cos^2 2\theta}{2} \right) \end{aligned} \quad (3.14)$$

bulunur. Bu, bir elektron tarafından saçılmış X-ışınının Thomson eşitliğidir. Buradaki

$\frac{1}{2}(1 + \cos^2 2\theta)$ polarizasyon çarpanıdır. Bu terim tüm şiddet hesaplarında vardır [40].

X-ışınlarının bir elektron tarafından saçılmasını gösteren başka bir olay "Compton Olayı" dır. Compton, dalga boyu λ olan bir X-ışınıyla metal bir hedefi bombardıman etti ve dalga boyunun bir fonksiyonu olarak saçılan radyasyonun şiddetini ölçtü [41]. Compton olayının geometrik gösterimi şekil 3.10 ' da gösterilmiştir.



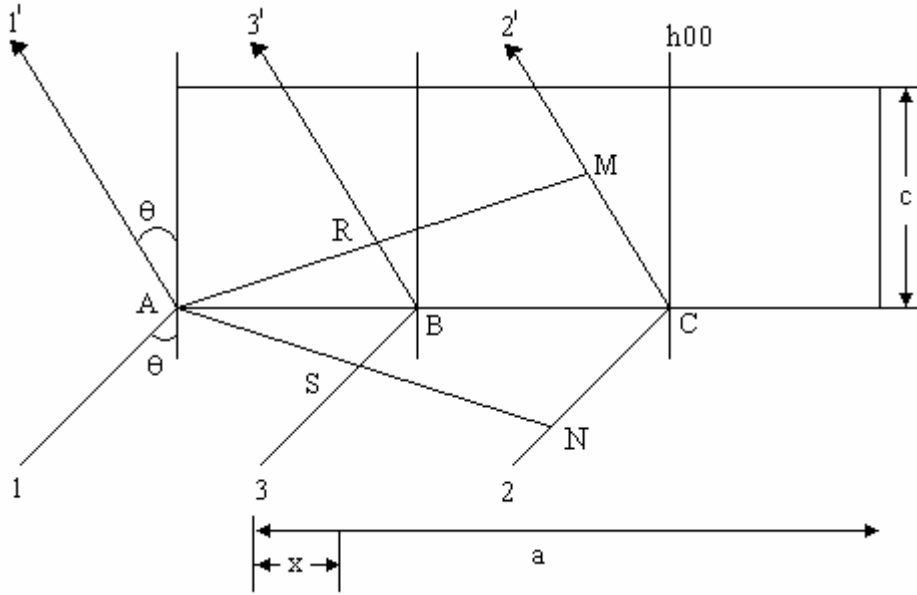
Şekil 3.10. Durgun elektrondan foton saçılmasının geometrik gösterimi.

3.8. X-İşınlarının Bir Birim Hücre Tarafından Saçılması

Kristalden koherent saçılmaya uğramış X-ışını demetinin şiddetine ait bir ifade bulmak için, atom yerine, kristalin en küçük yapı taşı olan ve onun tüm özelliklerini taşıyan bir birim hücreden saçılmayı dikkate almalıyız.

Bir kristalden saçılan X-ışını demetinin şiddetine ait bulacağımız ifade bir atom tarafından saçılmaya benzer. Atom tarafından saçılmada tamamen öne doğru olanlar hariç her doğrultuda faz farkı vardır. Benzer şekilde bir birim hücrenin atomlarının her birinin saçtığı dalgalar öne doğru olanlar hariç diğer doğrultularda diğer doğrultularda aynı fazda olmazlar. Bu faz farkının atomların düzenlenmesine nasıl bağlı olduğuna bakalım: Biri orijinde, diğeri, konumu x yönünde değişen iki atom ele alalım. Bu atomların saçtığı dalgalar arasındaki faz farkına bakalım. Orijindeki atomu A ile

gösterelim. (h00) düzlemlerinde difraksiyon meydana gelsin. Şekil 3.11' de bir birim hücreden saçılma görülmektedir.



Şekil 3.11. X-ışınlarının bir birim hücre tarafından saçılması.

Şekildeki A ve C atomlarından saçılan 1' ve 2' ışınlarının yapıcı girişim meydana getirebilmesi için $\delta_{2'1'}$ yol farkının;

$$\delta_{2'1'} = MC + CN = 2d_{h00} \sin \theta = \lambda \quad (3.15)$$

olması gerekir. Miller indislerinin tanımından,

$$d_{h00} = AC = \frac{a}{h} \quad (3.16)$$

dır.

A noktasındaki atomdan yansıyan 1' ışını ile A noktasından x kadar uzaklıkta bulunan B atomundan yansıyan 3' ışını arasındaki $\delta_{3'1'}$ yol farkı ise,

$$\delta_{3'1'} = RB + BS = \frac{AB}{AC} (\lambda) = \frac{x}{\frac{a}{h}} \lambda \quad (3.17)$$

olur. Faz farkı uzunluk cinsinden yazılabileceği gibi, açısal olarak ifade edilebilir. 2π radyanlık açısal faz farkı, λ kadarlık yol farkına karşılık gelir. Bu durumda yol farkı δ , açısal faz farkı Φ ise;

$$\phi = \frac{\delta}{\lambda} (2\pi) \quad (3.18)$$

yazılır. Öyleyse 1' ve 3' ışınları arasındaki faz farkı;

$$\phi_{3'1'} = \frac{\delta_{3'1'}}{\lambda} (2\pi) \quad (3.19)$$

olur.

(3.17)' deki $\delta_{3'1'}$ (3.19)' da yerine yazılırsa;

$$\phi_{3'1'} = \frac{2\pi hx}{a} \quad (3.20)$$

olur.

B atomunun bulunduğu yerin kesirsel koordinatları $u = \frac{x}{a}$ ile ifade edilirse (3.20) denklemi;

$$\phi_{31'} = 2\pi hu \quad (3.21)$$

olur. Tek boyut için yazılan bu ifade üç boyut için genelleştirilecek olursa B atomunun koordinatları; $\frac{x}{a}, \frac{y}{b}, \frac{z}{c}$ olur. Orijindeki A atomunun saçtığı ışın ile B atomunun saçtığı ışın arasındaki faz farkı için;

$$\phi = 2\pi(hu + kv + lw) \quad (3.22)$$

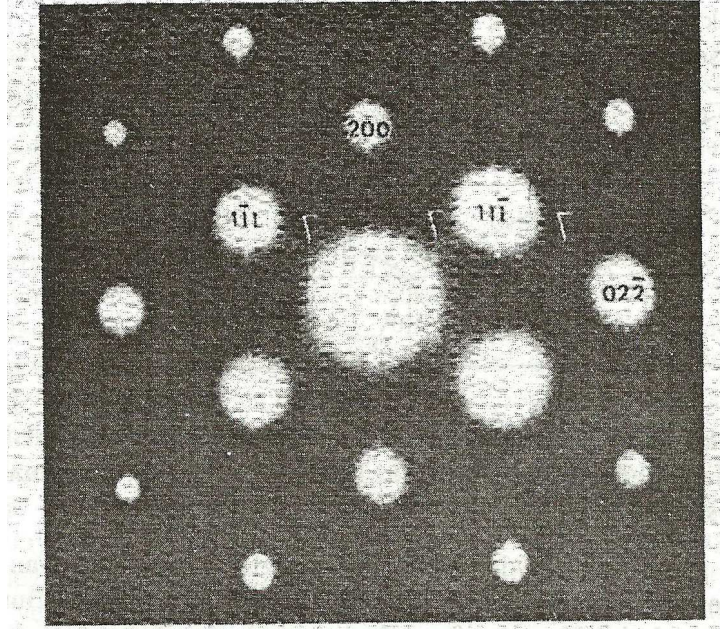
yazılır. Bu genel bir bağıntıdır ve her tip birim hücreye uygulanabilir. Eğer kristaldeki atomlar farklı cinsten iseler bu durumda iki dalganın fazları ve genlikleri farklıdır. Birim hücredeki tüm atomlar tarafından saçılan dalgaların bileşke genliğine yapı faktörü (F) denir. Yapı faktörü,

$$F = \frac{\text{Birim hücredeki tüm atomlardan saçılan dalganın genliği}}{\text{Bir elektrondan saçılan dalganın genliği}}$$

olarak tanımlanır [42].

3.9. Bragg Kanunu

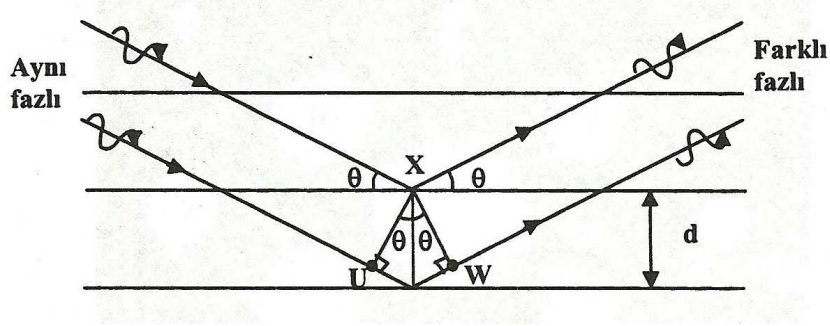
X-ışınları, kristal içerisindeki atomik yapıyı araştırmak üzere ilk defa Max von Laue tarafından tavsiye edilmiştir. Kristal içerisinde X-ışınları kuvvetli bir şekilde difraksiyona uğrar. X-ışını kristal üzerine düşürüldüğünde, Şekil 3.12' de görüldüğü gibi, fotoğraf plağı üzerinde karakteristik difraksiyon desenleri elde edilir. Bunu takip eden yılda W. L. Bragg tarafından X-ışınlarının örgü düzlemlerinden zayıf olarak yansıtıldığı ve fotoğraf plağı üzerindeki desenin, paralel örgü düzlemlerinden yansıyan ışığın bir kombinasyonu olduğu ileri sürülmüştür. Bragg 'ın deneylerini izah etmek için yaptığı ana kabul, X-ışınlarının yansıdığı düzlem düzgündür. Bunun anlamı, optikte olduğu gibi gelen ışıkla düzlem arasındaki açı, yansıyan ışık ile düzlem arasındaki açıya eşittir [43].



Şekil 3.12. SiGe kristalinden çekilmiş bir X-ışınları fotoğrafı.

Saçılma sonuçları, örgüdeki mümkün olan tüm kristal sistemlerden (hkl) yansıtıcı bölgedeki yansımalar olarak 1912 ' de W. L. Bragg tarafından değerlendirilmiştir [44].

Tek bir düzlemden koherent saçılma, maksimum bir kırınım elde etmek için yeterli değildir. Ayrıca ardışık düzlemler, bölgedeki saçılmadan dolayı gereklidir. Eğer bitişik iki düzlemden saçılma için yol farkı dalga boylarının bir tam sayısı ise, bu durum olacaktır. Şekil 3.13' de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Bragg şartını açıklamak için X-ışınlarının düzlemlerden yansıması. İki komşu düzlemden yansımalar gösterilmiştir.

Öyle ki,

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (3.23)$$

dır. Burada d, düzlemlerin aralığı ve n, bir tamsayıdır. Bu Bragg Kanunu ' dur.

Örgü düzlemlerinin herhangi bir parçasından kırınmış ışınlar, sadece, Bragg Kanunu tarafından tahmin edilmiş belli açılarda ortaya çıkabilir. X-ışını kristalografı düzlemlerin sınıflandırılmış yansımaları ile Miller indislerini kullanırlar. Bir ışın, (hkl) düzlemlerinden n. sıra ile yansımaları gibi, 1' den daha büyük n değerine karşılık gelen bir ifade ile tanımlanabilir. Böylece, (111) düzlemlerinden üçüncü-sıra yansıma (333) yansıması gibi tanımlanmıştır. Bu kayıt,

$$2\left(\frac{d}{n}\right)\sin\theta = \lambda \quad (3.24)$$

olarak Bragg Kanununun yeniden yazılması ile doğrulanmıştır [45].

Sonuçta, X-ışınlarının yansıyabilmesi için θ açısı (3.23) eşitliğini doğrulamalıdır [46]. Eğer dalga boyunu sabit tutar numuneyi döndürürsek bir seri aydınlık ve karanlık bölgeler görebiliriz. Aydınlık bölgeler düzlemlerden yansıyan ışınların yapıcı, karanlık bölgeler ise yıkıcı girişimleri sonucu oluşur [43]. $\sin\theta$, 1' den büyük olamayacağından kırınım deneyinde kullanılabilen X-ışınlarının dalga boyları, $\lambda \leq 2d$ ile sınırlıdır [47].

BÖLÜM 4

TOZ KIRINIM ÇALIŞMALARI

4.1. Toz Kırınım Yöntemi

XRD yöntemi, özellikle optik yöntemler (polarizan mikroskop altındaki incelemeler) ile incelemelerin sınırlı veya imkansız olduğu kayaç, cevher, kil mineralleri, endüstriyel hammaddeler ve kristalleşen malzemeler ile böbrek taşlarının nitel ve nicel olarak incelemelerinde kullanılan en önemli mineralojik analiz yöntemlerinden birisidir.

Bu yöntem, her biri kristalleşen maddenin kendisine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak X-ışınları veya elektronları karakteristik bir düzen içerisinde kırma esasına dayanır [48].

X-ışınları toz kırınım metoduyla elde edilen profillerin yorumlanması ilkesine dayanan analizler neticesinde şu bilgiler sağlanabilir:

- 1) Numuneyi oluşturan bilinmeyen kristalin fazının nitel mineralojisi.
- 2) Karışım halindeki kristalin fazların nitel ve nicel mineralojisi.
- 3) Kristalin materyalin kristalinite özellikleri (düzenli, düzensiz).
- 4) Kristal birim hücre parametrelerinin tespiti.
- 5) Kristal malzemelerin yapısal özellikleri.

X-ışınları toz kırınım yöntemiyle analiz edilen her bir kristalin fazının tanımlanmasında bir seri d değerleri ve bunların birbirlerine oransal şiddetleri parmak izi gibi o kristalin tanımlayıcı karakteristiğidir.

1970 ' li yıllara kadar ASTM (American Standarts of Testing Materials) dosyaları veya kartları adı verilen ve saf kristal fazlara ait deneysel XRD profil değerlerinin yer aldığı bu arşivler daha sonra JCPDS (Joint Comminittee on Powder Diffraction Standarts) ismi altında uluslar arası kullanıma sunulmaktadır.

Günümüzde on binlerce doğal ve sentetik olarak inorganik, organik ve organometalik kristallere ait JCPDS dosyaları mevcut olup her yıl 500–1000 yeni referans örneklere ait JCPDS dosyaları bu arşive eklenmektedir.

