

**T.C.**  
**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE HİDROTERMAL  
METOTLA ÜRETİLEN BARYUM TİTANATIN X-IŞINLARI  
SOĞURMA KATSAYILARININ HESAPLANMASI**

**SAYNUR KURTULUŞ**

**TEZ DANIŞMANI**  
**DOÇ. DR. SONGÜL AKBULUT**

**TEZ JURİLERİ**  
**PROF. DR. MEHMET ŞAHİN**  
**DOÇ.DR. NECATİ ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**FİZİK ANABİLİM DALI**

**RİZE-2016**

**Her Hakkı Saklıdır**

T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE HİDROTERMAL METOTLA ÜRETİLEN  
BARYUM TİTANATIN X-IŞINLARI SOĞURMA KATSAYILARININ  
HESAPLANMASI

Doç. Dr. Songül AKBULUT danışmanlığında, Saynur KURTULUŞ tarafından hazırlanan bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/09/2016 tarihinde Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

| Jüri Üyeleri | Unvanı Adı Soyadı       |
|--------------|-------------------------|
| Başkan :     | Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN  |
| Üye :        | Doç. Dr. Necati ÇELİK   |
| Üye :        | Doç. Dr. Songül AKBULUT |

İmzası

*Mehmet Şahin*  
*Necati Çelik*  
*Songül Akbulut*

*R. Kalaycı*  
Doç. Dr. Ferhat KALAYCI  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada farklı sıcaklık ve süreçlerde elde edilen Baryum Titanat ( $BaTiO_3$ ) numunelerinin X-ışını soğurma katsayısı hesaplanmıştır. Kütle soğurma katsayılarının ölçümleri, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik Araştırma laboratuvarında gerçekleştirildi.

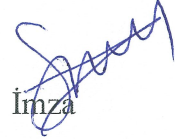
Sadece tez aşamamda değil yüksek lisansa başladığım günden beri her konuda maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve bu tezin hazırlanmasıyla yakından ilgilenen değerli danışman hocam Doç. Dr. Songül AKBULUT a en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fizik Bölümü Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN hocama her türlü desteği için teşekkürü bir borç bilirim.  $BaTiO_3$  numunelerini üreterek ve XRD/FT-Raman analizlerini yaparak tez çalışması konusunun belirlenmesine ve araştırma sonuçlarının doğrulanmasına büyük destek veren Dr. Murat ÖZEN hocama teşekkürlerimi borç bilirim. Numunelerimin ölçüme hazırlanması aşamasında destek olan Dr. Fatih YILMAZ' a teşekkür ederim.

Doğduğum günden beri yanımda olan, bulunduğum yeri onlara borçlu olduğum canım ANNEM, BABAMA ve desteğini hep yanımda hissettiğim kardeşlerime sonsuz şükranlarımı sunarım.

Saynur KURTULUŞ

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Tarafımdan hazırlanan farklı sıcaklık ve sürelerde hidrotermal metotla üretilen baryum titanatın X-ışınları soğurma katsayılarının hesaplanması başlıklı bu tezin, Yükseköğretim Kurulu Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesindeki hususlara uygun olarak hazırladığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal işlemi kabul ettiğimi beyan ederim. 20/10/2016



İmza

Saynur KURTULUŞ

*Uyarı: Bu tezde kullanılan özgün ve/veya başka kaynaklardan sunulan içeriğin kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.*

## ÖZET

### FARKLI SICAKLIK VE SÜRELERDE HİDROTERMAL METODLA ÜRETİLEN BARYUM TİTANATIN X-IŞINLARI SOĞURMA KATSAYILARININ HESAPLANMASI

Saynur KURTULUŞ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Danışmanı: Doç. Dr. Songül AKBULUT

Çalışma kapsamında, peroxo-hydroxide ve hidrotermal metoduyla 80, 100, 150 ve 200°C'de 15 dakika ile 120 saat arasında değişen sürelerde üretilen BaTiO<sub>3</sub> (baryum titanat) örneklerinin soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Ölçümler gama dedektörünün X-ışınları enerjisi aralığında bir coaxial HPGe dedektörü (Ortec, GEM55P4-95 model) yardımıyla yapılmıştır. 1,3 cm çaplı pelletler haline getirilen örnekler 59,54 keV enerjide <sup>241</sup>Am radyoizotop kaynağı kullanılarak uyarılmış ve 300 sn boyunca sayılmıştır. Yapılan FT-Raman ve XRD analizleri göstermiştir ki, sıcaklık ve süre arttıkça tetragonal BaTiO<sub>3</sub> yapısı daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Süre ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak reaksiyondaki kinetik değişimler sonucu baryum titanat yapısının türevleri (BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>) de gözlemlenmiştir. XRD ve FT-Raman teknikleri ile gözlemlenen baryum titanat türevleri ile hesaplanan soğurma katsayılarındaki farklılıkların birbirini desteklediği gözlemlenmiştir.

2016, 42 sayfa

**Anahtar Kelimeler;** BaTiO<sub>3</sub>, Hidrotermal metot, Soğurma Katsayıları, XRD, FT-Raman

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF X-RAY ABSORPTION COEFFICIENT COEFFICIENT OF HYDROTHERMALLY SYNTHESIZED BARIUM TITANATE AT DIFFERENT TEMPERATURES AND VARYING REACTION TIMES

Saynur KURTULUŞ

Recep Tayyip Erdoğan University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics  
Master Thesis  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Songül AKBULUT

In this work, the absorption coefficient of hydrothermally synthesized BaTiO<sub>3</sub> (barium titanate) was calculated. BaTiO<sub>3</sub> was prepared via the peroxy-hydroxide method and hydrothermally synthesized at 80, 100, 150, and 200°C and reacted for varying reaction times between 150 min up to 120 h. Absorption coefficient measurements were done with a coaxial HPGe gama detector (Ortec, GEM55P4-95) with a working range in the X-ray energy region. The samples were made into pellets of 10 mm and were exposed to <sup>241</sup>Am radioisotopes at energy of 59.54 keV for 300 second. FT-Raman and XRD revealed that increasing the hydrothermal temperature and the reaction time promoted the formation of phase pure BaTiO<sub>3</sub> with a mainly tetragonal crystal structure. At the early stages of the hydrothermal reaction secondary barium titanate phases (BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>) were also observed which affected the absorption coefficient values. It was observed that the formation of these secondary barium titanate phases was in conjunction with the calculated attenuation coefficient values.

2016, 42 pages

**Key Words;** BaTiO<sub>3</sub>, hydrothermal method, Attenuation Coefficient, XRD, FT-Raman

## İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| ÖNSÖZ .....  | I    |
| TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....   | II   |
| ÖZET .....   | III  |
| ABSTRACT.....  | IV   |
| İÇİNDEKİLER .....  | V    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....  | VII  |
| TABLolar DİZİNİ .....  | VIII |
| SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....   | IX   |
| 1. GENEL BİLGİLER.....   | 1    |
| 1.1. Giriş .....   | 1    |
| 1.2. Elektromanyetik Radyasyonun Madde İle Etkileşmesi .....                     | 6    |
| 1.3. Elektromanyetik Radyasyonun Soğurulması .....                               | 7    |
| 1.3.1. Fotoelektrik Olay .....   | 8    |
| 1.3.2. Çift Oluşumu.....   | 9    |
| 1.3.3. Compton Saçılması .....   | 10   |
| 1.4. Soğurma Katsayıları .....   | 11   |
| 1.4.1. Lineer Soğurma Katsayısı.....   | 11   |
| 1.4.2. Kütle Soğurma Katsayısı .....   | 12   |
| 1.4.3. Soğurma Kıyıları.....   | 13   |
| 1.5. Seramik Malzemeler .....  | 16   |
| 1.5.1. ABX <sub>3</sub> Perovskite Seramikler .....                              | 17   |
| 1.5.2. Titanat Yapılar .....   | 19   |
| 1.5.3. Baryum Titanat ve Özellikleri .....                                       | 19   |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....  | 21   |
| 2.1. Örneklerin Üretilmesi .....   | 21   |
| 2.1.1. Prexo-Hydroxide Ön Çözeltilisinin (Precuresor) Hazırlanması .....         | 21   |
| 2.1.2. Ön Çözeltilisinin(Precuresorlerin) Hidrotermal Süreçten Geçirilmesi ..... | 21   |
| 2.2. Kütle Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi .....                             | 22   |
| 2.2.1. Numunelerin Analize Hazırlanması.....                                     | 22   |
| 2.2.2. Ölçüm Sistemi ve Örneklerin Analizi.....                                  | 24   |
| 2.2.3. Kütle Soğurma Katsayılarının Hesaplanması .....                           | 26   |

|  |    |
|--|----|
| 2.3. Örneklerin Yapısal Analizleri ..... | 28 |
| 2.3.1. XRD Analizleri .....              | 28 |
| 2.3.2. FT-Raman Analizleri .....         | 28 |
| 3. BULGULAR .....                        | 29 |
| 4. SONUÇLAR .....                        | 35 |
| 5. ÖNERİLER .....                        | 36 |
| KAYNAKLAR .....                          | 37 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                           | 42 |





## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Şekil 1.</b>  | Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşmesi .....  | 7  |
| <b>Şekil 2.</b>  | Elektromanyetik radyasyon etkileşmelerinin soğurucunun atom numarasına ve radyasyonun enerjisine göre değişimi .....                       | 8  |
| <b>Şekil 3.</b>  | Fotoelektrik olay.....   | 8  |
| <b>Şekil 4.</b>  | Çift Oluşumu .....   | 9  |
| <b>Şekil 5.</b>  | Compton Saçılması.....   | 10 |
| <b>Şekil 6.</b>  | Kalınlığı $dt$ olan bir maddede X-ışını soğurulması .....  | 11 |
| <b>Şekil 7.</b>  | Kütle soğurma katsayısının dalga boyuna göre değişimi .....  | 14 |
| <b>Şekil 8.</b>  | Herhangi bir dalga boyu için kütle soğurma katsayıları ,daha uzun dalga boylarının tüm soğurma kıyılarındaki fotoelektrik işlemlerin ..... | 16 |
| <b>Şekil 9.</b>  | Perovskite Yapısı.....   | 19 |
| <b>Şekil 10.</b> | BaTiO <sub>3</sub> Yapısının gösterimi .....   | 20 |
| <b>Şekil 11.</b> | BaTiO <sub>3</sub> 'ın histerisiz eğrisinin farklı sıcaklıklardaki durumu .....  | 20 |
| <b>Şekil 12.</b> | (a) 1.3 cm çapında pelletler (b) Hidrolik pres aleti .....   | 22 |
| <b>Şekil 13.</b> | X - ışınları soğurma ölçümleri için kullanılan deney geometrisi .....  | 24 |
| <b>Şekil 14.</b> | 1,5saat, 200°C, 0.05M özelliklerde hazırlanan 75 nolu numuneye ait spektrum .....  | 26 |
| <b>Şekil 15.</b> | 24 saat, 150°C, 0.2M özelliklerde hazırlanan 97 nolu numuneye ait spektrum .....   | 26 |
| <b>Şekil 16.</b> | BaTiO <sub>3</sub> kristal yapısının oluşumu .....   | 29 |
| <b>Şekil 17.</b> | 80°C (120sa) ve 100°C (24sa) üretilen örneklerin XRD diyagramları .....  | 30 |
| <b>Şekil 18.</b> | 24 saatte farklı sıcaklıklar (150°C ve 200°C ) ve molaritelerde (005M, 01M ve 02M ) üretilen örneklerin XRD diyagramları .....             | 30 |
| <b>Şekil 19.</b> | 24 saatte farklı sıcaklıklarda (100°C, 150°C ve 200°C) üretilen örneklerin XRD diyagramları .....  | 31 |
| <b>Şekil 20.</b> | 80°C (120) ve 100°C (15dk-120sa) üretilen örneklerin FT-Raman spektrumları.....  | 31 |
| <b>Şekil 21.</b> | 24 saatte farklı sıcaklıklarda (100°C, 150°C ve 200°C) üretilen örneklerin FR-Raman spektrumları .....                                     | 32 |
| <b>Şekil 22.</b> | 120 saatte 80°C ve 100°C'de üretilen örneklerin FR-Raman spektrumları ..   | 32 |
| <b>Şekil 23.</b> | 200°C'de 15dk -120 saatde üretilen örneklerin FT-Raman spektrumları .....  | 32 |
| <b>Şekil 24.</b> | 150°C'de ve 24 saat boyunca farklı molaritelerde (005M, 01M ve 02M) üretilen örneklerin FT-Raman spektrumları .....                        | 32 |

## TABLÖLAR DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 1.</b> Önemli üçlü yapılara ait örnekler (Özkan,1990) .....                    | 17 |
| <b>Tablo 2.</b> Çalışmada kullanılan numuneler ve numunelerin özellikleri .....         | 23 |
| <b>Tablo 3.</b> Oluşan kristal yapılar için WinXCOM programından alınan teorik değerler | 27 |
| <b>Tablo 4.</b> Çalışmada kullanılan numuneler ve numunelerin analiz sonuçları .....    | 33 |



## SEMBOLLER DİZİNİ

|               |   |
|---------------|---|
| $c$           | Işık hızı                                 |
| $e$           | Elektronun yükü                           |
| FWHM          | Bir pikin yarı maksimumdaki tam genişliği |
| FCC           | Yüzey merkezli kübik yapı                 |
| $\hbar$       | Plank sabiti                              |
| $I$           | Radyasyon şiddeti                         |
| $I_0$         | Gelen fotonun şiddeti                     |
| $m$           | Kütle                                     |
| $m_0$         | Elektronun durgun kütlesi                 |
| $M$           | Atomik Kütle                              |
| $N$           | Avagadro sayısı                           |
| $t$           | Birim yüzeydeki numune kalınlığı          |
| $Z$           | Atom numarası                             |
| $\Phi$        | Bağlanma enerjisi                         |
| $\Phi_K$      | K tabakası bağlanma enerjisi              |
| $\lambda$     | Dalga boyu                                |
| $\gamma$      | Gama fotonu                               |
| $\mu$         | Lineer soğurma katsayısı                  |
| $\mu_m$       | Birim kütle başına birim alandaki soğurma |
| $\mu/\rho$    | Kütle soğurma katsayısı                   |
| $\rho$        | Yoğunluk                                  |
| $\varepsilon$ | X-ışınları enerjisindeki detektör verimi  |
| $\nu$         | Frekans                                   |
| $\kappa$      | Sabit                                     |
| $\phi$        | Fotonun saçılma açısı                     |
| $r_K$         | Soğurma sıçrama oranı                     |

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

İnsanlığın varoluşundan beri seramikler hayatımızın bir parçası olmuştur. Yaşadığımız teknolojik çağda, araba parçaları, çakmaklar, hoparlörler gibi günlük hayatımızda kullandığımız çeşitli eşyalarda yer alan seramikleri göz ardı etmemiz mümkün değildir. Seramiklerin kullanım alanları çok kapsamlı olsa da, en ilgi çekici sınıf elektronik seramiklerdir. Bu seramikler özel kompozisyonlardan hazırlanır ve kontrollü bir işleme tabi tutulurlar. Piezoelektrik seramiklerde değişik alanlarda sıkça tercih edilen elektronik seramikler içerisinde yer almaktadır.

1920 de Valasek tarafından keşfedilen ferroelektrikler suda çözülebilir ve kırılgen yapılaraya sahip olduklarından, 1943 yılına kadar teorik bir ilgi olarak kalmıştır. 1945 yılında perovskite yapılı  $BaTiO_3$ 'ın keşfinden sonra bu durum değişmeye başlamıştır. Bu keşfin ardından, 1947 yılında Roberts tarafından  $BaTiO_3$ 'ta piezoelektrik olay ABD'de saptanmıştır. Yapılan bu önemli keşiflerden sonra dünyada baryum titanat üzerine araştırmalar yoğunlaşmış ve  $BaTiO_3$  elektronik sanayinde kapsamlı bir kullanım alanı bulmuştur. Yapısındaki basitlik teorik çalışmaları arttırmış ve fiziksel özellikleri elektronik cihaz üretimi için büyük teşvik oluşturmuştur. Böylece ferroelektrik oksitler “elektronik seramik” endüstrisi haline gelmiştir. Günümüzde her yıl milyarlarca  $BaTiO_3$  kondansatör, altın ve gümüş gibi pahalı elektrotlar içermesine rağmen kondansatör başına bir cent ten daha düşük bir maliyetle üretilmekte ve günümüz elektroniğinde başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar.

Cihaz boyutlarının küçülmesi yönündeki eğilim, tek bir cihaz bileşeninin birden fazla özellik sergileyebildiği çok fonksiyonlu malzemelerde elektronik ve manyetik özelliklerin birleştirilmesi üzerindeki ilgiyi artırmıştır. 1951 yılında, Japonya'da Murata Manufacturing ve Kyoto Üniversitesi iş birliği ile ferrit bellek çekirdekleri üzerine araştırmalar yapılmış ve Langevin piezoelektrik element,  $BaTiO_3$  seramiğinde geliştirilip balık dedektörü olarak uygulanmıştır. Bu esnada Rion Co, baryum titanat seramik pickup'ların ticari üretimine başlamıştır.

Baryum titanat yarı-iletkeni ile 1954 yıllarında Haayman tarafından PTC (pozitif ısı katsayısı) rezistörü keşfetmiştir. Bunu takiben 1959 yılında, baryum titanat yarı-iletkenin PTC karakteristiği üzerine temel araştırmalar başlamıştır. Bu araştırmalar sonucunda 1961 yılında, BaTiO<sub>3</sub> yarı-iletkeninde PTC olayı teorik olarak açıklanmış ve 1963 yılında, Japonya'da Murata Manufacturing BaTiO<sub>3</sub> yarı iletken PTC termistörün üretimine başlamıştır. 1964 yılında, 50 nm veya daha altında baryum titanat mikrokristalleri, camın kristalizasyonu ile elde edilmiştir.

1966 yılında, Japonya'da NTT Telecommunication laboratuvarında yapılan araştırmalarda Bariyer-katmanlı-tip baryum titanat kapasitörler geliştirilmiş ve devam eden araştırmalar sonucunda 1971 yılında yine Japonya'da NTT Musashino ve Ibaraki Telecommunications laboratuvarı iş birliği ile Bariyer-katman-tipi baryum titanat lineer olmayan kapasitörler geliştirilmiştir.

1972 yılında, BaTiO<sub>3</sub> yarı-iletken PTC termistörlerin Japon firmaları tarafından üretilmesi yaygınlaşmıştır. Ev aletlerindeki sıcaklık kontrolünde ve renkli televizyonlardaki demanyetize akım kontrolü olarak kullanılmıştır. Özellikle Japonya, bu önemli gelişmelerin ardında bu konudaki çalışmalarına büyük bir hızla devam etmiş ve 1974 yılında, NTT Ibaraki Telecommunications laboratuvarında, yüksek frekans bölgesinde, yüksek voltaja dayanıklı, permitivitesi yüksek baryum titanat seramik kapasitör geliştirmiştir.

BaTiO<sub>3</sub>/Polyimide nanokompozit filimler üzerinde yaptığı çalışmalarda polimerizasyon yöntemi kullanmışlar yüksek termal kararlılık ve dielektrik permitivite gözlemlemişlerdir. Aynı zamanda BaTiO<sub>3</sub> polimer matrisinde homojen dağılımı ve poly (amic asid) (PAA) başlangıç maddeleri arasında elektrostatik çekim olduğunu BaTiO<sub>3</sub>/Polymide arasında ise hidrojen bağ etkileşmesinin gerçekleştiğini ileri sürmektedirler ( Zhi-Min Dang vd., 2008 ).