XRD ile mineralojik tanımlamalarda esas itibariyle numuneden elde edilen XRD profillerinin bu referans JCPDS arşivindeki dosyalarla karşılaştırma ilkesine dayanmaktadır. Dolayısıyla sadece XRD cihazına sahip olmakla gerekli mineralojik analiz yapılamaz. JCPDS arşiv sistemi başlıca iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

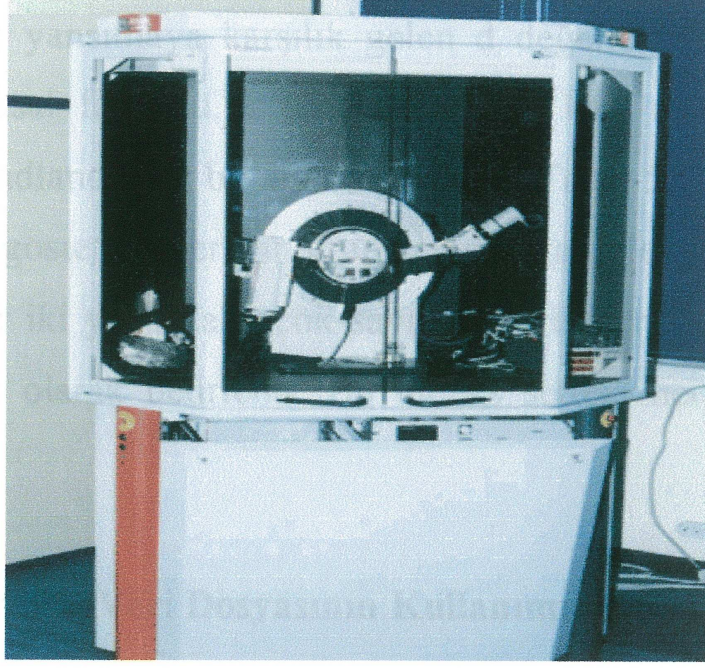
- PDF (Powder Diffraction Files) dosyaları.
- Sistematik arama kılavuzları (Search Manuals) [49].

Numuneler, Herzog marka öğütücü tarafından öğütülerek toz haline getirildi. Öğütücü, Zirkonyum Tungsten malzemeden yapılmış üç tane halkanın birbirine çarpması sonucu öğütme işlemini gerçekleştirmektedir. Öğütücünün fotoğrafı şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1. İnci numunelerinin öğütüldüğü cihaz.

Toz haline getirilen numuneler analiz sırasına girmek üzere numaralanarak plastik kaplarda saklanır. Analiz edilecek örnekler cam lamlara konularak XRD cihazlarının (Şekil 4.2) özel örnek localarına yerleştirilir ve analiz edilir.



Şekil 4.2. X- ışını toz kırınım desenlerinin alındığı cihaz.

Analiz edilen örneklerin XRD grafikleri X-ışını toz difraktometresinde çekilerek ASTM indeks kartlarına göre değerlendirilmeleri yapılır [48].

Toz kırınım deseninden bir numunenin kristal yapısının belirlenmesi θ veya 2θ terimlerindeki çizgiler ve onların bağıl şiddetleri üzerine kurulur. Kırınım açısı 2θ ve Bragg eşitliğinin yardımıyla, özel bir düzlemler seti arasındaki mesafe belirlenir.

Bu d mesafesi kaynağın bilinen dalga boyundan ve açının ölçümünden kolaylıkla hesaplanabilir. Çizgi şiddetleri düzlemlerin her bir setinde olan atomik yansıma merkezlerinin türüne ve sayısına bağlıdır. Maddelerin test edilmesi için ASTM, saf maddeler için bağıl çizgi şiddetlerinin ve d mesafelerinin temin edildiği dosya kartlarını sağlar. Kartla en şiddetli çizginin d mesafesine göre düzenlenir [50].

Bu çalışmada, numune olarak inci kullanıldı. Çorum Erdoğan Kuyumculuk 'tan dokuz farklı inci temin edildi. İnciler çok sert olduklarından öğütücü kullanılarak toz haline getirildi. İncilerin kırınım desenleri X-ışınları kırınım difraktometresinde tespit edildi, incilerin yapılarını oluşturan maddeler Hanawalt metodu ile saptandı.

4.2. Hanawalt Metodu

Bilinen desenlerin koleksiyonunu oluşturma işine, 1000 farklı cismin difraksiyon verilerini elde edip düzenleyen Hanawalt ve arkadaşları tarafından başlandı. Bu iş daha sonra milletlerarası ölçüde diğer bazı ilim cemiyetlerinin yardımıyla Amerikan Cisimleri Muayene Etme Cemiyeti (American Society for Testing Materials) tarafından genişletildi. ASTM ilk olarak 1941' de 1300 kadar cisme ait 3×5 inç boyutlarında kartlardan ibaret bir takım halinde difraksiyon verilerine ait bir koleksiyon oluşturdu. Çeşitli tamamlayıcı takımlar zaman zaman çıktı, en sonuncusu 1955' te çıkarılmıştır. Şimdi bütün takımlar birlikte alınınca 5900 kadar cisim kapsamaktadır. Bazı organik bileşikler, mineraller dahil ise de bunların çoğu elementler ve inorganik bileşiklerdir.

En kuvvetli çizgisi ve hatta ikinci kuvvetli çizgisi için aynı veya yaklaşık olarak aynı d değerine sahip birden fazla cisim bulunabileceğinden, Hanawalt cisimlerden her birini en kuvvetli üç çizgisinin d değerleriyle yani en kuvvetli, ikinci derecede kuvvetli ve üçüncü derecede kuvvetli çizgilerin sırasıyla d_1 , d_2 ve d_3 mesafeleriyle karakterize etmeye karar verdi. Bu d_1 , d_2 ve d_3 değerleri izafi şiddetle birlikte, bir bilinmeyen cismin desenini karakterize etmek için genellikle yeterlidir ve bilinmeyene karşılık gelen deseni koleksiyonun dizisinde bulmaya yeter. ASTM dizisinin kısımlarının her birinde kartlar belirli d_1 mesafe aralıklarına göre gruplanmış olarak sıralanmıştır. Grupların her biri içinde, mesela, 2.29' dan 2.25 Å' a kadar olan d_1 değerleri için, kartlar d_1 ' in değil d_2 ' nin azalan değerlerine göre sıralanmışlardır. Aynı grup içinde birkaç cisim aynı d_2 değerlerine sahip olursa, d_3 ' ün azalan değerlerine göre bir sıra takip edilir. Grupların kendileri bu grupların d_1 mesafe aralıkları azalacak şekilde sıralanmıştır.

Her ne kadar özel bir desen doğrudan doğruya kartlar dizisinde aranarak bulunabilirse de dizi ile birlikte verilen fihrist kitaplarını kullanarak zamandan çok tasarruf sağlanabilir. Kitaplardan her biri iki fihrist içerir:

- 1) Her bir cisim için cisme göre alfabetik fihrist. İsimden sonra kimyasal formül üç kuvvetli çizginin d değerleri, izafi şiddetleri ve sözü geçen cismin kart dizisindeki seri numarası. Kayda geçirilenlerin hepsi tam olarak çapraz şekilde de fihristte geçirilmiştir. Yani hem «sodyum klorür» ve hem de « klorür, sodyum » fihristte vardır. Bu fihrist, araştırmayı yapanın numunedeki kimyasal elementlerden bir veya daha fazlası hakkında bilgisi olduğu zaman kullanılır.
- 2) Nümerik fihrist ki üç en şiddetli çizginin mesafelerini ve şiddetlerini, kimyasal formülü, ismi ve kart seri numarasını verir. Cisimlerden her biri fihristte üç defa yazılıdır. İlk olarak d1d2d3, ikinci olarak d2d1d3 ve son olarak d3d1d2 olmak üzere. Kaydedilen cisimlerin hepsi ilk mesafeye göre gruplara ayrılmıştır. Grupların her biri içinde sıralanma ikinci mesafenin azalan değerlerine göre.

Bu ilave listelemenin (ikinci en şiddetli çizgi birinci, ve üçüncü en şiddetli çizgi birinci) amacı, türlü sebeplerle bilinmeyen cismin en şiddetli üç çizgisinin izafi şiddetleri değişse bile, araştırmacıya bu bilinmeyeni fihristte girmiş cisimlerin biri ile uyuşturmaya garanti eder.

Pek çok durumlarda gerekli olan sadece çok kaba tahminden ibarettir. Eğer daha fazla doğruluk gerekirse izafi çizgi şiddetleri bir film şeridinin muhtelif kısımlarını şiddeti sabit olan bir X-ışını demetine bilinen zaman uzunluklarınca arz ederek derecelenmiş bir şiddet örneği ile karşılaştırılarak bulunabilir. Eğer deseni elde etmek için bir difraktometre kullanılmış ise otomatik kayıt yeterli doğruluk derecesi garanti eder ve integre edilmiş şiddet daha temel bir miktar ise de çizgilerden her birinin «şiddeti» olarak integre edilmiş şiddeti değil de background' un üzerindeki maksimum şiddeti almaya alışılmıştır.

Hanawalt metodunda nitel analiz bilinmeyenin desenini hazırlamakla başlar. Bu bir Debye-Scherrer kamerası veya difraktometre ve floresans minimum hale getirilmiş olmak ve desende yeterli sayıda çizgi görünmek şartıyla uygun bir karakteristik radyasyonla yapılabilir.

DeneySEL d ve I/I_0 değerlerinin bir tablosu yapıldıktan sonra bilinmeyen ne olduğu şu şekilde söylenebilir:

- 1) Nümerik fihristte uygun d_1 grubunun yerini bulunuz.
- 2) d_2' ye en uygun değeri bulmak için ikinci sütundaki d değerlerine bakınız. (DeneySEL ve cetveldeki d değerlerini karşılaştırırken, daima takımların her ikisinin de $\pm 0.01 \text{ \AA}$ kadar hatalı olabileceğini düşününüz.)
- 3) d_1, d_2, d_3 için en yakın uygunluk bulunduktan sonra, bunların izafi şiddetlerini cetveldeki değerlerle karşılaştırınız.
- 4) Fihristteki üç en şiddetli çizgi için uygunluk bulununca, dizideki gerekli kartı buluruz ve gözlenen bütün çizgilerin d ve I/I_0 değerlerini kartta sıralananlarla karşılaştırınız. Tam uygunluk oluşunca bilinmeyen tayini tamamlanmıştır [51].

4.3. İncinin Tarihi

İnciler tüm değerli taşların arasında en eski ve evrensel olanıdır [52]. Binlerce yıl önce, ilk insan ilk inciye muhtemelen deniz kıyısında yiyecek ararken keşfetmiştir [53]. İnsanların bildiği en eski takılardır ve yaşayan hayvan tarafından üretilmiş tek değerli taştır. Hayattaki en eski inci kolye 2000' e yakın yaştadır ve bir Fars Prensesi' nin lahitinde bulunmuştur.

İnciler, uygar Orta Doğu ve Asya toplumları tarafından kullanılması M.Ö 3500' e kadar uzanır [52].

Çin, inci kullanımının 4000 yıldan öncesini kaydetmiş bir tarihe sahiptir. XhaoXing, Sung hanedanının bir biyografi yazarı, eskiden Çin' de inciler üzerine büyük bir ödül koyulduğu için süs ve hem de para olarak kullanılmıştır.

Eski Hindistan, inciler ile büyüleyici bir tarihi paylaşır. İnciler, eski Hindu destanı Rig-Veda' da bahsedilmiştir. Ayrıca Hindu Tanrısı Krishna, düğün gününde kızına incilerini hediye ettiği bilinmektedir [54]. İnciler saflığı ve masumiyeti simgelemeleri nedeniyle ideal düğün hediyesi olarak kabul edilmiştir. Hindu dininde, delinmiş incinin hediye edilmesi ve delinmesi evlilik törenin bir parçasını oluşturmuştur [53].

Eski Mısırlılar, incileri kendileriyle birlikte gömecek kadar değer vermiştir. Markus Antonius' tan bir bahis kazanıp bütün bir ülkenin varlığını bir öğünde yutabilmek için, Cleopatra' nın tek bir inciye bir kadeh şarap içerisinde eritip içtiği rivayet edilir.

Eski Roma' da inciler, varlık ve sosyal statünün en üstün simgesi olarak kabul edilmiştir. Grekler, inciye hem rakipsiz güzelliği hem de aşk ve evlilik ile ilişkisi dolayısıyla çok değer vermiştir. Asil sınıftan güzel genç kızların zarif inci kolyeler taktığı Karanlık Çağlar boyunca kahraman şövalyeler incileri genellikle savaş alanlarına taşımışlardır. Parlak değerli taşların sahip olduğu sihrin kendilerini zarar görmekten koruyacağına inanmışlardır.

Rönesans, Avrupa kraliyet saraylarının inciler içerisinde yüzdüğüne tanıklık etmiştir. İncilere çok değer verildiğinden dolayı, çok sayıda Avrupa ülkesi asil sınıf dışındakilerin inci takmasını yasaklayan kanunlar çıkarmıştır. Avrupa' nın

Yeni Dünya' ya yayılışı sırasında, Orta Amerika sularında inci bulunması, Avrupa' nın servetine servet katmıştır. Ne yazık ki denizde yetişen değerli taşlara yönelik açgözlülük ve zaaf, 17. yüzyılda bütün Amerikan inci istiridyesi popülasyonunun tükenmesine yol açmıştır.

1900' lerin başında doğal incilere yalnızca zengin ve ünlüler ulaşabilmiştir. 1916 yılında, ünlü Fransız kuyumcu Jacques Cartier, değerli gayrimenkul karşılığında iki inci kolye vererek New York' un ünlü Beşinci Caddesi' ndeki mağazasını almıştır. Eski çağlardan beri, inci kusursuz güzelliğin simgesi olmuştur. Bilinen en eski cevher olup yüzyıllar boyunca en değerli taş olarak kabul edilmiştir. M.Ö. 520 yılında ölen bir Pers prensesinin lahdinde bulunan, bilinen en eski mücevher parçası Paris' teki Louvre Müzesi' nde sergilenmektedir. Eski insanlar için inci ayın simgesiydi ve sihirli güçlere sahipti.

Klasik Roma' da yalnızca belirli rütbeye sahip insanların inci mücevher takmasına izin verilirdi. Edebi olarak inci kelimesinin Latince karşılığı "eşsiz" demektir ve bu, iki incinin birbirine benzemediğinin kanıtıdır. Romantik dillerde İspanyolca, Fransızca, İtalyanca "margarita" inci demektir. İnci kelimesi İngilizce dilinde 14. yüzyılda görülmüştür. Onüçüncü ve ondördüncü yüzyıllarda inciler, Avrupa' da şahsi süs olarak çok moda olmuştur. Hem erkek hem de kadın giysileri incilerle işlenmiştir.