Philseok Kim ve arkadaşları, BaTiO<sub>3</sub>/Phosphonic acid polimer nanokompozitler üzerinde yaptığı çalışmalarda Al elektrotlar arasında dielektrik nanokompozit film oluşturmuşlar, frekansa bağlı kapasitans ve kayıp faktörü ölçümlerinde yüksek

dielektrik sabiti hesaplamışlar aynı zamanda bu tür yapıların kapasitör olarak da kullanılabilceğini öne sürmüşlerdir (Kim vd., 2010).

Kensaku Sonoda ve arkadaşları, baryum stronium titanat/Polimer kompozitlerin dielektrik özellikleri üzerinde yaptıkları çalışmada carbonylic asidin karbon zincirlerinin uzunluğuna göre görece permivitenin ve yüzey modifikasyonlarının parçacık dağılımına göre değiştiğini gözlemişler. Ayrıca kompozitin termal ve mekanik analizlerinde kompozitlerin mekanik özelliklerinin bu duruma bağlı daha çok etkilendiğini iddia etmişlerdir (Sonoda vd., 2010).

C.C.Yang ve arkadaşları, emisyon polimerizasyon yöntemi ile BaTiO<sub>3</sub>/PANI nanokompozitleri elde etmişler, spektroskopik ve mikrodalga soğurma özellikleri üzerine çalışmışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda dielektrik ve manyetik özelliklerin oldukça uyumlu olduğunu ve yüksek frekanslarda mikrodalga soğurulmasının geniş bir frekans aralığında gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır (Yang vd., 2010),

H.C.Pant ve arkadaşları ise BaTiO<sub>3</sub>/PANI kompozitleri üzerine yaptıkları çalışmalarda, ağırlıkça farklı oranlarda BaTiO<sub>3</sub> ve polyanilini doğrudan katkılayarak homojen şekilde dağılmalarını sağlamışlardır. Spektroskopik ve dielektrik özellikleri üzerinde elde ettikleri sonuçlarda ise yapısal ve mikrodalga özelliklerini karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri bulgularda, PANI konsantrasyonlarına göre dielektrik permittivitenin değiştiğini ve BaTiO<sub>3</sub> parçacıkları/PANI arasındaki etkileşimin N-H bağıyla yakından ilgili olduğunu gözlemişlerdir ( Pant vd., 2006 ) .

X-ışını spektroskopisi (XRS) çalışmalarında kullanılan teknikler, genellikle X-ışınlarının soğurulması, saçılması ya da yayılması esasına dayanmaktadır. Monokromatik bir radyasyon demeti, bir maddeden geçirildiğinde, şiddetinde bir azalma gözlenir. Madde içerisine giren radyasyon, madde atomları ile çeşitli etkileşimler yaparak enerjisini kısmen ya da tamamen kaybeder. Hedef materyal ister bileşik ister element formunda olsun radyasyon tipi ve enerjisi için kütle soğurma katsayıları, flüoresans tesir kesitleri ve bu parametrelerden elde edilen soğurma-sıçrama faktörü (jump-factor) ayırt edici bir özelliktir. Kütle soğurma katsayıları, flüoresans tesir kesitleri ve soğurma-sıçrama faktörü deneysel olarak

ölçülebilen bir nicelik olduğundan mikroskobik fizik alanında birçok olayın hesaplanmasında ve birçok alandaki bazı değişimlerin incelenmesinde büyük öneme sahiptir. Belirtilen özelliklerin bilinmesi bilimsel araştırmalarda, endüstriyel radyografide, tıbbi fizikte enerji taşıma ve depolamada, radyasyon katsayılarının hesaplanmasında ve diğer alandaki bazı değişimlerin incelenmesine imkân sağlar. Ayrıca, elementlerin özelliklerinin deneysel olarak bulunması, atomların yapısı, yaş tayini, tahribatsız miktar analizleri ve ilaç sanayi ve bilgisayar tomografi gibi birçok uygulama alanlarında kullanılır.

Elementlerin X-ışını kütle soğurma katsayılarının teorik değerleri ile deneysel olarak ölçülen değerlerin uyumluluğunun test edilmesi gerekir (Saloman vd., 1988). Gerward, 1993'te özellikle bu konuda eksikliği işaret etmiştir. Mannien ve arkadaşları 1998'de Mason'un 1978'de yayınlanan bir çalışmasından esinlenerek, çizgi şekillerini belirlemek için geniş bir çizginin daraltılması metodunda inkoherent olarak saçılmış tek enerjili çizginin geniş bir enerji dağılımı ortaya koymasının avantajını göz önüne alarak soğurma-sıçrama oranını ölçmek için basit ve güvenilir bir metot geliştirdi. Ouspeh ve arkadaşları tarafından 1982'de tavsiye edilen soğurma kıyısının her iki kenarındaki çizgileri temel alarak radyoaktif bir kaynak vasıtasıyla soğurma-sıçrama oranı ölçmek uygun bir metottur. Bazı araştırmacılar çeşitli elementlere ait, kütle soğurma katsayılarını (Kerur vd., 1993), fotoelektrik tesir kesitlerini (Erzeneoğlu vd., 1995) farklı enerjiler için deneysel olarak ölmüşlerdir. Bu farklılıkları araştırmak için, yeni geliştirilmiş yüksek ayırma gücüne ve sayma verimine sahip olan dedektörler ile belirtilen parametrelerin yeniden ölçülmesi gerekmektedir. Düşük enerjiler için, kolime edilmiş X-ışını tüpleri ve siklotron kaynakları oldukça yaygın kullanılmaktadır (Parthasaradhi vd., 1988). Bununla beraber, yüksek enerjilerde genellikle radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır (Canada vd., 1977; Ouspeh vd., 1982). Bu kaynakların sınırlı olmasına rağmen, diğer bazı metotlar atom numarası büyük olan elementler için sıçrama faktörlerinin ölçülmesine imkân vermektedir (Poehn vd., 1985; Ayala vd., 1996). Bazı araştırmacılar, kimyasal etkileri dikkate alarak çeşitli elementlere ve onların bileşiklerine ait kütle soğurma katsayılarını (Kerur vd., 1991, 1994) ve fotoelektrik tesir kesitlerini (Chandra vd., 1989; Büyükkasap, 1998) deneysel olarak ölçmüşlerdir. Yapılan bu ölçümlerde numuneyi uyarmak için X-ışını tüpü,

farklı enerjili radyoizotop kaynaklar ve ikincil uyarıcılar kullanılmış ve elde edilen değerler çizelgeler halinde verilmiştir. Karbon ve kurşun arasındaki seçilen 22 farklı saf element için 13–50 keV enerji aralığında kütle soğurma katsayılarını deneysel ve teorik olarak hesaplamışlardır (Hubbel vd., 1994; Saloman vd., 1988; Angelone vd., 2001). Ağır elementlerin soğurma kıyılarına yakın olan 43 ve 59,5 keV foton enerjilerinde atom numarası  $40 \leq Z \leq 52$  arası seçilen Nb, Mo, Ag, In, Sn ve Te saf elementleri için öncelikle toplam kütle soğurma katsayılarını, toplam ve fotoelektrik tesir kesitlerini farklı bir metotla ölçmüşlerdir (Roy vd., 1997).  $58 \leq Z \leq 68$  arasındaki elementlerin toplam atomik soğurma, toplam fotoelektrik soğurma ve toplam atomik saçılma tesir kesitlerini ve  $26 \leq Z \leq 42$  arasındaki elementlerin 59,5 keV’de X-ışını flüoresans tesir kesitlerini deneysel olarak hesaplamışlardır (Karabulut vd., 1999),

Gama ışınlarının veya X- ışınlarının soğurulması ve saçılması bir elementin atom numarası ve yoğunluğu ile ilişkilidir. Bileşik materyallerde ise etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu ile ilişkilidir. Etkin atom numarası; bir bileşiği veya karışımı oluşturan elementlerin ortalama atom numarasıdır. Bileşik maddelerdeki etkin atom numarasını hesaplayan kuralları ortaya çıkarmak için birçok çalışma yapılmıştır (Chitralakha vd., 2004; Baltaş vd., 2005; Tadashi vd., 2004; Çevik vd., 2005; Kurudirek vd., 2009).

Sol-jel ve yüzey aktif madde destekli hidrotermal sentez yöntemi ile elde edilmiş olan  $BaTiO_3$ ,  $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ,  $Co_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ,  $Mn_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ,  $Cu_xNi_{1-x}Fe_2O_4$ ,  $Cu_xCo_{1-x}Fe_2O_4$ ,  $Cu_xMn_{1-x}Fe_2O_4$ , örneklerin elektromanyetik soğurma özelliklerinin incelendiği çalışmada örneklerin spinel yapıda oldukları,  $BaTiO_3$ ’ in tetragonal yapıda olduğu görülmüştür. Ölçülen ve elde edilen sonuçlar tüm numunelerin, geniş frekans bandı aralığında yüksek elektromanyetik radyasyon soğurduklarını gösterdi (Bayraktar, 2011). İnşaat malzemesi olarak kullanılan bazı beton numunelerinde, gama ışını soğurma katsayısı ve nötron soğurma tesir kesitini belirlemek için yapılan çalışmada, mineral katkılı ve mineral katkısız on iki beton numunesi üzerinde, 59,5 ve 661 keV foton enerjilerinde gama ışını kullanılarak kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları araştırılmıştır. Foton kütle soğurma katsayıları, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları değerlerinin enerji ve beton numunelerinin bileşeni değişimi ile değiştiği gözlenmiştir (Yılmaz, 2011).