Amerika kıtalarında hem İnkalar hem de Aztekler, güzellikleri ve sihirli güçleri dolayısıyla incilere değer vermişlerdir [53].

Şu ana kadar bulunan en büyük inci 1934 yılında Filipinler de çıkartılmıştır. 6,34 kg ağırlığındadır. Bulan kişi bir müslümanmış ve incinin ismi önceden Allah' ın incisiyken, sonradan Lao-Tzu' nun incisi olarak değiştirilmiştir. 1936' da oğlunun hayatını kurtardığı için inciye, Wilbir Dowell Cobb' a hediye etmiş, 1980' de Cobb un mirasçıları inciye Beverly Hills' teki bir kuyumcuya 200.000 Dolara satmışlar. Şu andaki değerinin 40 milyon Dolar olduğu söyleniyor![55].

4.4. İncinin Oluşumu ve Kimyasal Yapısı

İnci, başta istiridye ve bazı midye türlerinin içinde oluşur. Bunlar denizlerde yaşayan yumuşakçalar sınıfından kabuklu yaratıklardır. İşte, bu yaratıkların içlerine kum, çakıl veya zarar verecek parazit organizmalar girdiğinde bundan rahatsız olurlar. Bu gibi durumlarda bir korunma yöntemi olarak bu yabancı maddeleri izole ederler ve üzerini sedefle kaplamaya başlarlar. Bu kaplama işlemi incinin oluşumundaki ilk aşamadır. İstiridyenin içine giren yabancı maddeler incilerin oluşması için çekirdek görevi görürler. Yıllarca bu çekirdek maddenin üstü ince kalsiyum karbonat katmanlarının üst üste gelmesiyle kaplanır [56].

İstiridyenin iç derisindeki katmanlarda sedefi oluşturan iki ana madde bulunur. Birincisi, inciye meydana getiren ve "aragonit" adı verilen kalsiyum karbonat içerikli bir mineral, diğeri ise bu aragonit maddesini bir arada tutacak olan uhu benzeri "conchiolin" maddesidir. Aragonit yarı şeffaf madde olduğu için inciye parlaklık

kazandırır [52]. İncinin boyu, inciye oluşturan istiridyenin yaşı (daha olgun istiridyeler daha büyük inciler üretir) ve incinin kültür edildiği yer ile ilgilidir [57].

Bir incinin şekli iki faktöre bağlıdır:

- 1) Sedefin sardığı çekirdeğin şekline bağlıdır.
- 2) İncinin büyümesi hareket edip etmediğine bağlıdır. Düzensiz şekilli bir çekirdek veya incinin büyüme sırasında yer değiştirmesi düzensiz veya barok bir şekil oluşturabilir.

Özgül ağırlığı minerallerden daha az ve 2.65 ile 2.70 arasında değişir [58].

4.5. İncilerin Çıkarıldıkları Yerler ve Çeşitleri

Doğal inciler için en önemli kaynak Basra Körfezi' dir. İnci istiridyeleri, bugünün Bahreyn Adaları' ndan kıyıda büyük bolluk içerisinde çıkarılmıştır. Bu istiridyelerden çıkan kremi beyaz olan inciler dünyadaki en doğal inci olarak kabul edilmiştir.

Doğal inciler için tarihi ve günümüze ait diğer kaynaklar Sri Lanka Körfezi ve Kızıldeniz' dir [59].

Günümüzde yaygın olarak kültür incileri üretilmektedir. Kültür incilerinin doğal incilerden tek farkı istiridye veya midye içerisine sedefin kaplayacağı çekirdeğin elle yerleştirilmesidir. Kültür incilerinin üretimi 13. yüzyılda Çin' e kadar uzanmıştır. Ama bu yöntem Japonlar tarafından geliştirilmiştir.

Kültür incileri, dünyanın farklı yerlerinde de oluşuyor. Bunlar; Avustralya, Güney Denizi, Tahiti, Japonya ve Çin ' dir.

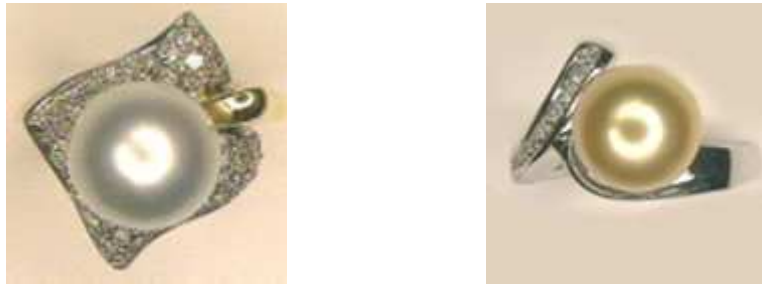
Avustralya incileri, kuşkusuz dünyadaki en nadir ve en iyi kültür incisidir. Başka hiçbir inci, Avustralya incisinin doğal güzelliğine ve büyüklüğüne benzeyemez. Bu özelliklerdeki Avustralya incileri, renk vermeyen, ölmeyen veya yok olmayan bir kalitededir. Bu inciler saf ve işlenmemiş olduklarından hiçbir zaman yok olmayacaklardır. Nesilden nesile geçirilebilen bir hazineyi garanti eder.

Avustralya incilerinin boyutu 8 mm' den başlayarak 18 mm' ye kadar, birçok şekil ve renklerde oluşurlar. Yüksek ölçüde değerli birçok doğal şekilli incilerden “küresel” ve “damla” inciler sadece ikisidir. Bu inciler doğal olarak gümüş, pembe, beyaz, altın veya mavi renklidir. Şekil 4.3 ' de birkaç örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Avustralya inci örnekleri.

Güney Denizi kültür incilerinin iki temel grubu vardır: beyaz ve siyah. Beyaz gruptan inciler ilk olarak Avustralya, Filipinler ve Endonezya' nın kuzey sularında üretilmiştir. Boyutları 8 mm' den 20 mm' ye kadar nadir ve olağanüstü boyutları onları daha değerli kılar. Renkleri, beyaz ve gümüş maviden soluk altına -altın veya hafif sarımsı- değişir. Beyaz ve ya gümüşümsü renkler çoğunlukla Avustralya sularında meydana gelirken, sarımsı çeşitleri Filipinler ve Endonezya sularında bolca bulunur. Şekil 4.4' te örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Güney denizi inci örnekleri.

Cook Adaları'ndan doğuya doğru Tahiti' den Tuamotu Archipelago'ya ve Fransız Polinezyası'ndaki Gambier Adaları'na kadar geniş bir alan üzerinde çok sıkça bulunan siyah gruptaki inciler, Güney Pasifik'in efsanevi incisidir.



Şekil 4.5. Güney Pasifik 'ten çıkarılmış siyah inci örneği.

Tahiti'nin kültür incileri büyü ve kusursuzluk ile eşanımlıdır. Daha çok mercanada ve Güney Pasifik'in kıyı göllerinden gelir. Onlar yuvarlaktan ziyade daha çok damla şekline yönelir ve boyutları 7 mm' den 15 mm' ye değişir. Siyah, gümüş, koyu veya açık yeşil olabilirler. En az bulunan renk "tavus kuşu yeşilidir" (tavus kuşunun bir tüyünün yeşilimsi siyah rengi).



Şekil 4.6. Tahiti inci örneği.

Çin denizi incileri yuvarlaktan oval düğme, damla ve barokaya ender değişen şekillerin şaşırtıcı değişikliğinde oluşurlar. Renkleri saf beyazdan pembe menekşe rengi ve turuncuya değişir.

Kültür incileri arasında klasik olarak düşünülmüş Akoya incileri, esasen yuvarlak veya oval şeklindedir ve boyutları 2 mm' den 10 mm' ye değişir. Japonya ve Çin' in güneybatısındaki kültür incileridir. Renkleri pembemsi beyazdan krem gölgeler ve gümüşümsü maviye değişir.



Şekil 4.7. Akoya incisi.

Tamamen farklı mükemmel yuvarlağa sahip, büyük inciler, çekirdeksiz Keshi incileridir. Akoya ve Güney Denizi incilerinin yetiştirilmesinde kendiliğinden ortaya çıkar. Bu küçük serbest şekilli incilerden, renkleri gümüşü beyazdan gümüşü griye değişen büyüleyici kolyeler yapılır.



Şekil 4.8. Keshi incisi.

Mabé incileri, güzelliği ve gökkuşaağı renkleri gibi renk değişimi ile cazibeli incilerdir. İnci, çoğunlukla Güneydođu Asya' nın ve Okinawa' nın etrafındaki Japon adalarındaki tropikal denizlerde bulunduğundan "Mabé inci istiridyesi" olarak adlandırılmıştır.



şekil 4.9. Mabé incisi.

Kasumiga incisi, Tokyo' nun kuzeydoğusundaki bir gölden gelen incinin yeni bir türüdür. Midyeler, Japonya ve Çin Denizi midyeleri arasındaki bir karışımdır ve midyeye yuvarlak veya düz çekirdek yerleştirilmiştir. Renkleri koyu pembeden açık pembeye değişir [60].



şekil 4.10. Kasumiga incisi.

Ticaret amaçlı olarak sahte incilerde üretilmektedir. Bu sahte inciler genellikle boncuklardan meydana gelir.



Şekil 4.11. Sahte inci kolye.

İncini değerini anlamak için parlaklık ve boy genellikle aranacak iki ana faktör olarak kabul edilir. Parıltısı ne kadar koyu olursa, şekil ve yüzeyi ne kadar kusursuz olursa inciler o kadar değerli olur. İncinin görünen yüzeyinde ne kadar az doğal iz ve benek olursa, inci o kadar pahalı olur. Ayrıca, inciler, ne kadar yuvarlak, simetrik ve büyük olursa o kadar değerlidir [61].

İncinin doğru bakımı aslında zor değildir. Sadece bu taşların organik doğanın ve suda yaşayan bir canlının hücreleri tarafından meydana geldiği hatırlanmalıdır. Onları oluşturan istiridyeler gibi neme ihtiyaçları vardır. Asla klorlu suya maruz bırakılmamalıdır. İnci diğer mücevherlerden ayrı, bir bez çanta veya takı çantası içinde saklanmalıdır. Saklanırken hafif nemli bir bez içinde saklanması incinin kurumasını önleyecektir [62].

Saç spreyi, oje veya alkol bazlı ürünlerdeki kimyasal maddeler incinin parlaklığını bozabileceğinden, inci mücevherleri bu tür kozmetik ürünlerle temas ettirilmemelidir. İncilerin uzun süre kasalarda veya kapalı yerlerde saklanması, kuruyup matlaşmalarına neden olur. O yüzden sık sık kullanmak ve düzenli bakım yapmak, incilerin hava alarak kendilerini yenilemelerini sağlar [57].

4.6. İncilerin Kullanım Alanları ve Yararları

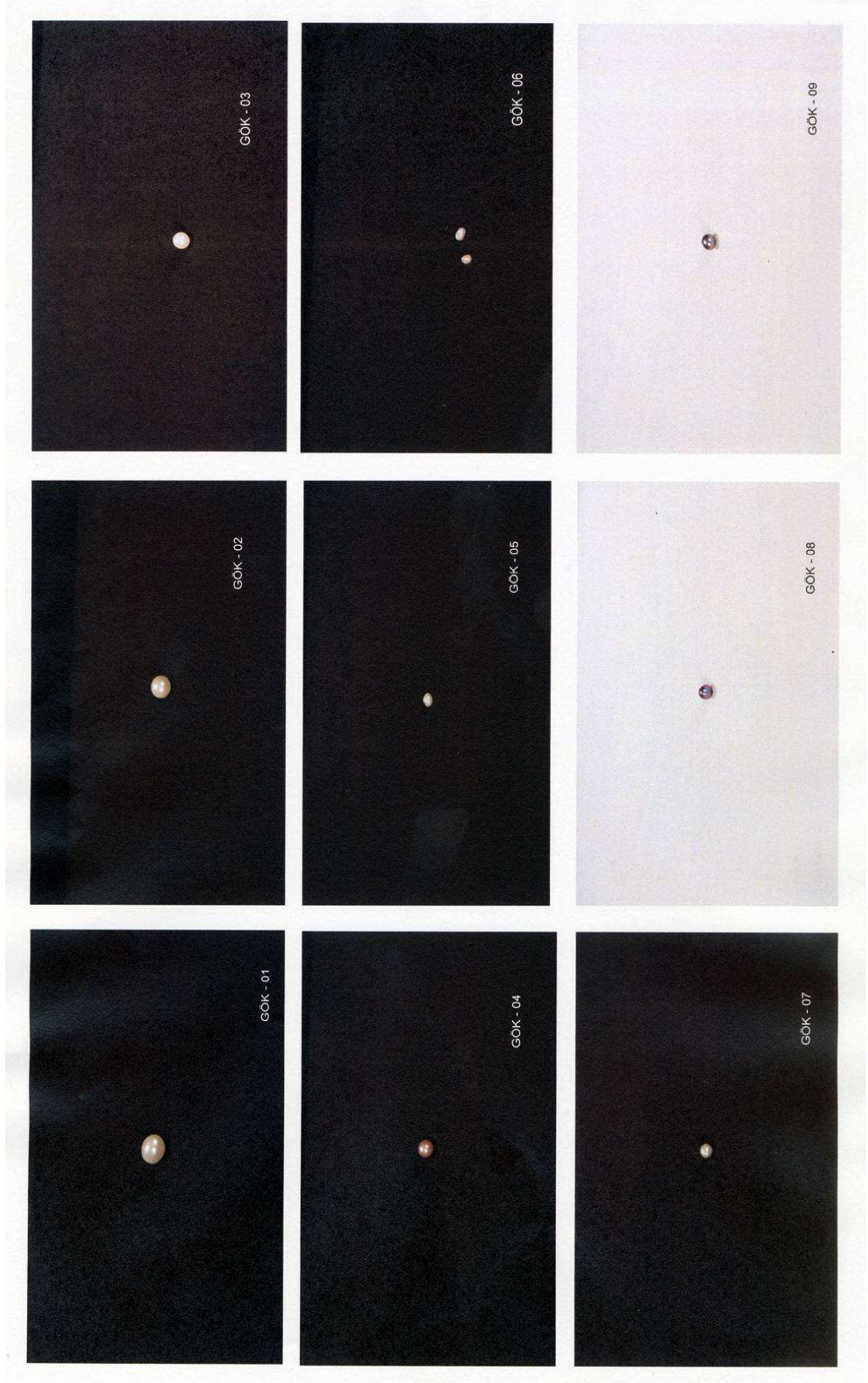
"Ayın gözyaşları" olarak da adlandırılan bu taş, cennetin bulutlarından geçen meleklerin izine benzetilir. Geçmişte çoğu medeniyette, kalp hastalıklarına ve pek çok rahatsızlığa iyi geldiğine inanılmıştır. Aslına bakılırsa incinin ana maddesi olan kalsiyum karbonat, bugün de ilaç olarak kullanılmaktadır [53]. Asya' daki inciler, tıbbi amaçlar için uzun süre araştırılmıştır. İnciler tarih boyunca görme problemleri, uyku bozuklukları ve hatta depresyon gibi hastalıkların tedavisinde çeşitli eski uygulayıcılar tarafından kullanılmıştır [65].

Geçmişteki çeşitli kültürler, tıbbi amaçlar için incilerin kullanımını gerçekleştirmiştir. Bu kullanımlarda, afrodizyak olarak kullanım sağlığı düzeltmek için kullanımdan farklı olabilir. Toz haline getirilmiş inciler, tedavi edici özellikleri ile merhemler, tonikler veya kremler içinde yer almıştır. Düşük kaliteli inciler bugüne kadar iyi bir toz halinde öğütülmüştür ve çok yüksek kaliteli inciler kalsiyum ilaç olarak faydalıdır. Şaşırtıcı bir şekilde, çok yönlü inciler, derinden etkili ve etkin bir kristaldir [63]. Aynı zamanda inci, mide rahatsızlıkları, astım, öksürük, göz hastalıkları, nefes darlığı ve akciğer hastalıklarına iyi geldiği söyleniyor [64].

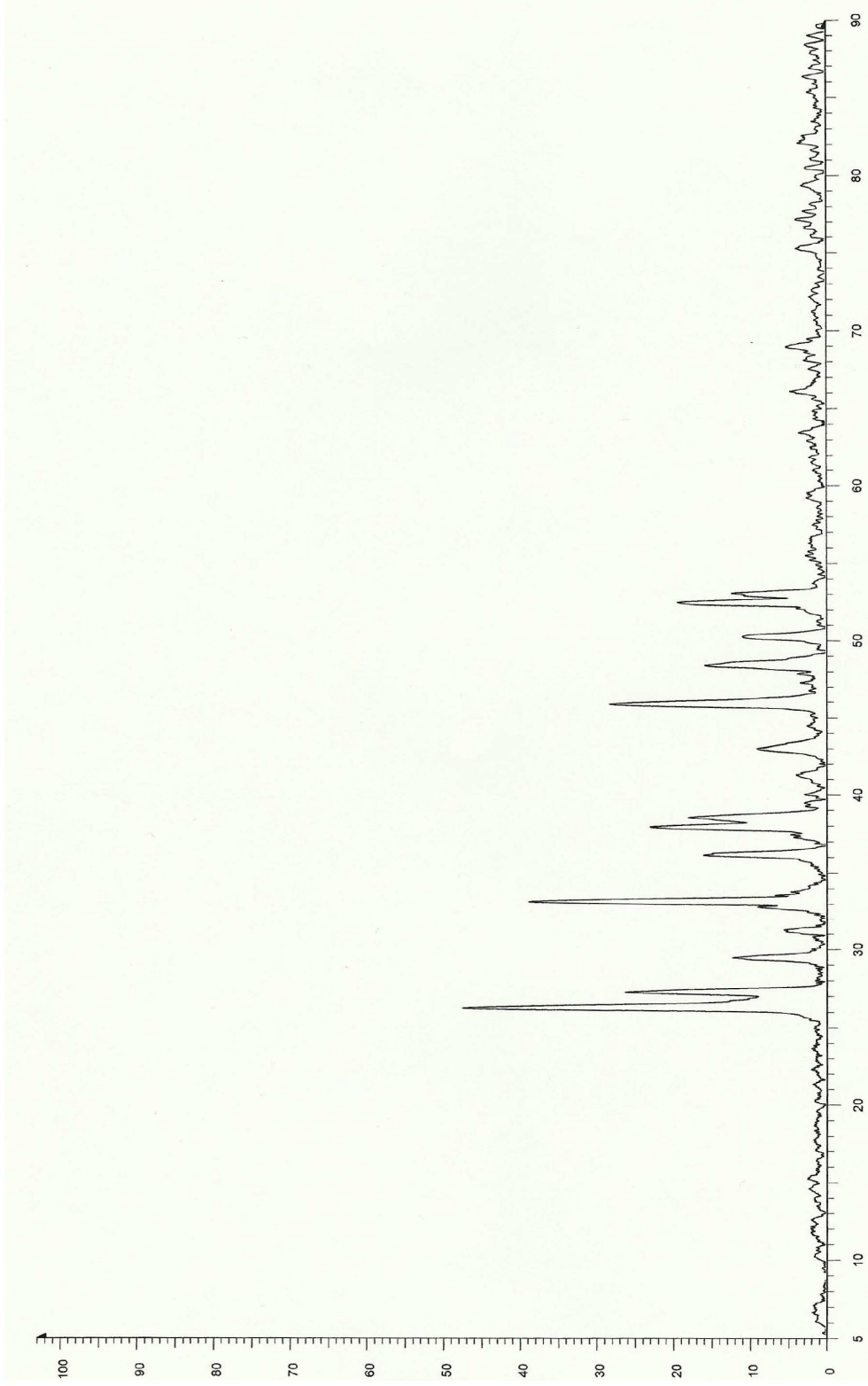
Çin' de bugün hala geleneksel doğu tıbbı genellikle inci tozunun kullanımını gerektirir, tipik olarak düşük kaliteli tatlı su incileri üzerinden öğütülerek yapılmıştır. Hala yaygın olarak incilerin yaşlanma karşıtı, kanserle mücadelede yardımcı özelliklere sahip olduğuna inanılır ve hatta tiroit hastalığı ve kronik faranjit tedavisinde yardımcı olabilir. Birçok insan inci tozu bazlı ürünlerin ciltlerini pürüzsüz tutacağı ve genç görünümünü korumak inancıyla her sabah ve her gece kullanır. Hem de inci takmanın birinin cilt sağlığını iyileştirdiğini, leke veya kırışıklığı yok etmede yardımcı olacağını söyler [65]. Günümüzde diş beyazlatma için diş macunlarının içinde de yer almaktadır.

4.7. Deneysel İşlemler


Çorum Erdoğan Kuyumculuk' tan temin ettiğimiz dokuz farklı inci X-ışını toz kırınım yöntemi ile incelendi. İnciler ilk önce Zirkonyum Tungsten malzemedен yapılmış halkalardan oluşan öğütücü makine tarafından öğütülerek toz hale getirildi. Daha sonra CuK_{α} radyasyonu kullanılarak sürekli tarama modunda 2θ aralığında toz kırınım desenleri alındı. Eva bilgisayar programı kullanılarak inci içerisindeki maddeler tespit edildi. İlk önce toz kırınım deseni üstünde gerekli pik düzenlemeleri yapılarak uygun pikler seçildi. Daha sonra uygun piklere karşılık gelen değerler işaretlendi. Search arama motoruyla Hanawalt metoduna uygun olarak d , I ve 2θ değerleri ile birlikte maddeler bulundu. Overlap programı ile örtüşme katsayıları hesaplanarak bulduğumuz maddelerin güvenilirliği tespit edildi. Overlap programı ile örtüşmeme katsayılarının hesaplanması, programa bulduğumuz maddelerin 5 tane d ve I değerleri ile 5 tane bilinen maddenin d ve I değerleri yazılarak yapıldı.



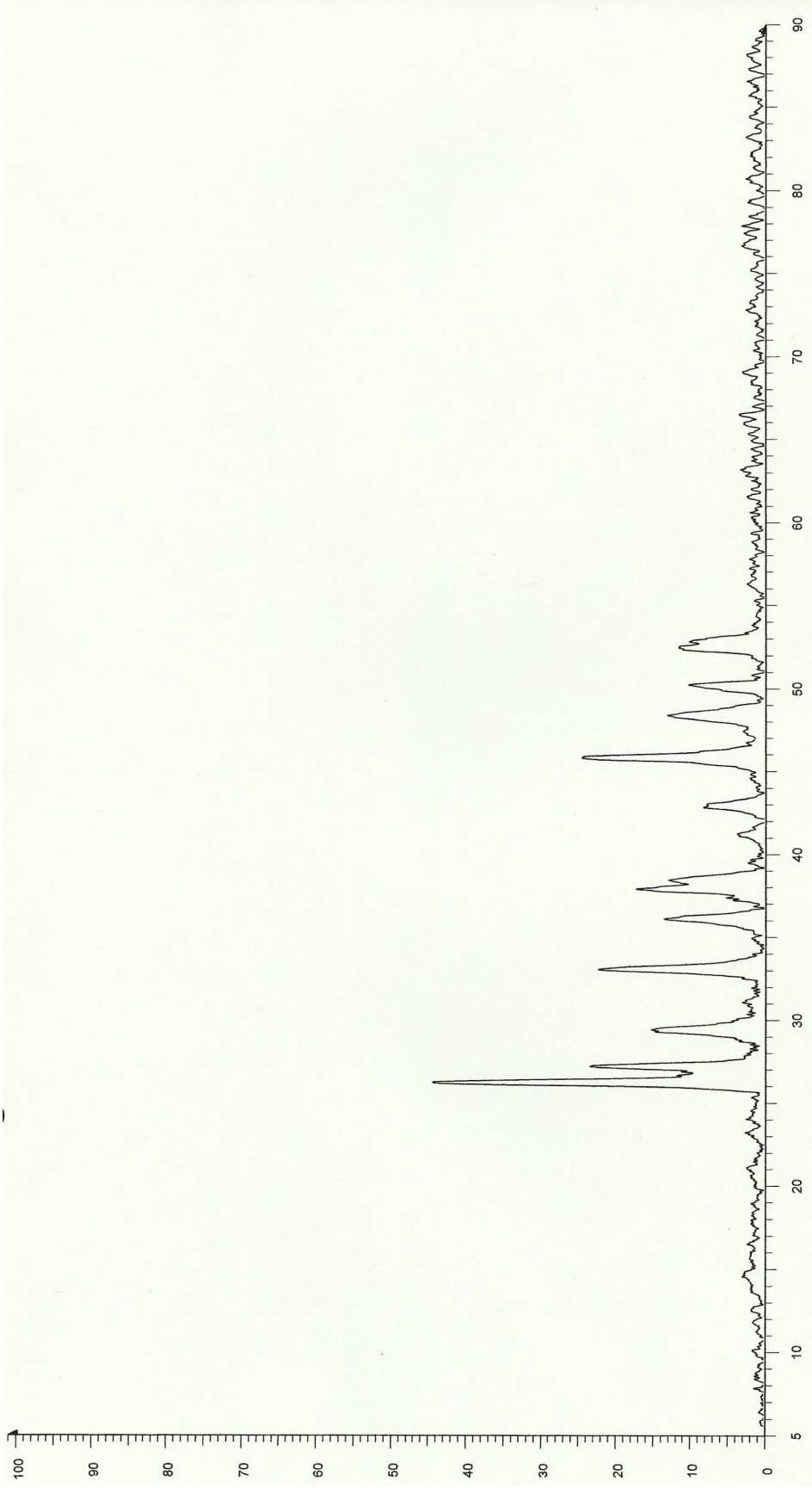
Şekil 4.12. İncilerin toplu fotoğrafları.




Şekil 4.13. Göğ - 01 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-01			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
PDF Kütük No				41-1475		45-277	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Sezyum Zink Fosfat	
Formülü				$CaCO_3$		$CsZnPO_4$	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik	
Pik No	2 θ (°)	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀
1	5.25781	16.7942	0.6				
2	26.2755	3.38902	100	3.39635	100		
3	27.2406	3.27111	55	3.27418	50	3.28468	100
4	29.4221	3.03334	25.4				
5	31.1788	2.86632	10.7	2.87237	6	2.87036	1
6	33.1803	2.69785	81.6	2.70185	60	2.72340	23
7	36.1441	2.48314	33.4	2.48092	40	2.48695	1
8	37.9446	2.36935	48.1	2.37312	45	2.34459	7
9	38.5504	2.33349	37.5	2.32992	25	2.34057	4
10	45.9014	1.97544	59.2	1.97779	55	1.99028	17
11	48.4102	1.87876	33.0	1.87718	25		
12	50.2555	1.81402	22.5	1.81480	20	1.81159	10
13	52.4846	1.7421	40.4				
14	53.0601	1.72455	25.5	1.72536	16	1.72681	1
15	89.7029	1.0922	1.9				
16	43.0257	2.10057	19.0	2.10808	20	2.09407	4
17	32.7684	2.73081	18.7	2.73249	9	2.72340	23
18	66.1564	1.41137	9.4	1.41047	4	1.41144	1
19	68.9789	1.36034	11.0	1.36397	2	1.36624	1
20	75.3123	1.26088	8.1	1.26147	5	1.25760	1
21	89.0805	1.09822	4.5	1.09489	1		
22	63.4716	1.46444	7.4	1.46705	4	1.46286	3
23	33.801	2.64971	9.0			2.64942	2
24	68.1528	1.3748	5.8				
25	41.2359	2.18752	8.4	2.19037	12	2.18337	3
26	39.9967	2.25238	5.5				
27	37.4496	2.39952	9.7	2.41083	14		
28	77.7217	1.2277	6.1				
29	86.3957	1.12531	6.4	1.12558	2		
Overlap Katsayısı:				0.989		0.892	