X-ışınları veya  $\gamma$ -ışınlarının saçılması veya soğurulması ilgili veriler bilim, mühendislik ve tıbbi uygulamalar için gereklidir (Hubbell, 1999). Berger ve Hubbell tarafından (1987) geliştirilen XCOM bilgisayar programı kullanılarak soğurma katsayılarının teorik değerleri elde edilmiştir.

Bu çalışmada, peroxo-hydroxide ve hidrotermal metoduyla 80, 100, 150 ve 200°C'de 15 dakika ile 120 saat arasında değişen sürelerde üretilen BaTiO<sub>3</sub> (baryum titanat) örneklerinin soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Ölçümler gama dedektörünün X-ışınları enerjisi aralığında bir coaxial HPGe dedektörü (Ortec, GEM55P4-95 model) yardımıyla yapılmıştır. 1,3 cm çaplı pelletler haline getirilen örnekler 59,54 keV enerjide <sup>241</sup>Am radyoizotop kaynağı kullanılarak uyarılmış ve 300 sn boyunca sayılmıştır. Yapılan FT-Raman ve XRD analizleri göstermiştir ki, sıcaklık ve süre arttıkça tetragonal BaTiO<sub>3</sub> yapısı daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Süre ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak reaksiyondaki kinetik değişimler sonucu baryum titanat yapısının türevleri (BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>) de gözlemlenmiştir. XRD ve FT-Raman teknikleri ile gözlemlenen baryum titanat türevleri ile hesaplanan soğurma katsayılarındaki farklılıkların birbirini desteklediği gözlemlenmiştir.

## 1.2. Elektromanyetik Radyasyonun Madde ile Etkileşmesi

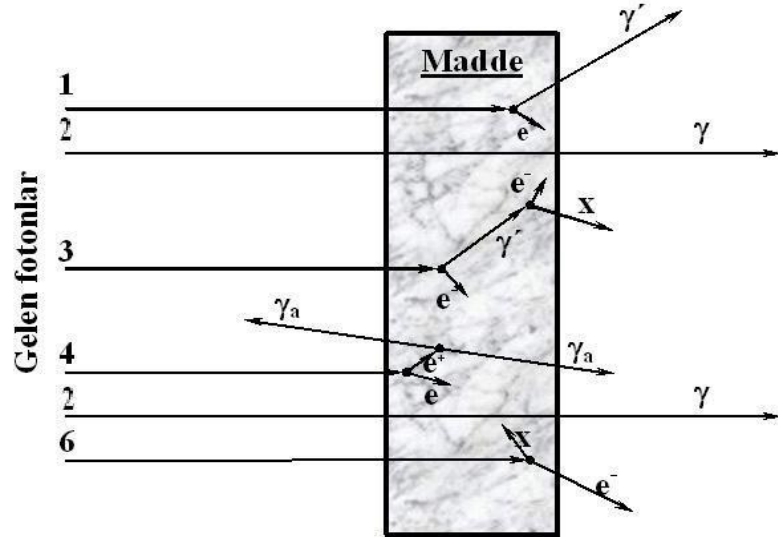
Tek renkli (monokromatik) bir X veya Gama ışını demeti herhangi bir maddeden geçirilecek olursa demetin şiddetinde bir azalma olur.  $I_0$  şiddetinde bir X veya Gama ışını demetinin  $dt$  kalınlığındaki bir maddeyi geçtikten sonraki şiddeti  $I$  ise, gelen X veya Gama ışını demetinin şiddeti, maddenin  $dt$  kalınlığı ve ışın demetinin içinden geçtiği maddenin cinsine bağlı olarak,

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (1)$$

İle verilmektedir. Burada  $\mu(\text{cm}^{-1})$ , lineer soğurma katsayısı olup birim kalınlık başına düşen soğurulma olarak tarif edilmektedir.

Elektromanyetik radyasyonun madde ile etkileşmesi sonucunda Şekil 1'de gösterilen olaylar meydana gelir. Bunlar, Compton saçılması (1), Koherent saçılma (2),

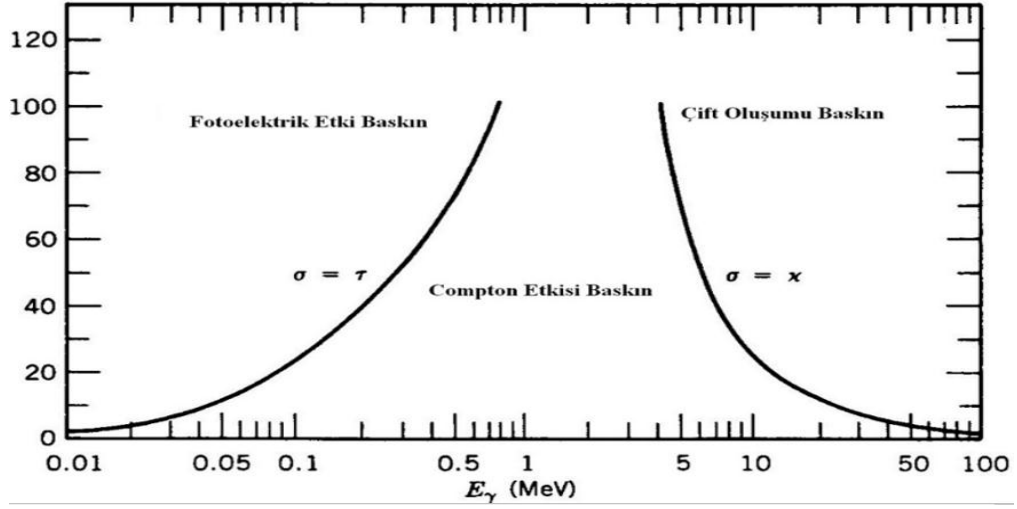
Compton saçılmasından sonra saçılan fotonun fotoelektrik etkisiyle X- ışınları oluşumu (3), Çift oluşumu (4) ve Fotoelektrik olaydır (5) (Debertin ve Helmer, 1988).



Şekil 1. Elektromanyetik radyasyonun maddeyle etkileşimi

### 1.3. Elektromanyetik Radyasyonun Soğurulması

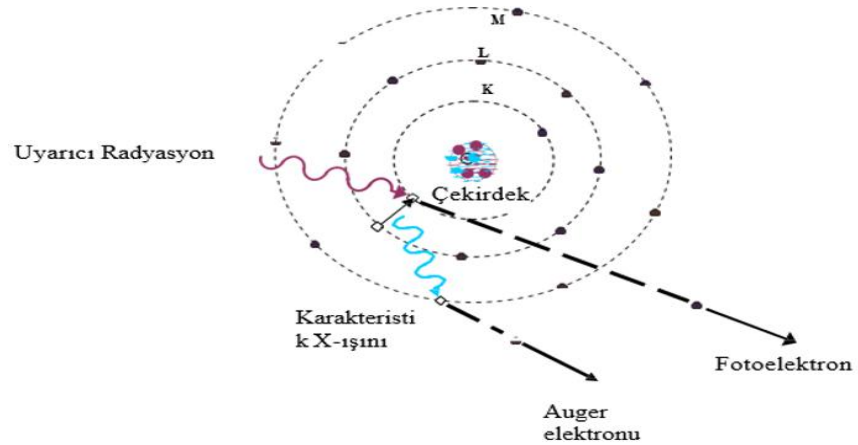
Madde içerisine giren bir foton, madde atomunun bağlı elektronları, serbest elektronları ve çekirdeği ile etkileşirler. Elektromanyetik radyasyonun soğurulması çeşitli olaylar sonucu gözlenmekle beraber bu olayların en baskın olanları fotoelektrik olay, saçılma (Compton ve Koherent) olayı ve çift oluşumdur. Bu olayların meydana gelme ihtimaliyeti foton enerjisi ile değişmektedir. Şekil 2' de görüldüğü gibi, fotoelektrik olay 0,001 MeV ile 0, 5 MeV arasında etkin iken, saçılma olayı 0, 1 MeV ve 0, 5 MeV arasında daha etkin davranır. Çift oluşum olayı ise 1, 02 MeV' den başlar ve artan foton enerjisi ile artar.



**Şekil 2.** Elektromanyetik radyasyon etkileşmelerinin soğurucunun atom numarasına ve radyasyonun enerjisine göre değişimi

### 1.3.1. Fotolelektrik Olay

Enerjisi atoma bağlı bir elektronun enerjisinden büyük olan bir foton, bağlı elektronla etkileşirse, elektron fotonun toplam enerjisini soğurarak serbest hale geçebilir. Serbest hale geçen elektrona fotoelektron ve bu olaya fotoelektrik olayı denir. K elektronlarından birinin sökülmesiyle sonuçlanan bir fotoelektrik olay Şekil 3’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Fotolelektrik olay

Kabuktan sökülen elektronun kinetik enerjisi;

$$E_e = h\nu - \Phi_k$$

(2)

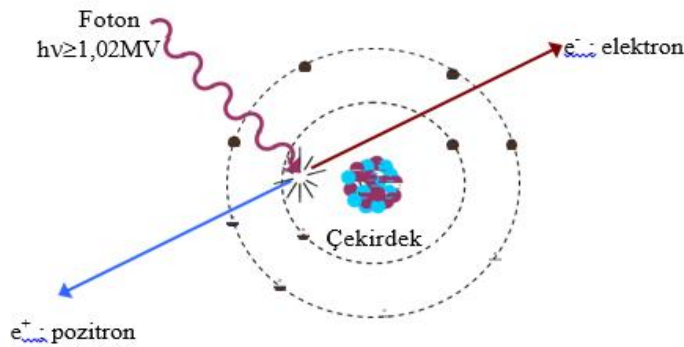
şeklinde ifade edilir. Burada  $h\nu$  gelen fotonun enerjisi,  $\Phi_k$  elektronun K tabakasına bağlanma enerjisidir.