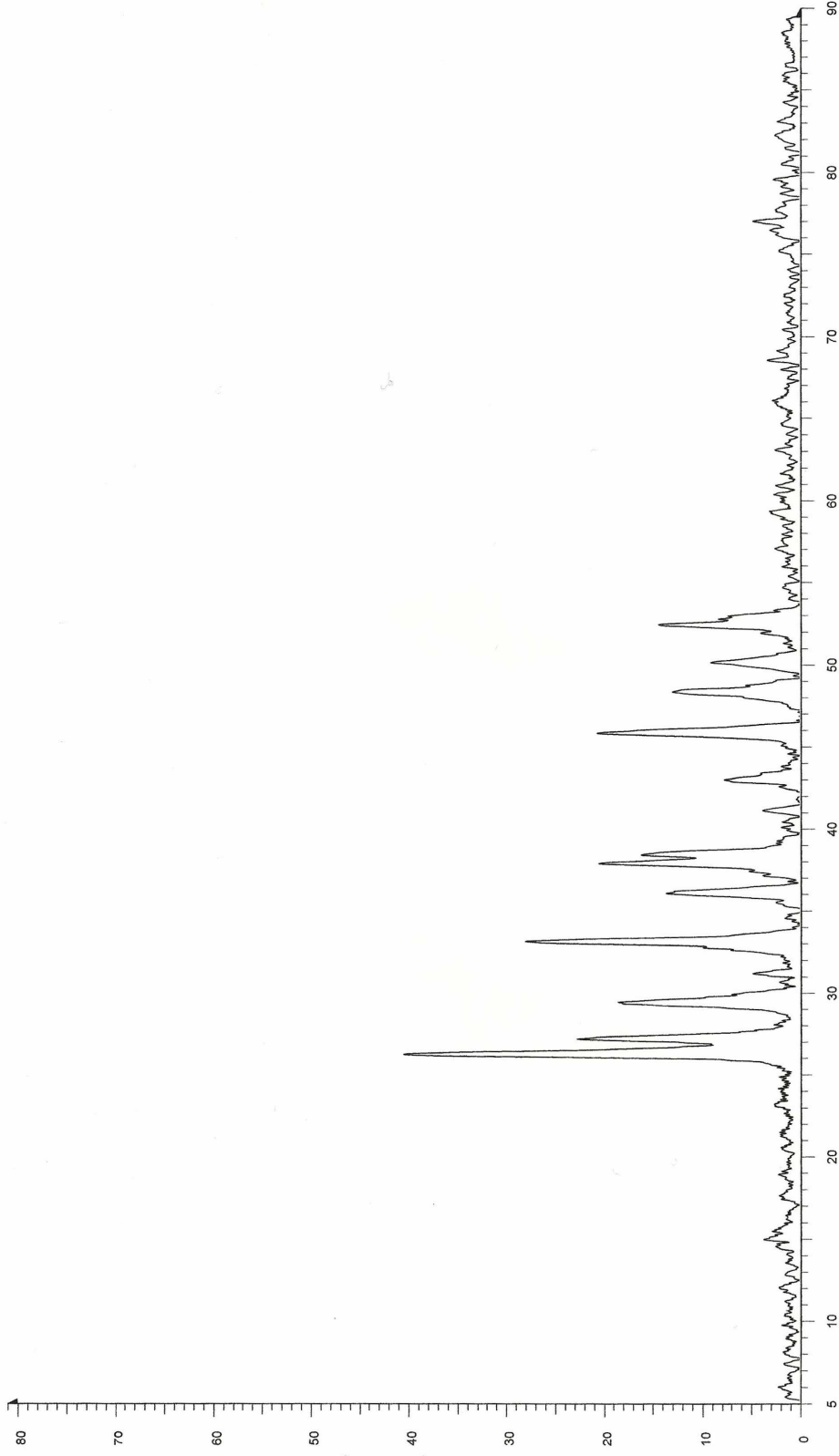
Tablo 4.1. Gök-01 numaralı incinin analiz sonucu.




Şekil 4.14. Gök – 02 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-02			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
PDF Kütük No				41-1475		70-922	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrazin Hidrojen Sülfid	
Formülü				$CaCO_3$		N_2H_5HS	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik	
Pik No	2 θ (°)	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀
1	26.1932	3.39947	100	3.39635	100		
2	27.1655	3.27998	52.4	3.27418	50	3.28732	100
3	29.3828	3.03731	34			3.03632	74
4	33.0423	2.7088	49.9				
5	36.0577	2.48889	30.2	2.48092	40	2.49604	5
6	37.871	2.37378	38.6	2.37312	45	2.36900	1
7	45.8366	1.97808	54.8	1.97779	55	1.97779	2
8	48.3486	1.88101	29.2	1.88235	25		
9	50.2202	1.81521	22.6	1.81480	20	1.81399	1
10	38.4134	2.3415	29.4				
11	42.8192	2.11022	18.6	2.10808	20	2.12008	1
12	52.457	1.74295	26.1	1.74298	25	1.73928	1
13	52.87	1.7303	22.7				
14	63.1962	1.47016	7.4	1.47657	2		
15	66.5006	1.40489	7.8	1.40418	3		
16	77.9282	1.22497	6.8	1.22451	3		
17	76.6891	1.24164	7.1	1.24272	3		
18	77.4464	1.23138	6.8	1.23634	6		
19	80.7507	1.18912	6.1	1.18897	3		
20	86.6711	1.12245	5.4	1.12558	2		
21	87.3595	1.11536	5.1				
22	69.0477	1.35915	6.4	1.35899	5		
23	83.229	1.15989	6.1	1.16001	2		
24	41.2359	2.18752	8.1	2.19037	12	2.18453	5
25	72.834	1.29755	5.8	1.30363	1		
Overlap Katsayısı				0.989		0.900	

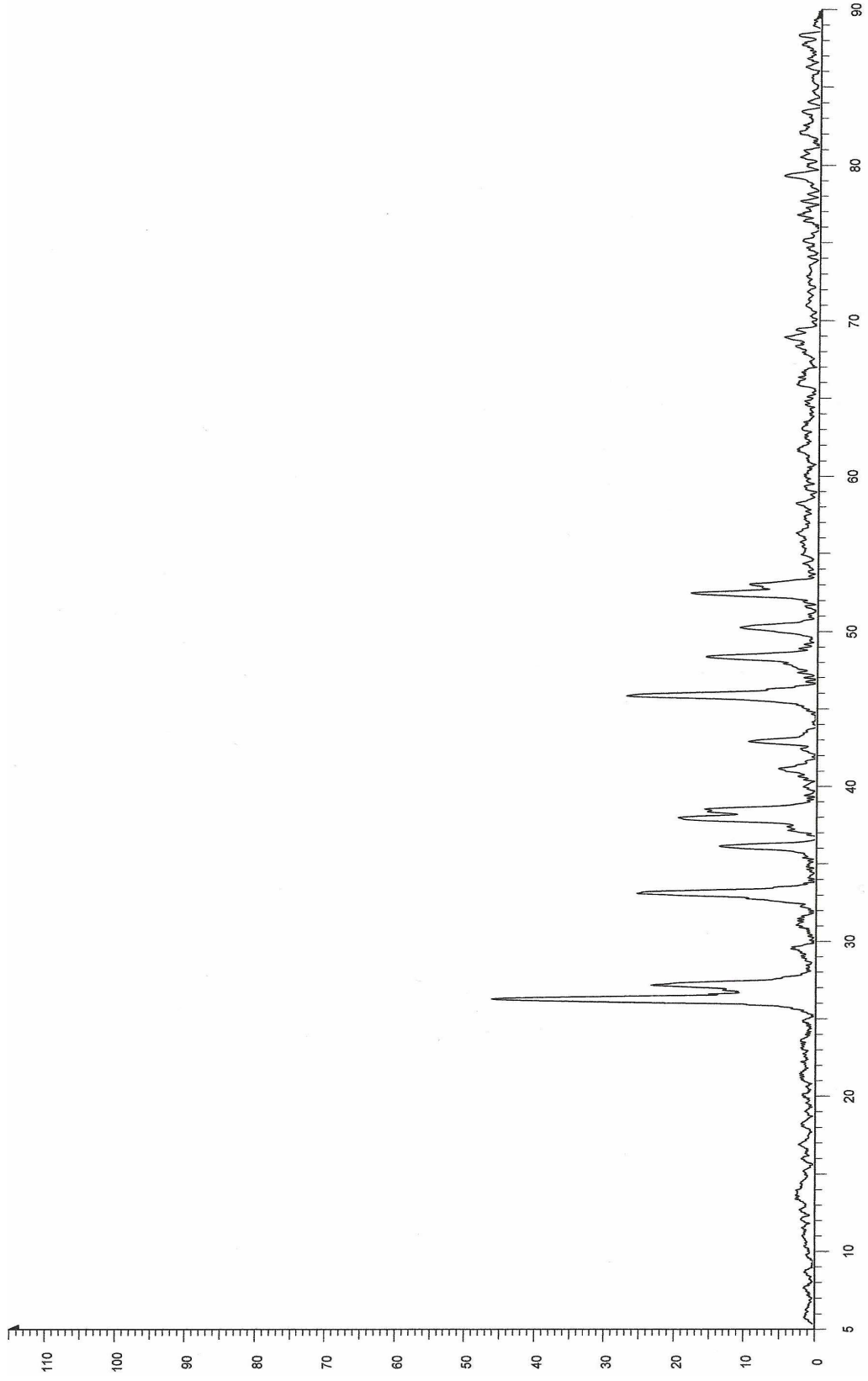
Tablo 4.2. Gök-02 numaralı incinin analiz sonucu.




Şekil 4.15. Gök – 03 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-03			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
PDF Kütük No				41-1475		70-922	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrazin Hidrojen Sülfid	
Formülü				$CaCO_3$		N_2H_5HS	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik	
Pik No	2 θ (°)	d (Å)	I/I ₀ (%)	d (Å)	I/I ₀ (%)	d (Å)	I/I ₀ (%)
1	26.2399	3.39354	100	3.39635	100	3.28732	100
2	27.1721	3.27919	56.2	3.27418	50		
3	29.3824	3.03735	45.3			3.03632	74
4	33.1245	2.70227	69.2	2.70185	60	2.72522	16
5	36.0724	2.4879	33.3				
6	37.8878	2.37277	50.7	2.37312	45	2.36900	1
7	38.4215	2.34103	39.8	2.34191	25	2.35267	4
8	41.1183	2.1935	9.3				
9	45.8505	1.97751	51.1	1.97779	55	1.97779	2
10	48.379	1.8799	32.0				
11	52.4673	1.74263	35.5	1.74298	25	1.74893	1
12	31.1851	2.86576	11.9	2.87237	6	2.88248	4
13	14.9385	5.92564	9.5			6.06815	1
14	43.0257	2.10057	19.3	2.10808	20	2.10051	6
15	50.1852	1.81639	23.2	1.81480	20	1.82369	1
16	77.1021	1.23602	12.2	1.23634	6		
17	68.5658	1.36753	8.6	1.36624	2		
18	83.1602	1.16067	5.9	1.16001	2		
19	51.9751	1.75797	10.1	1.75945	3	1.76248	3
20	63.1274	1.47159	6.5	1.47657	2		
21	68.0151	1.37725	5.1	1.38052	1		
22	79.6493	1.20277	6.5	1.20577	4		
23	52.8012	1.73239	20.8	1.74298	25	1.73559	1
24	9.70661	9.10468	4.5				
25	60.9933	1.51787	6.2			1.51816	1
26	57.0694	1.61255	6.5	1.61961	2	1.60690	1
27	58.8592	1.56771	4.8			1.56635	<1
28	76.4826	1.24448	7.4	1.24272	3		
29	78.7543	1.21417	5.1	1.21507	2		
30	84.3305	1.14752	4.8				
31	82.3341	1.17021	6.5	1.17095	3		
32	40.4098	2.23031	4.8			2.23703	1
33	40.0656	2.24867	4.8			2.25799	1
34	37.3808	2.40378	13.1	2.41083	14	2.40094	13
35	66.1564	1.41137	7.1	1.41047	4		
36	70.4245	1.33592	4.5	1.34163	2		
37	69.1854	1.35679	6.2	1.35899	5		
Overlap Katsayısı				0.996		0.857	

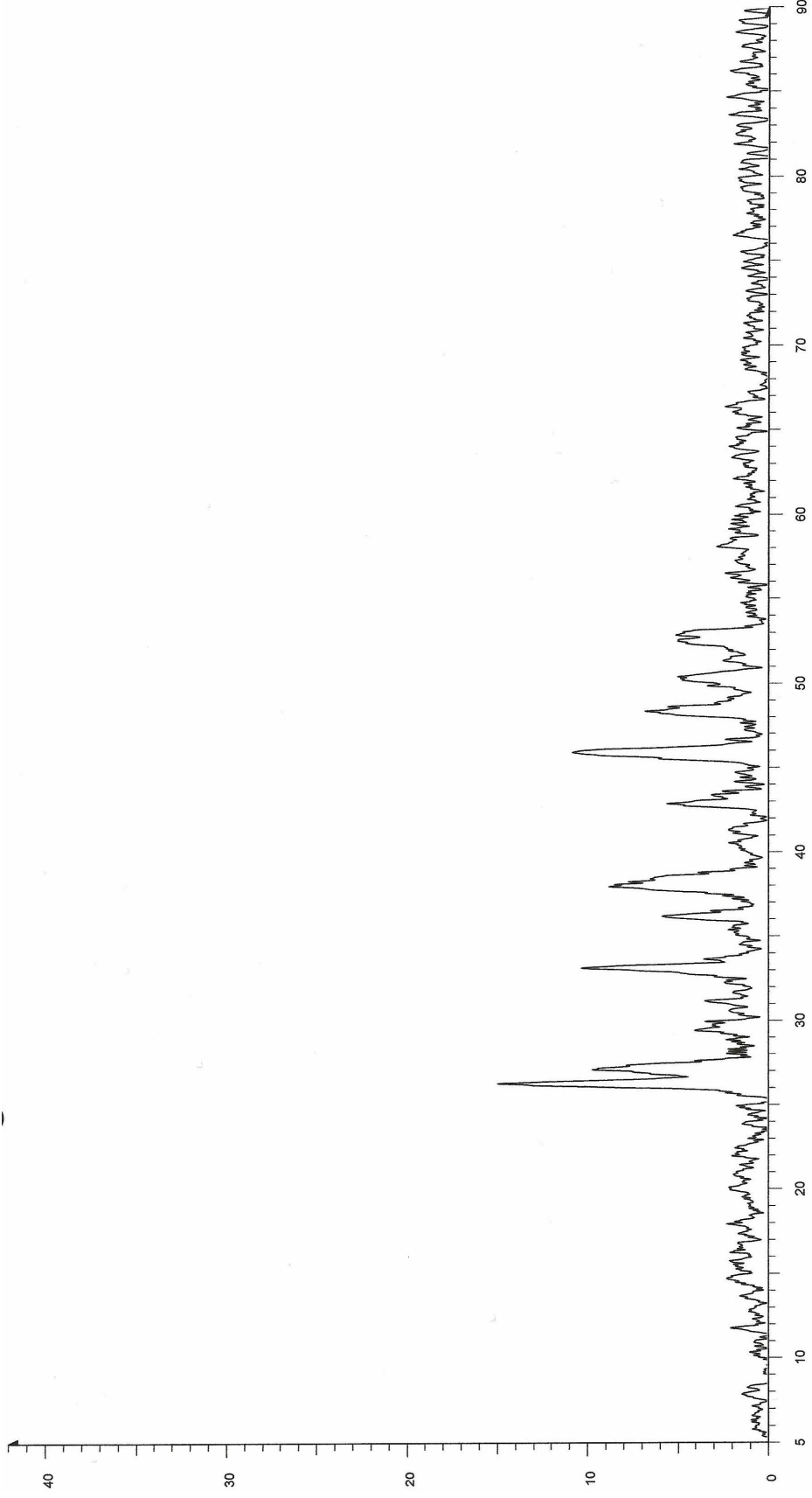
Tablo 4.3. Gök-03 numaralı incinin analiz sonucu.