### 1.3.2. Çift Oluşumu

Rölativistik enerjinin bir şekilden başka bir şekle dönüşmesinin en ilginç şekli çift oluşumdur. Çift oluşumu, bir fotonun bir elektronla ( $e^-$ ) bir pozitrona ( $e^+$ ) dönüşmesi olayıdır.

$$X \text{ ya da } \gamma \text{ fotonu} \rightarrow e^- + e^+ \quad (3)$$

Bir elektron veya pozitronun durgun kütle enerjisi  $E = mc^2$  ile verilir ve değeri 0,511MeV'dir. Böylece çift oluşumu olayı için gerekli olan eşik foton enerjisi 1,02MeV'dir. Bu olay ilk olarak 1928'de Dirac tarafından teorik olarak öngörülmüş ve 1932'de Anderson tarafından deneysel olarak gözlenmiştir. Bu deneylerde yeterli enerjiye sahip fotonlar yaklaşık 6 mm kalınlığında bir kurşun levhadan geçmeye zorlanmışlardır. Çıkan ışınların doğrultusuna dik bir magnetik alan içinde bulunan bir sis odasından geçirilerek çekilen fotoğrafları bu fotondan elektron ve pozitron şeklinde iki yeni parçacığın oluştuğunu göstermiştir. Bu parçacıkların kütleleri eşit ve yükleri zıt olduğundan bu oluşumda hiç bir korunum ilkesi bozulmuş olmaz. Yani hem yük, hem çizgisel momentum ve hem de toplam enerji korunur. Bu olay Şekil 4'de gösterilmiştir. Bu çalışmada uyarıcı birincil ışınların enerjisi 1,022 MeV 'in altında olduğundan elektron çifti oluşumunun etkisi konumuz dışındadır (Polat, 2002).



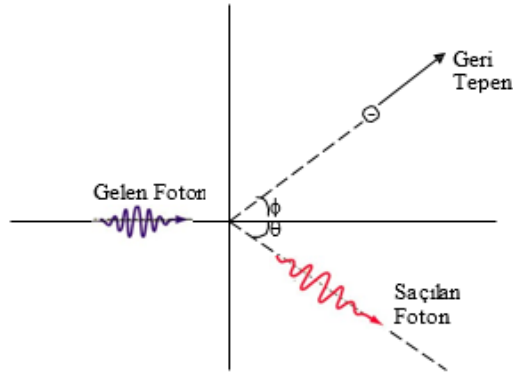
Şekil 4. Çift oluşumu

### 1.3.3. Compton Saçılması

Işığın kuantum teorisi, durgun kütlelerinin yokluğu haricinde fotonların parçacıklar gibi davrandığını kabul eder. Bu, fotonlarla elektronlar arasında Şekil 5'de görüldüğü gibi iki parçacığın çarpışmasının dikkate alınması gereklidir. Gelen fotonlar, serbest elektronlar veya genellikle dış kabuk elektronları ile etkileşerek Compton olayını meydana getirirler. Bu olayda  $\lambda$  gelen fotonun,  $\lambda'$  ise saçılan fotonun dalga boyu olmak üzere gelen fotonun dalga boyunda ki değişim;

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\theta) \quad (4)$$

ile verilir. Burada  $m_0$  elektronun durgun kütlesi,  $\theta$  fotonun saçılma açısı,  $c$  ışık hızı,  $h$  ise planck sabitidir. Eşitlikte görüldüğü gibi dalga boyundaki değişim gelen fotonun  $\lambda$  dalga boyundan bağımsızdır.  $\frac{h}{m_0c}$  büyüklüğüne elektronun Compton dalga boyu denir ve değeri  $0,024 \text{ \AA}$ ' dur. O halde dalga boyundaki en büyük değişim  $\theta=180^\circ$  için  $0.048 \text{ \AA}$  değerinde olacaktır.



Şekil 5. Compton saçılması

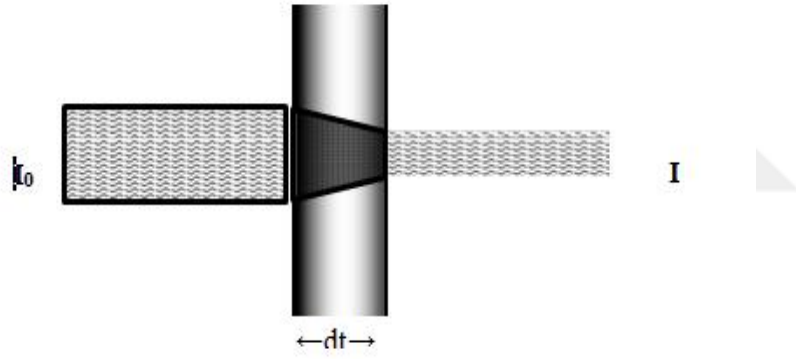
Rayleigh saçılması ise saçılma türlerinden biri olarak fotonun atoma sıkı bağlı olan elektronlarla olan çarpışmasıdır. Bu saçılmada elektron yörüngeden kopmaz, titreşim yapar. Yani atom iyonize olmaz veya uyarılmış duruma geçmez. Gelen fotonlar, değişmeyen bir frekans ile geri saçılırlar. Atom tarafından saçılan radyasyonun şiddeti her bir bağlı atomdan koherent olarak saçılan radyasyonun genliklerinin toplamı alınarak hesaplanır.

## 1.4. Soğurma Katsayıları

### 1.4.1. Lineer Soğurma Katsayısı

Bir fotonun (X-ışını,  $\gamma$ -ışını, bremsstrahlung, vs.) belli bir enerjide bir Z atom numaralı madde tabakasından geçerken soğurulma veya saçılmaya uğrama olasılığı, lineersoğurma katsayısı  $\mu(\text{cm}^{-1})$  cinsinden nicel olarak ifade edilebilir.

Soğurucu bir maddenin  $dt$  kalınlığında sonsuz ince bir tabakasını göz önüne alalım.  $I_0$  şiddetinde monokromatik X-ışını demeti Şekil 6'daki gibi  $dt$  kalınlığını geçerken  $dI$  kadar azaldığını farz edelim.  $dI$  azalma miktarı  $dt$  soğurucu kalınlığı ile orantılıdır.



Şekil 6. Kalınlığı  $dt$  olan bir maddede X-ışının soğurulması

$$dI_0 - Idt \quad (5)$$

$$dI = -\mu Idt \quad (6)$$

$$dI_0/I = -\mu dt \quad (7)$$

Lineer soğurma katsayısı,  $\mu$  ( $\text{cm}^{-1}$ ) birim kalınlık başına, birim alandaki soğurulmayı verir. Bu nicelik atom numarası ( $Z$ ) ve foton enerjisine ( $E$ ) bağlıdır. Buradaki negatif işaret, kalınlık arttıkça şiddetin azalacağını ifade etmektedir.  $\mu$ , fotoelektrik ( $\tau$ ) ve saçılma ( $\sigma$ ) işlemlerinin etkilerini içerir ( $\mu = \tau + \sigma$ ). Buradan

$$\frac{dI}{I} = -\mu dt \quad (8)$$

ifadesinin sonlu  $t$  kalınlığı üzerinden integral alınarak

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = - \int_0^t \mu dt \quad (9)$$

$$\ln I - \ln I_0 = - \mu t \quad (10)$$

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (11)$$

Bu ifade ‘Lambert Yasası ‘ olarak bilinir.

$$\mu = \frac{\ln \frac{I}{I_0}}{t} \quad (12)$$

elde edilir.

#### 1.4.2. Kütle soğurma Katsayısı

Soğurmanın derecesi verilen bir sistemin yol uzunluğuna bağlı olduğu gibi soğurucu ortamın yoğunluğuna da bağlıdır. Örneğin; sıvı civanın 1mm uzunluktaki azaltılması, aynı uzunlukta gaz civanın azaltılmasından daha büyüktür. Bu nedenle, soğurucunun kalınlığını ifade etmek için kütle soğurma katsayısını yoğunluk ve lineer kalınlık olarak yani  $\rho t$  gibi ifade etmek çok daha uygundur.

$$\mu_m = \mu / \rho (cm^2/g) \quad (13)$$

$\mu_m$ , birim kütle başına birim alandaki soğurulma

Kütle soğurma katsayısı  $\mu / \rho (cm / g)$ , kimyasal ve fiziksel durumlardan bağımsız olup elementlerin atomik bir özelliğidir. Sadece dalga boyu (enerji) ve atom numarasının bir fonksiyonudur. Ayrıca  $\mu / \rho$ , bileşik, çözelti ve karışımlar için muhtevaya ait değerlerden hesaplanabilir. Bu durumda  $\mu / \rho$ ; bileşiği oluşturan elemanların soğurma katsayılarının ağırlıklı ortalamalarıdır.  $W_1, W_2 \dots$  ise bunlara karşılık  $\mu_1 / \rho_1, \mu_2 / \rho_2, \dots$  hesaplanırsa toplam kütle soğurma katsayısı;

$$\mu / \rho = W_1(\mu_1 / \rho_1) + W_2(\mu_2 / \rho_2) + \dots \quad (14)$$

ile bulunabilir. X-ışınlarının toplam soğurma katsayıları hesaplanırken sadece yutulup soğurulmasından değil maddeyi geçerken saçılmadan ve çift oluşumundan dolayı şiddetlerindeki azalmalarda dikkate alınmalıdır.

$$\mu / \rho = (\tau / \rho) + (\sigma / \rho) + (\pi / \rho) \quad (15)$$

$\mu / \rho$  ; toplam soğurma katsayısı,  $\tau / \rho$  ; fotoelektrik soğurma katsayısı,  $\sigma / \rho$  ; saçılma soğurma katsayısı,  $\pi / \rho$  ; çift oluşum soğurma katsayısıdır.

### 1.4.3. Soğurma Kıyıları

Herhangi bir element veya bileşiğin kütle soğurma katsayısı, soğurulan X-ışınlarının enerjisiyle veya dalga boyuyla değişir. Kütle soğurma katsayısının seçilen herhangi bir soğurucu için dalga boyuna karşı grafiği çizilirse beklenildiği gibi daha uzun veya yumuşak dalga boyuna doğru genel bir artış gösterecektir. Aslında bu değişim sürekli değildir ve sürekliliğin bozulduğu bu kırılma aralıkları soğurma kıyıları olarak adlandırılır.

Şekil 7’de görüldüğü gibi bir elementin X-ışını soğurma katsayısı, genellikle dalga boyu azaldıkça azalır. Bununla beraber eğride düzgün süreksizlikler vardır. Bunlar kritik soğurma kıyıları veya kritik soğurma dalga boyları olabilir ve ikincil uyarılarda önemlidir.

Bir atomda verilen bir seviyeden elektron sökebilmek için gerekli maksimum dalga boyu (minimum foton enerjisi) o elementin o seviyedeki soğurma kıyısı olarak bilinir. Her element uyarma potansiyeli sayısınca soğurma kıyısına sahiptir. Her element için soğurma kıyısı, çekirdeğe yaklaştıkça azalır.





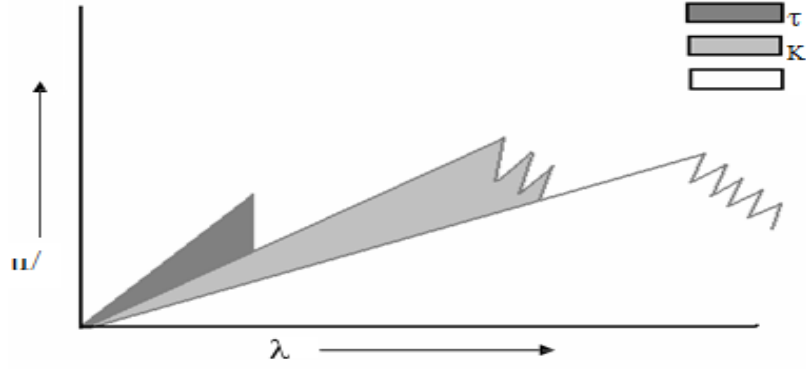
enerjilerde) bulunur. En yüksek enerji çizgisi normal olarak K spektrumunda bulunur.

Ayrıca soğurma kıyısına karşılık gelen enerjiler bu özel spektral seriler için tam olarak kritik uyarma potansiyeline karşılık gelir. Açıkça söylemek gerekirse soğurma kıyısı enerjileri her bir geçiş seviyesi için elektronların bağlanma enerjilerine eşittir.

Soğurma kıyısından daha büyük enerjili fotonlar fotoelektrik soğurma yoluyla büyük oranda soğurulmuş olacaklardır. Hâlbuki soğurma kıyısının hemen altında daha düşük enerjili fotonlar bu geçiş seviyesinde iyonlaşmaya neden olacak yeterli enerjiye sahip olamayacak ve büyük oranda soğurulamayacaklardır.

Karakteristik emisyon çizgisini uyarmak için, bir foton uygun soğurma kıyısına eşit veya daha büyük enerjiye (daha küçük dalga boyu) sahip olmalıdır. Mesala 1,79 Å dalga boyuna sahip  $\text{CoK}_\alpha$ ,  $\text{FeK}_\alpha$ 'dan daha büyük dalga boyuna sahip olmasına rağmen uyaramayabilir. Bunun anlamı Fe'nin K soğurma kıyısı 1,74 Å'dur ve  $\text{CoK}_\alpha$ 'dan daha büyük bir enerjiye sahiptir. Dikkat edilmesi gereken, herhangi özel bir dalga boyunun soğurması, saçılma ( $\sigma$ ) ve fotoelektrik ( $\tau$ ) bileşenlerinin toplamı olduğudur. Saçılma bileşeni göreceli olarak sabit ve genellikle küçük olmasına rağmen her biri dalga boyuyla değişir.

Saçılma bileşeni ihmal edilirse, soğurma eğrisi her bir soğurma kıyısından dolayı fotoelektrik soğurmanın ilave etkilerinden oluştuğu Şekil 8'deki gibi görülebilir. K kıyısından daha küçük dalga boylarında;  $\tau_{\text{toplam}} = \tau_K + (\tau_{\text{LI}} + \tau_{\text{LII}} + \tau_{\text{LIII}}) + (\tau_{\text{MI}} + \tau_{\text{MII}} + \dots) + \dots$  ile ifade edilir. Herhangi bir saf element için, bir K, L, M, ... tabakasına karşılık gelen soğurma sıçrama oranı toplam birincil iyonizasyonu belirler. Burada toplam birincil iyonizasyonun kesri o tabakanın iyonizasyonudur. Örneğin, silisyum (Si)  $r_K$  soğurma sıçrama-oranı yaklaşık olarak 13'tür. K tabakası iyonizasyonunu veren toplam Si iyonizasyonunun kesri  $(r_K - 1) / r_K$  oranıyla verilir. Yani, Si için  $(13 - 1) / 13 = 0,92$  dir. Bu aslında, Si'nin toplam fotoelektrik iyonizasyonlarının yaklaşık %92 sinin K tabakasının iyonizasyonu olduğu anlamına gelir.



**Şekil 8.** Herhangi bir dalga boyu için kütle soğurma katsayıları, daha uzun dalga boylarının tüm soğurma kıyılarındaki fotoelektrik işlemlerin bileşenlerinin toplamıdır (Williams, 1987).

### 1.5. Seramik Malzemeler

Seramik üretiminin geçmişi eski çağlara dayanmasına rağmen, seramik endüstrisinde ki gelişmeler tarih boyunca devam etmiştir. Seramik malzemeler, metal ve ametal (metal olmayan) elementlerin birbirlerine birinci derecede iyonik bağla bağlandığı inorganik, metal dışı malzemelerdir (Van Vlack, 1989).

Seramikler sert, kırılğan, yüksek ergime derecesine sahip olması ile birlikte, düşük elektrik ve ısı iletkenlik, ısı kararlılığı olan ve yüksek basınca dayanıklılık gösteren kimyasal malzemelerdir. Seramik malzemelerin çoğu metaller gibi, kristal yapıdadır ve yapılarında fazla sayıda serbest elektron bulunmaması yönünden metallerden farklıdır. Çoğu seramik malzeme, serbest elektronları olmayışı nedeniyle saydam, ince tabakalı ve ısıyı iletilebilir haldedir.

Seramikler genel olarak kullanım alanlarına ve özelliklerine göre klasik ve ileri teknolojik seramikler olarak iki ana gruba ayrılmakla birlikte, sınıflandırılmalarında pek çok yaklaşım mümkündür. Seramikleri kimyasal bileşim, mineral içeriği, üretim yöntemleri, özellikleri veya kullanım alanlarına göre sınıflandırabiliriz (Geçkinli,1992). Geleneksel seramikler, doğal hammaddelerden üretilirken, ileri teknolojik seramiklerin hammaddesi sentezleme yöntemleriyle yapay olarak hazırlanmaktadır. Bunun nedeni, yapay ham maddelerin istenmeyen maddelerden arındırılmış olarak çok saf halde ve istenilen fiziksel özelliklerde üretilmesidir (Özkan, 1990).

Günümüzde seramik malzemelere olan ilginin artmasının başlıca nedenleri; yüksek sıcaklık dayanımı, kimyasal kararlılığı, sert olmaları, erozyon ve aşınmaya karşı dirençlerinin yüksek olması, metallere hafif olmaları ve maliyetlerinin ucuz olması şeklinde sıralanabilir (Güner, 1987).

Seramik malzemeler çoğunlukla metallere olduğu gibi kristal yapılı, bazıları amorf yapılı, bazıları da hem kristal hem amorf yapılıdır. Fakat seramik kristallerde atomların dizilişi çok daha karışıktır. Örneğin; temel bir seramik hammadde olan kaolinit yani  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ 'ün kristal yapısında Al, Si, O ve OH kökü olmak üzere dört değişik tür yapısal birim vardır. Seramik malzemelerde yapı taşlarının dizilişi değişik biçimlerde olabilir. Bunlar, üç boyutlu uzayda düzenli (kristal), bir düzlem boyunca düzenli ve tamamen düzensiz (amorf) dizilişlerdir. Genel olarak seramiklerde kristal yapılar üç ayrı türe ayrılabilir; AX Türü Yapılar,  $AmX_p$  Türü Yapılar,  $AmB_nX_p$  Türü Yapılardır.

**Tablo 1.** Önemli üçlü yapılara ait örnekler (Özkan, 1990)

| Yapı Adı  | Formülü     | Örnekler   |
|-----------|-------------|--|
| Spinel    | $AB_2X_4$   | $FeAl_2O_4, ZnAl_2O_4, MgAl_2O_4, CoFe_2O_4$         |
| Olivin    | $A_2BX_4$   | $Mg_2SiO_4, FeSiO_4, Al_2BeO_4, Mg_2SnSe_4$          |
| Kalsit    | $ABX_3$     | $CaCO_3, MgCO_3, FeCO_3, MnCO_3$                     |
| Perovskit | $ABX_3$     | $BaTiO_3, CaTiO_3, SrSnO_3, SnZrO_3$                 |
| Piroklor  | $A_2B_2X_7$ | $Bi_2Ti_2O_7, Am_2Zr_2O_7, La_2Zr_2O_7, Yb_2Ti_2O_7$ |

### 1.5.1. $ABX_3$ Perovskite Yapılar

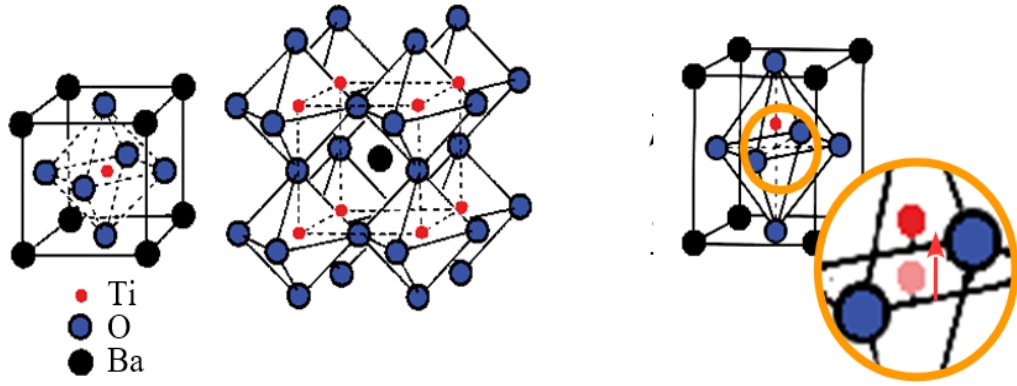
Perovskite ailesine dâhil birçok titanat, elektronik, elektro-optik ve elektromekanik gibi çeşitli elektronik uygulamalarda kullanılır. Perovskite yapılı, Baryum titanat, yüksek dielektrik sabiti ile çok katmanlı kapasitörler, piezoelektrik transistör ve çeşitli elektro-optik aletler gibi elektronik bileşenleri üretmek için yaygın olarak kullanılır.