Şekil 4.16. Gök – 04 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-04			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
PDF Kütük No				41-1475		73-1381	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrojensemikar bazid Klorid	
Formülü				$CaCO_3$		$CO(NH_2)$ $NHNH_3 Cl$	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Ortorombik	
Pik No	2 θ (°)	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀
1	5.36	16.4743	0.8				
2	26.1734	3.402	100.0				
3	27.0913	3.28878	50.2	3.27418	50	3.28205	57
4	33.0752	2.70619	54.2	2.70185	60		
5	36.0703	2.48805	29.1	2.48092	40	2.47194	15
6	37.8879	2.37276	41.9	2.37312	45		
7	38.4583	2.33887	33.8	2.34191	25		
8	42.8718	2.10775	20.1	2.10808	20	2.10051	<1
9	45.7882	1.98006	58.3	1.97779	55	1.99028	1
10	48.317	1.88217	33.6	1.88235	25	1.89017	3
11	50.2123	1.81548	22.9	1.81480	20	1.81964	1
12	52.416	1.74422	38.4	1.74298	25	1.75118	<1
13	88.3919	1.10498	6.2	1.10345	1		
14	41.1683	2.19095	11.5	2.19037	12	2.20334	1
15	79.3762	1.20622	11.5	1.20577	4	1.20862	<1
16	68.9121	1.3615	10.8				
17	76.829	1.23973	7.1	1.24046	4	1.23821	<1
18	53.0093	1.72608	20.1	1.72900	12	1.72536	3
19	77.724	1.22767	6.3	1.23634	6	1.22966	<1
20	16.8666	5.25236	4.5				
21	58.2414	1.58286	6.7			1.58575	2
22	80.5466	1.19161	6.0	1.20577	4	1.19417	<1
23	86.3294	1.12601	4.8	1.12744	1		
24	84.0576	1.15055	4.1	1.16001	2	1.15153	<1
Overlap Katsayısı				0.942		0.855	

Tablo 4.4. Gök-04 numaralı incinin analiz sonucu.



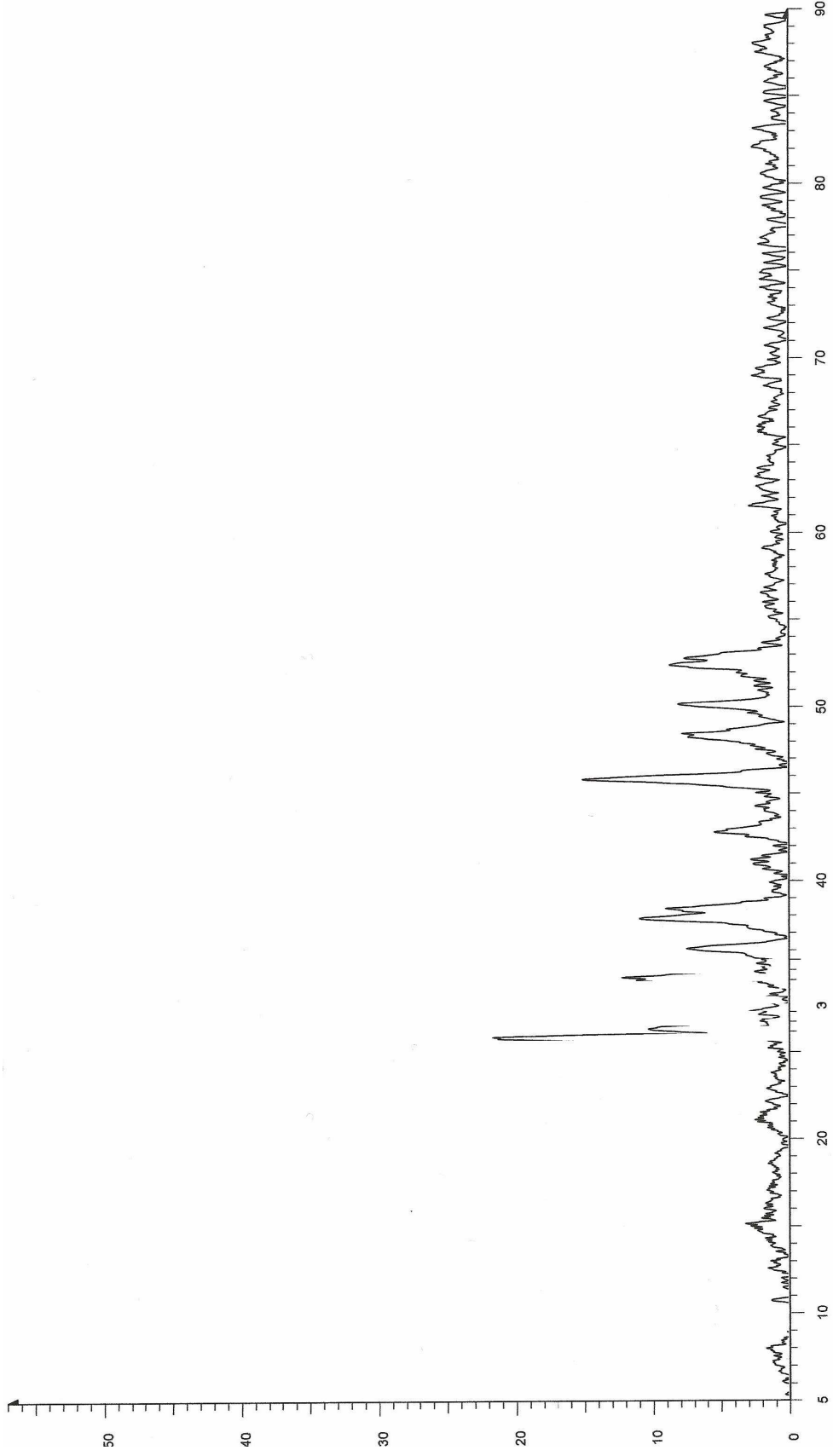
Şekil 4.17. Gök – 05 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-05					
Numunenin Cinsi				İnci					
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum					
Pdf Kütük No				75-2230		70-1610		77-96	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Nitrojen Klorid		Sodyum Hidrojen Fosfat	
Formülü				$Ca(CO_3)$		NCl_3		$Na_5H_2(PO_4)(P_2O_7)$	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Ortorombik		Triklirik	
Pik No	2 θ (°)	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %
1	5.33116	16.5633	1.6						
2	26.1658	3.40298	100	3.39635	100	3.39917	100		
3	33.0741	2.70627	68.7	2.70007	49	2.71079	89	2.70542	7
4	45.856	1.97729	72.1	1.97683	64	1.98258	3	1.97779	7
5	26.9873	3.30122	64.8	3.27157	57				
6	37.885	2.37293	58.1	2.37174	38	2.36900	13	2.27587	6
7	38.2294	2.35234	51.8	2.34191	27				
8	42.7756	2.11227	37.2	2.10591	19	2.12558	<1	2.11352	8
9	48.2862	1.8833	45.5						
10	52.8324	1.73145	34.3	1.74224	27	1.73192	4	1.73486	10
11	36.0941	2.48646	38.9	2.48393	31	2.48544	<1	2.49452	8
12	33.6143	2.664	23						
13	31.1346	2.87029	23.4	2.87036	5	2.87640	6		
14	17.8404	4.9678	15						
15	11.641	7.59571	14.2						
16	66.3332	1.40803	15.5	1.40370	3				
17	83.6914	1.15465	14.6	1.15986	3				
18	86.2401	1.12695	14.6	1.12713	2				
19	81.9005	1.17531	12.5	1.17062	8				
20	75.5634	1.25732	10	1.25183	<1				
21	76.5277	1.24389	12.5	1.24234	3				
22	58.0674	1.58719	18.4			1.58637	<1	1.58514	2


Tablo 4.5. Gök-05 numaralı incinin analiz sonucu.

(Tablo 4.5.' in devamı)

23	56.4831	1.62789	15.9	1.62928	1	1.62669	1	1.62798	3
24	80.5229	1.19191	10.9	1.19382	<1				
25	84.7247	1.14319	15.5	1.13841	1				
26	86.7686	1.12143	113	1.11638	<1				
27	89.2477	1.09659	11.7	1.09812	<1				
28	74.9929	1.26546	9.2	1.26108	6				
29	21.9044	4.05442	13.4			4.00000	23		
30	29.3436	3.04127	26.7					3.05672	23
31	36.4385	2.46375	21.3	2.48092	30	2.46598	1	2.44391	2
32	43.3266	2.08667	20.9					2.08236	7
33	49.8015	1.82948	22.1	1.82694	2	1.82206	1	1.83266	1
34	40.5025	2.22542	14.6			2.24561	2	2.22972	3
35	43.5333	2.07725	16.7			2.06973	2	2.07183	3
36	46.633	1.94614	15	1.94955	1	1.94862	4	1.91769	2
37	23.8331	3.7305	9.6						
38	7.78364	11.3492	9.6					10.66667	2
39	44.1532	2.04951	12.1			2.04187	<1	2.04493	1
40	24.9352	3.56806	11.3			3.57105	1	3.55556	6
41	24.3153	3.65761	7.1			3.64737	5		
Overlap Katsayısı				0.990		0.929		0.905	



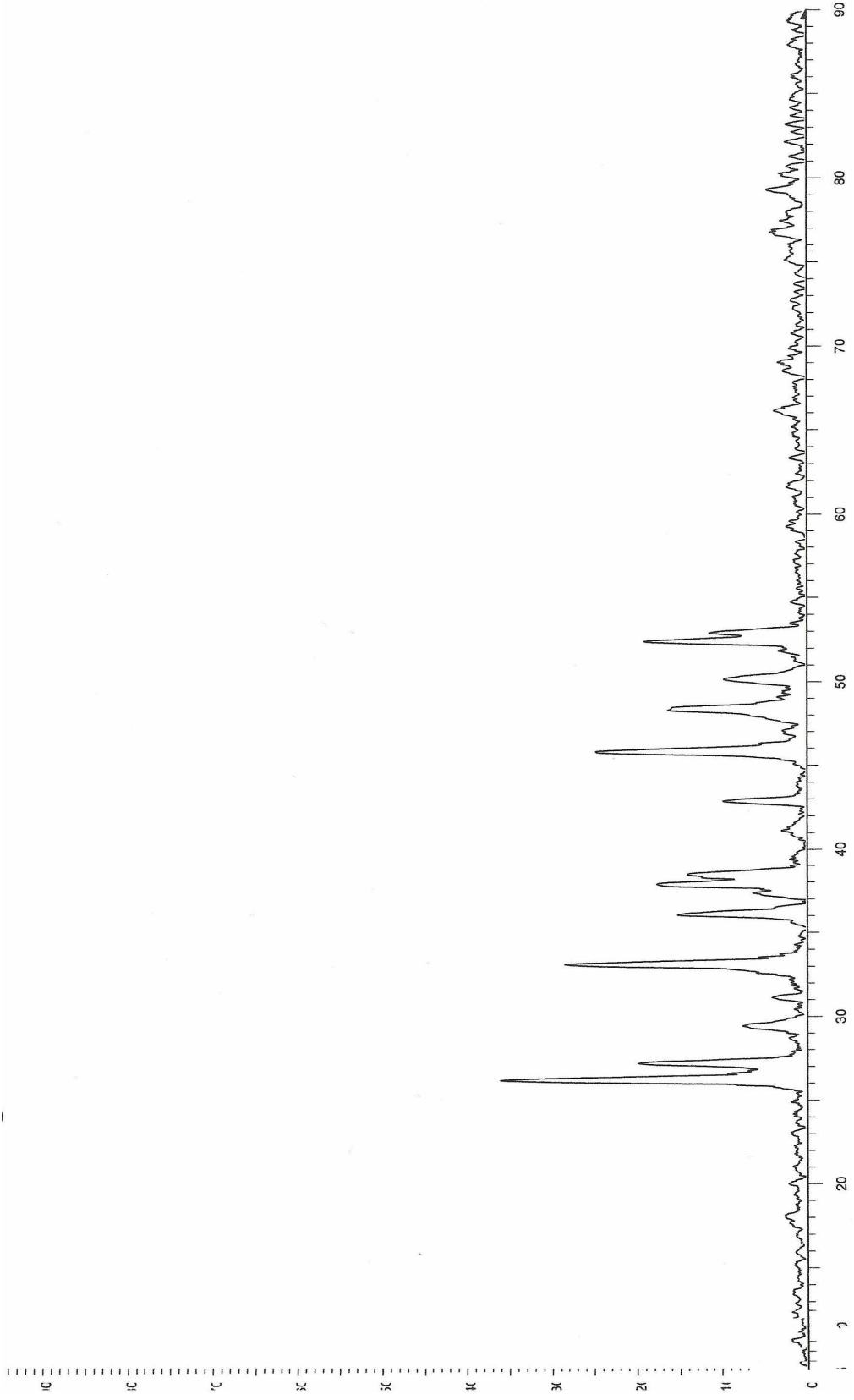
Şekil 4.18. Gök – 06 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-06					
Numunenin Cinsi				İnci					
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum					
Pdf Kütük No				41-1475		39-1838		73-440	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Fumarik Asit		Kalsiyum Fosfat	
Formülü				$CaCO_3$		$C_4H_4O_4$		$Ca_2P_2O_7$	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik		Monoklinik	
Pik No	2 θ (°)	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %
1	8.83445	10.0015	-0.1						
2	9.68084	9.12885	-0.4						
3	5.24602	16.8319	1						
4	11.3713	7.77528	1.7						
5	26.1812	3.40101	100	3.39635	100				
6	36.0481	2.48953	34.6	2.48092	40	2.49908	5	2.48997	4
7	45.7907	1.97996	70	1.97779	55	1.97588	1	1.98162	31
8	50.1347	1.8181	37.3						
9	89.7097	1.09214	7.1	1.09489	1				
10	27.1264	3.28461	47.4	3.27418	50	3.30589	8	3.29525	64
11	33.1163	2.70292	56.1	2.70185	60	2.70899	3		
12	37.798	2.3782	50.5						
13	38.4176	2.34125	41.8	2.34191	25	2.33790	8	2.35132	10
14	52.394	1.7449	40.7						
15	52.8071	1.73222	35.5	1.72900	12	1.72681	1	1.73486	1
16	48.4007	1.87911	36.7	1.87718	25	1.88149	1		
17	42.7551	2.11324	25.3	2.10808	20	2.11570	3	2.11680	4
18	15.0779	5.87118	14.6						
19	61.6197	1.50393	13	1.49927	4			1.50092	5
20	68.9865	1.36021	12.2	1.35899	5				
21	44.2698	2.04438	11.4			2.04391	3	2.04800	20
22	29.3985	3.03573	13.8			3.03183	40	3.07508	39


Tablo 4.6 Gök-06 numaralı incinin analiz sonucu.