Kübik perovskit büyük bir katyon ve anyon, bir de küçük ikinci bir katyon içerir. Büyük katyonlar, büyük anyonlarla birlikte sıkı paket kübik yapıyı meydana getirirken,

küçük katyonlar da birim hücrede oktahedral boşlukların dörtte birini doldururlar. Şekil 9'da ideal bir perovskit yapısını göstermektedir. Bu yapıya örnek olarak,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{KNbO}_3$ ,  $\text{NaTaO}_3$ ,  $\text{CsIO}_3$ ,  $\text{LaAlO}_3$ ,  $\text{KMgF}_3$ ,  $\text{BaLiF}_3$ ,  $\text{SrLiH}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{Mg}_{0.67}\text{Nb}_{0.33})\text{O}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{Zn}_{0.33}\text{Nb}_{0.67})\text{O}_3$  ve  $\text{Pb}(\text{Fe}_{0.67}\text{W}_{0.33})\text{O}$  verilebilir. Bu yapılarda bulunan iyonlar birbirlerine iyonik, kovalent veya iyonik-kovalent bağların bir karışımı şeklinde bağlanmışlardır (Özkan,1990)

Bu tez çalışmasında incelenen  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{ABO}_3$ -tipi perovskite kristaller grubundadır ve en önemli kübik simetriye sahip ferroelektrik malzemeler arasında yer almaktadır. Özellikle ferroelektrik perovskitler arasında yine  $\text{BaTiO}_3$  ve  $\text{BaZrO}_3$ , elektro-optikte dalga rehberlerinde, lazer frekansını katlandırma ve yüksek kapasiteli hafıza hücreleri gibi birçok farklı yerde teknolojik uygulamaya sahiptirler. Bunların yanı sıra  $\text{ABO}_3$  tipi perovskit kristaller, süperiletken, magnetoresistans, ferroelektrik gibi birçok fiziksel özelliklere sahip malzeme sınıfındadırlar. Yine perovskitlerin yeni bir uygulaması, son zamanlarda ince film alan etkili transistorlerde kullanılan hibrid organik inorganik malzemelerde bulunmuştur (Çömez, 2007)

$\text{BaTiO}_3$ 'ün voltaja olan duyarlılığı, yüksek dielektrik sabiti ve piezo-elektrik özelliğinden dolayı, çok-katmanlı kapasitör (Optitz vd., 2003), termistör (Dewitte vd., 1994), opto-elektronik (Hernandez vd., 2009) olarak kullanımını mümkün kılmaktadır. Ayrıca,  $\text{BaTiO}_3$ 'ün karakteristik özelliklerinden dolayı elektromanyetik dalga soğurucusu olarak da kullanılır (Abbasa vd., 2006; Jing vd., 2009). Aynı zamanda yüksek dielektrik sabitine sahip polimer malzemeler elektro-manyetik dalga soğurucusu olarak da kullanılmaktadır (Abbasa vd., 2006). Bu nedenle,  $\text{BaTiO}_3$  ün farklı frekanslardaki dielektrik davranışlarını incelemek oldukça önemlidir.  $\text{ABX}_3$  kompozisyonları eğer küçük B katyon FCC (yüzey merkezli kübik yapı) dizideki oktahedral ara yüzeyde yer kaplayan ise daha büyük bir katyon ile oksijenle birlikte FCC kafes formu türev yapısı olan, FCC olarak kabul edilir. Burada B katyonunun en yakın komşusu ise sadece oksijendir (Soykan, 2009). Perovskite kübik yapının birim hücresi yapıda oksijen ve atomik dağılıma göre Şekil 9' da görülmektedir.



**Şekil 9.** Perovskite yapısı

Şekil 9’da AB (  $Ti^{+4}$  titanyum ) un koordinasyon sayısı 6 iken A (  $Ba^{+2}$  Baryum ) un koordinasyon sayısı idealize durumda 12 olarak görülebilir. Perovskite yapıdaki BTO tetragonal simetriye sahip olup cisim merkezlidir. Örgü sabitleri  $a = 3,994 \text{ \AA}$  ve  $c = 4,035 \text{ \AA}$  dur.  $125 \text{ }^\circ\text{C}$  altında ferroelektrik olup bu sıcaklığın üzerinde paraelektriktir.  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  nin altında ortorombik yapıda ferroelektrik ve  $-90 \text{ }^\circ\text{C}$  altında ise rombohedral yapıda ferroelektriktir

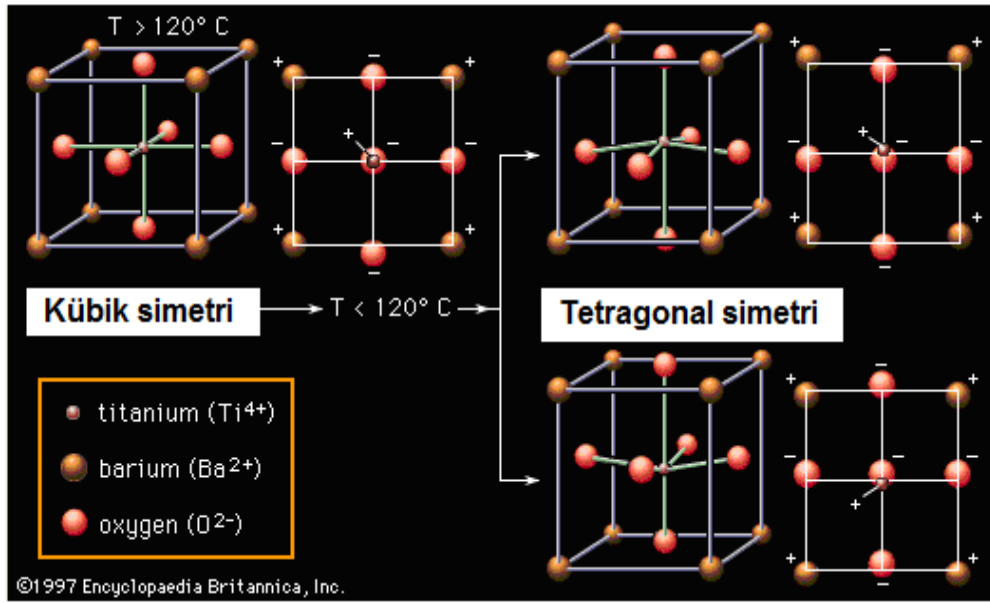
### 1.5.2. Titanat Yapılar

Titanya magnezya, zirkonya, bariya, kurşun oksit veya berilya ile birleşerek titanatlar meydana gelir. Bu bünyelerin dielektrik sabitleri saf rutil bünyelerine göre daha düşüktür. Fakat çok düşük güç faktörü verirler ve radyo cihazlarında sallantılı devrelerde kullanılırlar.

### 1.5.3. Baryum Titanat ve Özellikleri

Erime sıcaklığı  $1618 \text{ }^\circ\text{C}$ ’ dir. Yüksek dielektrik sabiti ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$  ve  $1 \text{ Mc}$ ’de 1350-1600), piezoelektrik ve ferroelektrik özellikleri nedeniyle elektronik parçalarda kullanılır. Curie sıcaklığı  $120\text{-}140 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak verilmiştir. Katı karışımların perovskit yapıdaki diğer ferroelektrik katı karışımı meydana getirmesiyle veya baryumoksit /titanya oranlarının kimyasal olarak değişmesiyle elde edilir.

Baryum titanat bünyeler seramik sahasında diğer malzemelerde bulunmayan özellikler göstermektedir. Bünye esas olarak baryum karbonat ve titandan teşekkül etmekte olup reçete karıştırma, kalsinasyon, öğütme ve pişirme süreçleri ile oluşmaktadır. Saf bünyenin pişme intervali sadece 10 °C 'dir. Çok az derecede safsızlıklarla veya iki bileşenden birinin çok az miktarda fazla olmasıyla pişme sıcaklığı 1250-1450 °C arasında değişir.



**Şekil 10.** BaTiO<sub>3</sub> yapısının gösterimi

Baryum titanat Şekil 10'da görüldüğü gibi sıcaklığa bağlı olarak çeşitli kristal şekillerde bulunabilir: -70 °C 'nin altında trigonal, ferroelektrik ; -70 ile +5 °C arasında ortorombik, ferroelektrik; +5 ile +120 °C arasında tetragonal, ferroelektrik; 120 °C 'nin üstünde kübik ve non-ferroelektrik özellik gösterir. Baryum titanatın histerisiz eğrisi farklı sıcaklıklarda, farklı şekillerde bulunur. Şekil 11 'de baryum titanat histerisiz eğrisinin sıcaklıkla değişimi görülmektedir.