(Tablo 4.6.' nın devamı)

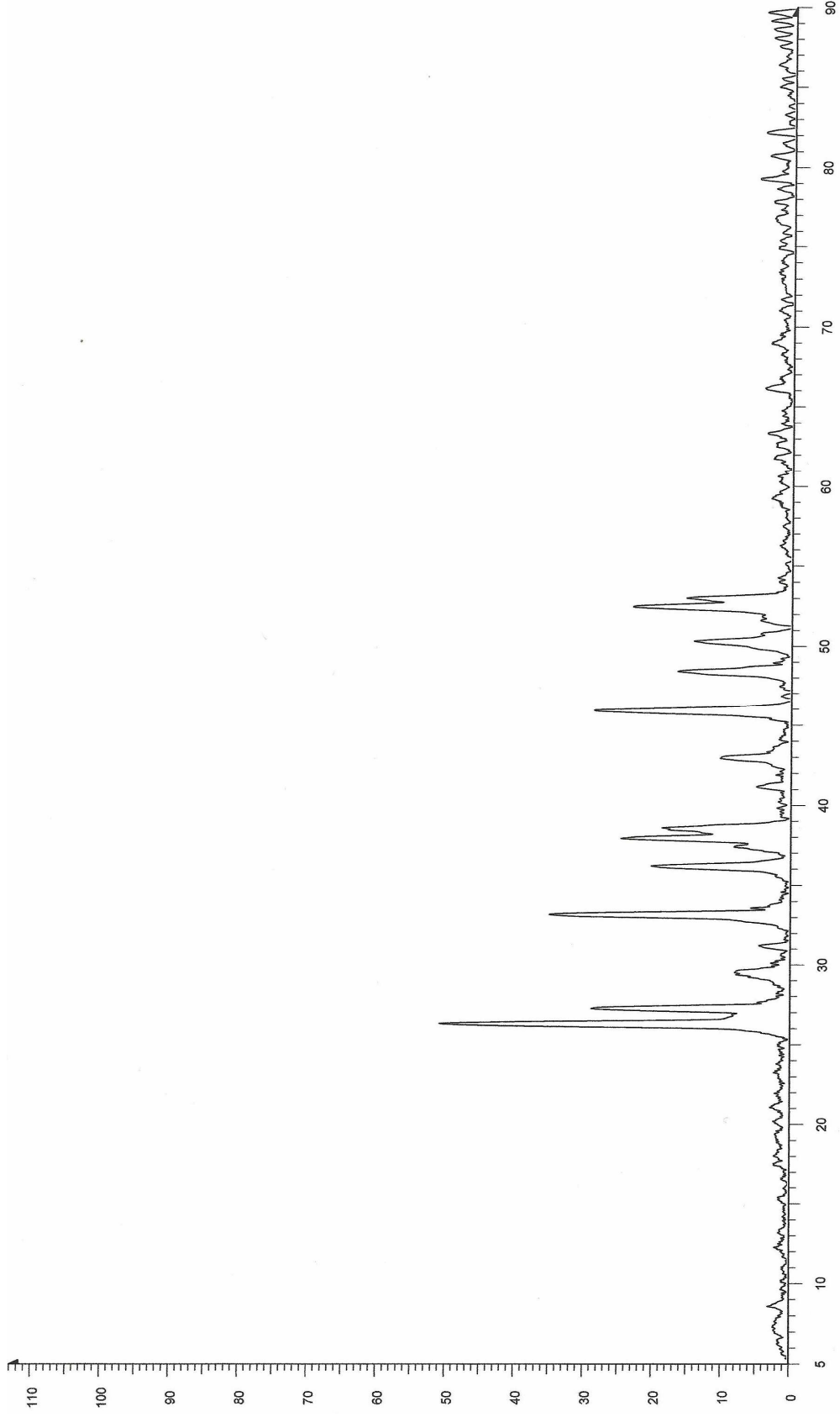
23	32.9097	2.71941	51.7	2.73249	9	2.73614	2		
24	83.2382	1.15978	11.8	1.16001	2				
25	82.1367	1.17252	12.6	1.17095	3				
26	74.0813	1.27876	9.5						
27	75.9403	1.25201	7.9	1.25222	1				
28	75.4583	1.2588	8.3						
29	74.4944	1.27269	9.9						
30	68.4357	1.36981	8.3	1.36697	2				
31	70.7766	1.33013	7.9	1.32901					
32	51.2235	1.78198	11.4			1.78320	1	1.78475	16
33	30.0181	2.97446	9.9			2.97891	1	2.96812	2
34	22.8578	3.88742	7.5	3.98444	1	3.88984	9.3		
35	22.1005	4.01889	7.9			4.08782	3		
36	12.4616	7.09731	7.1					7.08651	36
37	12.9436	6.83411	6.3						
38	10.6716	8.28347	5.9						
39	20.9989	4.22717	11.4	4.21399	3			4.24456	31
40	25.1298	3.54087	7.5			3.54939	2	3.54019	39
41	41.2404	2.18728	12.6	2.19037	12			2.17988	<1
Overlap Katsayısı:				0.984		0.880		0.919	




Şekil 4.19. Gök – 07 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-07			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
Pdf Kütük No				41-1475		70-922	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrazin Hidrojen Sülfid	
Formülü				$CaCO_3$		N_2H_5HS	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik	
Pik No	2θ (°)	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %
1	26.1755	3.40174	100	3.39635	100	3.41618	29
2	27.1631	3.28025	54.8	3.27418	50	3.28732	100
3	31.0783	2.87536	10.9	2.87237	6	2.88248	4
4	33.0864	2.70529	78.9	2.70185	60	2.72522	16
5	36.041	2.49	41.8				
6	37.861	2.37438	48.5	2.37312	45	2.36900	1
7	38.4692	2.33824	38.5	2.34191	25	2.33390	2
8	42.8553	2.10853	26.6	2.10808	20		
9	45.8004	1.97956	68.5	1.97779	55	1.97779	2
10	48.319	1.88209	44.6	1.88235	25	1.87289	1
11	50.1378	1.818	26.3				
12	52.3937	1.74491	52.7	1.74298	25	1.73928	1
13	52.9094	1.72911	31.4	1.72900	12	1.72681	1
14	29.3969	3.03588	20.6			3.03632	74
15	41.1006	2.1944	8.6				
16	37.3141	2.40792	17.9	2.41083	14	2.40094	13
17	33.5276	2.67069	15.9			2.68238	13
18	66.1603	1.41129	10.5	1.41047	4		
19	79.3786	1.20619	12.8	1.20577	4		
20	69.0518	1.35908	9.3	1.35899	5		
21	49.0867	1.85444	9.3			1.85005	3
22	51.8405	1.76222	9.3	1.75945	3	1.76248	3
23	77.4509	1.23132	8.2	1.23634	6		
24	76.7625	1.24064	11.3	1.24046	4		
25	81.3062	1.18239	5.4	1.18656	2		
26	54.732	1.67576	4.7			1.67594	1
27	83.2339	1.15983	6.6	1.16001	2		
Overlap Katsayısı				0.994		0.935	

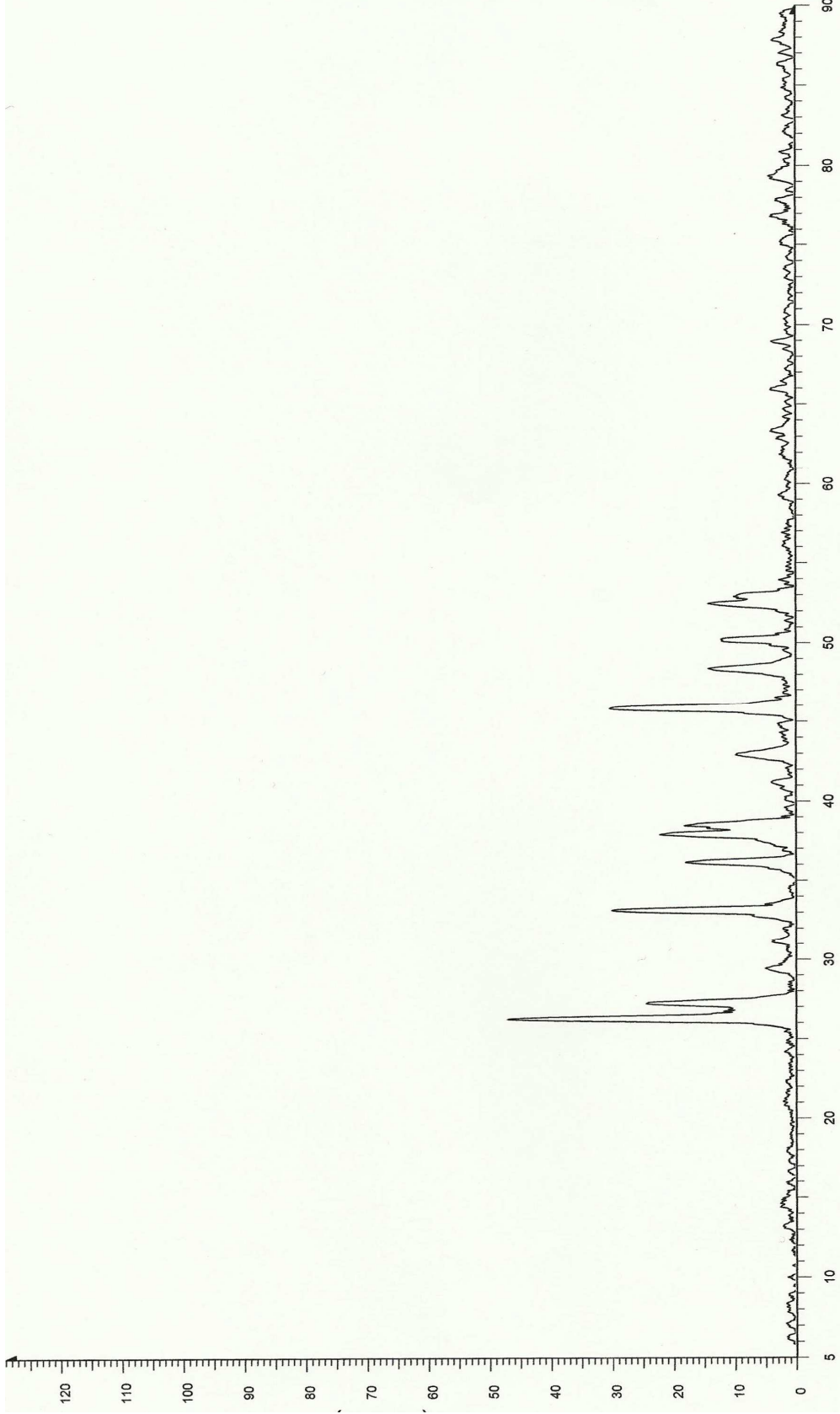
Tablo 4.7 Gök-07 numaralı incinin analiz sonucu.




Şekil 4.20. Gök – 08 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-08					
Numunenin Cinsi				İnci					
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum					
Pdf Kütük Numarası				41-1475		70-922		80-1703	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrazin Hidrojen Sülfid		Magnezyum aqua Rubidyum Klorid	
Formülü				$CaCO_3$		N_2H_5HS		$(Mg(H_2O)_6)RbCl_3$	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik		Triklirik	
Pik No	2 θ (°)	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %	d (Å)	I/I ₀ %
1	5.24401	16.8384	0.3						
2	26.2031	3.39822	100	3.39635	100				
3	27.1791	3.27836	56.5	3.27418	50	3.28732	100		
4	33.096	2.70453	68.6	2.70185	60	2.72522	16	2.69474	13
5	36.1155	2.48504	39.4	2.48092	40	2.49604	5	2.48092	1
6	37.8701	2.37384	48.2	2.37312	45	2.36900	1		
7	38.4935	2.33681	36.5	2.34191	25	2.33390	2	2.34459	33
8	42.9358	2.10476	19.8	2.10808	20	2.10375	6	2.10483	3
9	45.853	1.97741	56	1.97779	55	1.97779	2	1.97018	<1
10	46.814	1.93903	2.5			1.94400	1	1.94492	5
11	48.3704	1.88021	32.2	1.88235	25	1.87289	1	1.88495	1
12	50.2566	1.81398	27.6	1.81480	20	1.81399	1	1.81802	2
13	52.4286	1.74383	45.1	1.74298	25	1.74893	1	1.74893	1
14	52.9798	1.72698	29.8	1.72536	16	1.72681	1	1.72609	<1
15	82.2095	1.17167	7.9	1.17095	3				
16	89.7428	1.09182	7.9	1.09489	1				
17	8.46797	10.4335	6						
18	31.1181	2.87178	8.6	2.87237	6			2.87843	2
19	33.5276	2.67069	11.2			2.68238	13	2.68590	9
20	37.383	2.40364	15.6	2.41083	14	2.40094	13	2.38834	16
21	41.1006	2.1944	9.6						
22	39.7926	2.26347	3.6			2.63408	6	2.25179	4
23	79.3097	1.20706	9.9	1.20577	4				
24	80.8243	1.18822	7.3	1.18897	3				
25	83.3028	1.15905	3	1.16001	2				
26	71.7368	1.31467	4						
Overlap Katsayısı				0.999		0.983		0.993	

Tablo 4.8 Gök-08 numaralı incinin analiz sonucu.



Şekil 4.21. Gök – 09 numaralı incinin toz kırınım deseni.

Numunenin Numarası				Gok-09			
Numunenin Cinsi				İnci			
Numunenin Alındığı Yer				Erdoğan Kuyumculuk, Çorum			
PDF Kütük No				41-1475		70-922	
Tespit Edilen Madde				Aragonit/Kalsiyum Karbonat		Hidrazin Hidrojen Sülfid	
Formülü				$CaCO_3$		N_2H_5HS	
Numune Toz Kırınım Desen Verileri				Ortorombik		Monoklinik	
Pik No	2 θ (°)	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀	d(Å)	I/I ₀
1	26.2128	3.39698	100.0	3.39635	100	3.41618	29
2	27.1863	3.27752	51.7	3.27418	50	3.28732	100
3	33.1058	2.70375	63.6	2.70185	60	2.72522	16
4	36.1009	2.48601	38.0	2.48092	40	2.49604	5
5	37.8872	2.3728	46.8				
6	38.4666	2.33839	38.3	2.34191	25	2.33390	2
7	42.9098	2.10597	20.4	2.10808	20	2.10375	6
8	45.8335	1.97821	64.2	1.97779	55	1.97779	2
9	48.3399	1.88133	29.9	1.88235	25	1.87289	1
10	50.1997	1.8159	25.3				
11	52.4592	1.74288	29.9	1.74298	25	1.73928	1
12	89.5398	1.09377	4.6	1.09489	1		
13	29.3969	3.03588	10.6			3.03632	74
14	31.1869	2.8656	8.6				
15	79.4474	1.20531	9.0	1.20577	4		
16	68.9829	1.36027	7.7	1.36397	2		
17	87.8465	1.11043	8.6	1.10883	2		
18	87.0893	1.11813	5.7	1.12558	2		
19	53.9058	1.69947	5.7	1.69818	2	1.69396	<1
20	52.942	1.72812	20.8	1.72900	12	1.72681	1
21	46.5394	1.94983	6.5	1.94955	1	1.94677	2
22	63.3376	1.46721	9.0	1.46705	4		
Overlap Katsayısı				0.997		0.821	

Tablo 4.9. Gök-09 numaralı incinin analiz sonucu.

İnciler	Tespit edilen madde	PDF No	Kristal Sistemi	Formülü	Örtüşme Katsayısı
Gök-01	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.989
	Sezyum Zink Fosfat	45-277	Monoklinik	$CsZnPO_4$	0.892
Gök-02	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.989
	Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	Monoklinik	N_2H_5HS	0.900
Gök-03	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.996
	Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	Monoklinik	N_2H_5HS	0.857
Gök-04	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.942
	Hidrojensemikarbazid Klorid	73-1381	Ortorombik	$CO(NH_2)$ $NHNH_3Cl$	0.855
Gök-05	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	75-2230	Ortorombik	$Ca(CO_3)$	0.990
	Nitrojen Klorid	70-1610	Ortorombik	NCl_3	0.929
	Sodyum Hidrojen Fosfat	77-96	Triklinik	$Na_5H_2(PO_4)_3$ (P_2O_7)	0.905
Gök-06	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.984
	Fumarik Asit	39-1838	Monoklinik	$C_4H_4O_4$	0.880
	Kalsiyum Fosfat	73-440	Monoklinik	$Ca_2P_2O_7$	0.919
Gök-07	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.994
	Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	Monoklinik	N_2H_5HS	0.935
Gök-08	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.999
	Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	Monoklinik	N_2H_5HS	0.983
	Magnezyum Aqua Rubidyum Klorid	80-1703	Triklinik	$(Mg(H_2O))$ $RbCl_3$	0.993
Gök-09	Aragonit/Kalsiyum Karbonat	41-1475	Ortorombik	$CaCO_3$	0.997
	Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	Monoklinik	N_2H_5HS	0.821

Tablo 4.10. İncilerin analizinin toplu sonuçları.

Yaptığımız çalışmada Aragonit/Kalsiyum Karbonat ve Hidrazin Hidrojen Sülfid ağırlıklı maddeler elde edilmiştir. Bunlardan Aragonit/Kalsiyum Karbonat literatürde beklenenle uyuşum içerisindeyken, Hidrazin Hidrojen Sülfid ile bir uyuşma bulunmamaktadır. Bunun sebebi, daha önceden ayrıntılı olarak incinin yapısının araştırılmaması olabilir. İncilerden bazılarında ise Sezyum Zink Fosfat, Hidrojensemikarbazid Klorid, Nitrojen Klorid, Sodyum Hidrojen Fosfat gibi incide bulunma olasılığı çok düşük olan maddeler tespit edilmiştir. Bu maddeler incinin yetiştirildiği ortamla alakalı ve çok düşük ihtimalle de araştırılırken bulaşan kirliliklerden meydana gelmiş olabilir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında her birinin renkleri, boyutları ve şekilleri birbirinden farklı dokuz incinin X-ışınları toz kırınım yöntemi ile nitel analizi yapıldı. Dokuz farklı madde tespit edildi. Tespit edilen maddeler Tablo 5.1' de görülmektedir. İnciler incelendiğinde hepsinde kalsiyum karbonat maddesi tespit edilmiştir.

İncelediğimiz inci numunelerinin beş tanesi beyaz, bir tanesi krem, bir tanesi pembe ve iki tanesi siyah renktedir.

Tespit edilen maddelerin %52.38' i ortorombik kristal sisteme sahipken, %38.09' u monoklinik ve %9.52' si triklinik kristal sisteme sahiptir.

İncelediğimiz incilerin bulduğumuz maddelerle örtüşme katsayıları 0.821 ile 0.999 arasında değerler almakta ve ortalama örtüşme katsayısı 0.941 olduğu tespit edilmiştir.

Bazı pikler tercihli yönelmeden dolayı PDF kütüğündeki değerlerden farklı şekilde gözlenmiş olabilir. Yine aynı etki sebebiyle pikler background içinde kaybolmuş ve bu sebeple gözlenmemiş olabilir.

Saptanan maddeler içinde incide rastlanması mümkün olmayan bazı bileşenler titiz davranılmakla beraber inciyi öğütüp toz haline getirdiğimiz öğütücüden gelen kirlilikler, numune kabındaki kirlilikler, numunenin hava ile teması ve gemiler veya denizlerdeki kirlilikler istenmeyen fazların ortaya çıkmasına neden olabilir.

Tablo 5.1. İncilerde tespit ettiğimiz maddeler ve rastlanma sıklığı.

Tespit Edilen Madde	PDF No	Formülü	Frekans %
Aragonit/ Kalsiyum Karbonat	41-1475	$CaCO_3$	88.89
Aragonit/ Kalsiyum Karbonat	75-2230	$Ca(CO_3)$	11.11
Sezyum Zink Fosfat	45-277	$CsZnPO_4$	11.11
Hidrazin Hidrojen Sülfid	70-922	N_2H_5HS	55.55
Hidrojen Semikarbazid Klorid	73-1381	$CO(NH_2)NHNH_3Cl$	11.11
Nitrojen Klorid	70-1610	NCl_3	11.11
Sodyum Hidrojen Fosfat	77-96	$Na_5H_2(PO_4)(P_2O_7)$	11.11
Fumarik Asit	39-1838	$C_4H_4O_4$	11.11
Kalsiyum Fosfat	73-440	$Ca_2P_2O_7$	11.11
Magnezyum Aqua Rubidyum Klorid	80-1703	$(Mg(H_2O)_6)RbCl_3$	11.11

EDX yöntemi kullanılarak eser miktar inci içerisinde bulunan metal içerikli maddelerin bulunması ve X-ışınları toz kırınım yöntemiyle nicel analizinin yapılması bir ileri yöntem olarak inci numunelerinin incelemesi yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Beiser, A., Modern Fiziğin Kavramları, pp-65, Çev. G. Önengüt, Ankara, 1997
2. Thibaud, J., X-ışınları, pp.9, Çev. B. Tanyel, İstanbul, 1946
3. Karakale, R., Atomun Peşinde A-Tomas ' tan Kuantum ' a, Popüler Bilim, İstanbul, 2005
4. Whiston, C., Prichard, F.E., X-Rays Methods, Wiley, 1987
5. Taylor, J.R., Zaferitos, C.D., Fizik ve Mühendislikte Modern Fizik, Colarado University, 1991
6. Delaney, C.F.G., Finch, E.C., Radiation Detectors, University of Dublin, Oxford, 1992
7. Zeren, A., Atom ve Moleküller, İstanbul, 2008
8. Aygün, E., Zengin, M., Atom ve Molekül Fiziği, Ankara Üniversitesi, Ankara, 1992
9. Pillai, S.O., Modern Physics and Solid State Physics (Problem and Solutions), Anna University, Chennai, 2008
10. <http://web.edu.tr/fmd/s11/11-11.pdf>
11. <http://www.nukleer.web.tr/uaea/pia75/bolum08.htm>
12. http://www.nuveforum.net/1754_genel_kultur_x/72416_x_isinlarinin_sanayide_kull_anilmasi/
13. http://www.msxlabs.org/forum/fizik/167660_x_isinlari_rontgen_isinlari.html
14. http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/x_ray.htm
15. Serway, A.R., Beichner, J.R., Jevett, W.J., Fizik 3 (Modern Fizik), Ankara, 2005
16. Şahin, Y., Kurucu, Y., Atom Fiziği, Erzurum, 2005
17. Cullity, B.D., X-ışını Difraksiyonu, Çev. A. Sümer, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1996
18. Bertin, E., Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, NewYork, 1979
19. Join, M., Competition Science Vision, Volume 35, New Delhi, 2002
20. Aslanov, L.A., Fetisov, G.V., Khoware, J.A., Crystallographic Instrumentation, Oxford Science Publications, 1998
21. <http://sbeckman.net/~scott/projects/mse204/midterm1/node9.html>
22. http://www4.nau.edu/microanalysis/microprobe/Xray_MoseleysLaw.html
23. Petrucci, R.A., Harwood, W.S., Genel Kimya Prensipler ve Uygulamalar, Ankara, 1994

24. Kızılaylı, M., Atomik Spektroskopi, ODTU, Ankara, 1988
25. Wait, E., Phil, D., X-Ray Powder Photography in Inorganic Chemistry, pp.632, London, 1960
26. Durlu, T.N., Katıhal Fiziğine Giriş, pp.4-5, Ankara Üniversitesi Yayını, Ankara, 1992
27. Gezici, S., Katıhal Fiziği, pp.4-10, İTÜ, İstanbul, 1992
28. <http://www3.gazi.edu.tr/web/nkaracan/inorganik/kristaller/584,3.slayt3>
29. Burns, G., Solid State Physics, Cilt 42, Michigan University, 1985
30. Kittel, C., Katıhal Fiziğine Giriş, pp.2, Çev.B. Karaoğlu, İstanbul, 1996
31. Pepinsky, R., Vand, V., Hand Book of Physics, Pennsylvania State University, Florida, 1958
32. Hammond, C., The Basic of Crystallography and Diffraction, Oxford Science Publication, NewYork, 1998
33. Anderson, E.E., Katıhal Fiziğine Giriş, Çev. S. Karaali, Ege Üniversitesi, 1981
34. Dikici, M., Katıhal Fiziğine Giriş, OMÜ Yayınları, Samsun, 1993
35. Wahato, M.A., Solid State Physics Structure and Properties of Materials, New Delhi, 1999
36. http://mf.dpu.edu.tr/~ural/dersler/malzeme/mb_03_kristalyapi.pdf
37. Buerper, M.J., X-Ray Crystallography, NewYork, 1980
38. Cullity, B.D., Elements of X-Ray Diffraction, pp.111-114, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company, 1978
39. Suryanarayana, C., Norton, M.C., X-Ray Diffraction A Practical Approach, Plenum Pres, NewYork and London, 1998
40. Cullity, B.D., Elements of X-Ray Diffraction, pp.107-110, Second Edition, Addison Wesley Publishing Company, 1978
41. Budak, G., Karabulut, A., Kuantum Fiziği-I, pp.28, Ankara,2007
42. Cullity, B.D., X-Işınları Difraksiyonu, Çev. A. Sümer, pp.115-120, İstanbul, 1996
43. Turton, R., Katıların Fiziği, Çev. Y.K. Yoğurtçu, pp. 54-55, Erzurum, 2007
44. McKelvey, J.P., Solid State Physics, Krieger Publishing Company, Florida, 1993
45. Hook, J.R., Hall, H.E., Solid State Physics, pp.19-20, Second Edition, University of Manchester, 1987
46. Kürkcüoğlu, N., Fizik Hulasası, pp.361, İstanbul, 1943
47. Dikici, M., Katıhal Fiziğine Giriş, pp.45-46, OMÜ Yayınları, Samsun, 1993

48. <http://www.mta.gov.tr/matlab/mat.htm>, 05.07.2004
49. <http://www2.aku.edu.tr/~hitit/DERSLER/GUZ/X-ISINLARI/312,5XRDILEANALIZ>
50. Skoog, D.A., West, D.N., Principle of Instrumental Analysis, Sounders Golden Sonburst Series,1980
51. Cullity, B.D., X-Işınlarının Difraksiyonu, Çev. A. Sümer, pp.401-405, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1966
52. <http://www.costellos.com.au/pearls/history.html>
53. <http://www.incikupe.com/makaleler.asp?contentID=2>,2009
54. <http://www.altiusdirectory.com/Shopping/pearl-history.html>, 2006-2010
55. <http://www.incikupe.com/haberler.asp?ContentID=3>, 2009
56. http://www.orientalpearls.net/formation_of_a_pearl.php, USA,2002-2010
57. <http://www.sochic.com.tr>, 2010
58. <http://www.jjkent.com/articles/physical-properties-care-pearls.html>, 2008
59. <http://www.jjkent.com/articles/history-properties-pearls.htm>, 2008
60. <http://www.costellos.com.au/pearls/types.html>, Australia, 1994
61. <http://www.orientalpearls.net/pearls-real.php>, USA, 2002-2010
62. <http://www.costellos.com.au/pearls/caring.html>, Australia, 1994
63. <http://factoidz.com/pearls-history-uses-metaphysical-properties>, 2008-2010
64. <http://semiprecious.com/pearl.htm>
65. <http://www.orientalpearls.net/pearls-medicine.php>, USA,2002-2010

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Gökçen Satılmışoğlu

Baba Adı: Mecit

Ana Adı: Fatma Nuran

Doğum Yeri: Amasya

Doğum Tarihi: 1985

İlköğrenimine Amasya Zübeyde Hanım Üçler İlköğretim Okulu' nda başlayıp Samsun 23 Nisan İlköğretim Okulu' nda, orta öğrenimini Amasya Zübeyde Hanım Üçler İlköğretim Okulu' nda ve lise öğrenimini Ankara Çankaya Seyranbağları Lisesi' nde tamamladı. Yüksek öğrenimine 2003 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü' nden 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında Erciyes Üniversitesi' nde Katıhal Fiziği alanında yüksek lisansa başladı.

Adres: Nene Hatun Cad. 46/2 GOP/ ANKARA

Telefon:0543 359 50 43

Email: gsatilmisoglu@gmail.com