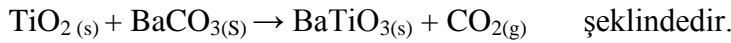
**Şekil 11.** BaTiO<sub>3</sub> histerisiz eğrisinin farklı sıcaklıklardaki durumu

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Örneklerin Üretilmesi

#### 2.1.1. Prexo-Hydroxide Ön Çözeltisinin(Precuresor) Hazırlanması

Geleneksel olarak BaTiO<sub>3</sub> oluşumunda TiO<sub>2</sub> ve BaCO<sub>3</sub> kullanılarak katı BaTiO<sub>3</sub> elde edilir. Reaksiyon;



Bizim çalışmamızda kullandığımız örnekler sıvı metotla 2 aşamalı olarak üretilmiştir. İlk aşamadan Ba<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>6</sub> ön çözeltisi (precorse) elde edilir. Daha sonra hidrotermal (HT) süreçten geçirilerek toz BaTiO<sub>3</sub> örnekleri üretilmiştir.

[Ba] + [Ti] konsantirasyonu 0,1 M ve ([Ba]+[Ti]) oranı 2 olacak şekilde Titanyumtetraklorit (TiCl<sub>4</sub>) ve Baryumklorit (BaCl<sub>2</sub>, 2H<sub>2</sub>O) saf suya eklenerek önce 30 dakika boyunca oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Daha sonra pH'sı 10 olana kadar amonyumhidroksit eklenmiştir (NH<sub>4</sub>OH).Daha sonra 2 saat boyunca oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Oluşan karışım kâğıt filtre yardımıyla filtrelenerak 3 defa su ile yıkanıyor ve oda sıcaklığında en az 1 gün boyunca kurutulmuştur.

#### 2.1.2. Ön Çözeltisinin(Precuresorlerin) Hidrotermal Süreçten Geçirilmesi

Elde edilen precuresorlerin 10 molar NaOH' e eklenerek 15 dakika boyunca oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Paslanmaz çelik reaktöre konulan çözelti, sıcaklığı ve zamanı önceden ayarlanmış fırına yerleştirilir. Fırınlama işi bittikten sonra alınan reaktör su ile soğutularak ısısı oda sıcaklığına kadar düşürülmüştür. Reaktörden alınan çözelti 3 Bichner filtreden geçirildikten sonra sırası ile 0,4 molar asetikasit ve saf su ile (CH<sub>3</sub>COOH) 3 defa yıkanmıştır. Bu işlemi yapmaktaki amaç asetikasit (BaCO<sub>3</sub>) baryum karbonatı BaTiO<sub>3</sub>'den arındırmaktır. Elde edilen örnekler oda sıcaklığında kurutulur. Elde edilen toz numuneler son aşama olarak 950 °C de 1 saat boyunca nemini gidermek ve yapıyı sağlamlaştırmak için fırınlanmıştır.



## 2.2. Ktle Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi

### 2.2.1. Numunelerin Analize Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan toz halindeki baryum titanat numunelerinden pelletler yapılmıştır. Numunelerin kırılmaması için belirli oranlarda cellulose katılmıştır. Numunelerin ağırlıkları 0,0001 hassasiyetli terazide ölçülmüştür. Ölçülen numuneler pellet kabı yardımıyla hidrolik pres aletiyle 1,5 ton basınçta sıkıştırılarak oluşturuldu. Şekil 12 (a)'da 1,3 cm çapında olan pelletler ve ( b)'de ise Hidrolik pres aleti görülmektedir. lme hazır hale getirilen numuneler ve zellikleri Tablo 2'de verildiği gibi dir.



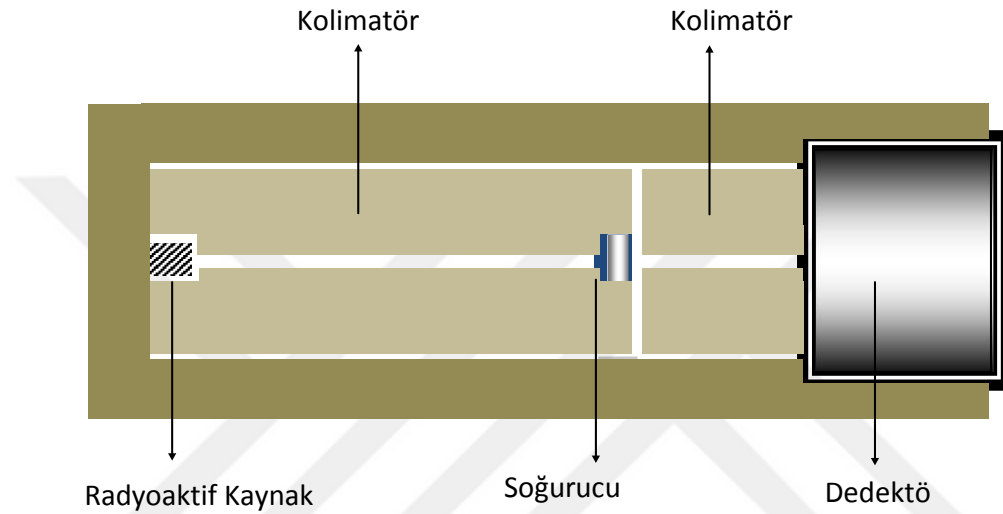
Şekil 12. (a) 1,3 cm çapında pelletler (b) Hidrolik pres aleti

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan numuneler ve numunelerin özellikleri

| Örnek      | Reaksiyon zamanı | Süre   | Hidrotermal sıcaklık (°C) | NaOH çözeltisi (M) | [Ba]+[Ti] konsant. (M) | Örnek miktarı (gr) | Selüloz miktarı (gr) | Disk ağırlığı (gr) | Katki Oranı |
|------------|------------------|--------|---------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| <i>1</i>   | 15               | Dakika | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3242             | 0,0648               | 0,3492             | 1/5         |
| <i>2</i>   | 30               | Dakika | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3182             | 0,0636               | 0,3428             | 1/5         |
| <i>3</i>   | 1                | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3951             | 0,0790               | 0,4135             | 1/5         |
| <i>4</i>   | 2                | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3284             | 0,0656               | 0,2952             | 1/5         |
| <i>5</i>   | 3                | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3375             | 0,0675               | 0,2174             | 1/5         |
| <i>6</i>   | 6                | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3758             | 0,0751               | 0,3414             | 1/5         |
| <i>7</i>   | 16               | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,3460             | 0,0692               | 0,2869             | 1/5         |
| <i>8</i>   | 24               | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,2785             | 0,0557               | 0,2766             | 1/5         |
| <i>9</i>   | 72               | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,2336             | 0,0467               | 0,2371             | 1/5         |
| <i>10</i>  | 120              | Saat   | 100                       | 10                 | 0,05                   | 0,2912             | 0,0582               | 0,2815             | 1/5         |
| <i>11</i>  | 24               | Saat   | 150                       | 10                 | 0,05                   | 0,1354             | 0,1354               | 0,2305             | 1           |
| <i>12</i>  | 1,5              | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,1812             | 0,0604               | 0,1983             | 1/3         |
| <i>13</i>  | 2                | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,0729             | 0,0243               | 0,1479             | 1/3         |
| <i>14</i>  | 6                | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,1503             | 0,0501               | 0,1939             | 1/3         |
| <i>15</i>  | 24               | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,1586             | 0,0528               | 0,1955             | 1/3         |
| <i>16</i>  | 48               | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,1579             | 0,0526               | 0,2031             | 1/3         |
| <i>17</i>  | 72               | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,2173             | 0,0724               | 0,2301             | 1/3         |
| <i>18</i>  | 120              | Saat   | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,2237             | 0,0745               | 0,2509             | 1/3         |
| <i>19</i>  | 120              | Saat   | 80                        | 10                 | 0,05                   | 0,1913             | 0,1913               | 0,2816             | 1           |
| <i>20</i>  | 24               | NaOH M | 150                       | 10                 | 0,2                    | 0,4807             | 0,1602               | 0,3284             | 1/3         |
| <i>21</i>  | 24               | NaOH M | 150                       | 10                 | 0,1                    | 0,4169             | 0,1389               | 0,3933             | 1/3         |
| <i>22</i>  | 15               | Dakika | 200                       | 10                 | 0,05                   | 0,2186             | 0                    | 0,2186             | Katkısız    |
| Cellulose  |                  |        |                           |                    |                        | 0                  | 0,4847               | 0,4847             | 0           |
| <b>BTO</b> |                  |        |                           |                    |                        | 1,3534             | 0,0000               | 1,3534             | 0           |
| <b>HH</b>  |                  |        |                           |                    |                        |                    |                      |                    |             |

### 2.2.2. Ölçüm Sistemi ve Örneklerin Analizi

1,3 cm çaplı pelletler haline getirilen numunelerin deneysel kütle soğurma katsayıları Ortec marka GEM55P4-95 Model coaxial HPGe dedektörü kullanılarak yapılmıştır. HPGe dedektörü özden yarı iletkenlik gösteren Ge dolayısıyla yarı iletken prensibine göre çalışmaktadır. Şekil 13’de kullanılan deney geometrisi görülmektedir.



**Şekil 13.** X - ışınları soğurma ölçümleri için kullanılan deney geometrisi

HPGe dedektörü %55 relatif verime sahip olup 4800 voltta çalışmaktadır. Enerji rezülosyonu (FWHM)  $^{60}\text{C}$  kaynağı için 1,33 MeV’de 1,9 keV’dir. Deneysel sistem verilmekte, önyükseltici, yüksek voltaj kaynağı, analog dijital dönüştürücü (ADC) ve çok kanallı analizör (MCA) bir sistemde bulunup aynı zamanda dedektörün portatif olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Spektrumlar Gama Vision programı kullanılarak elde edilmiştir.

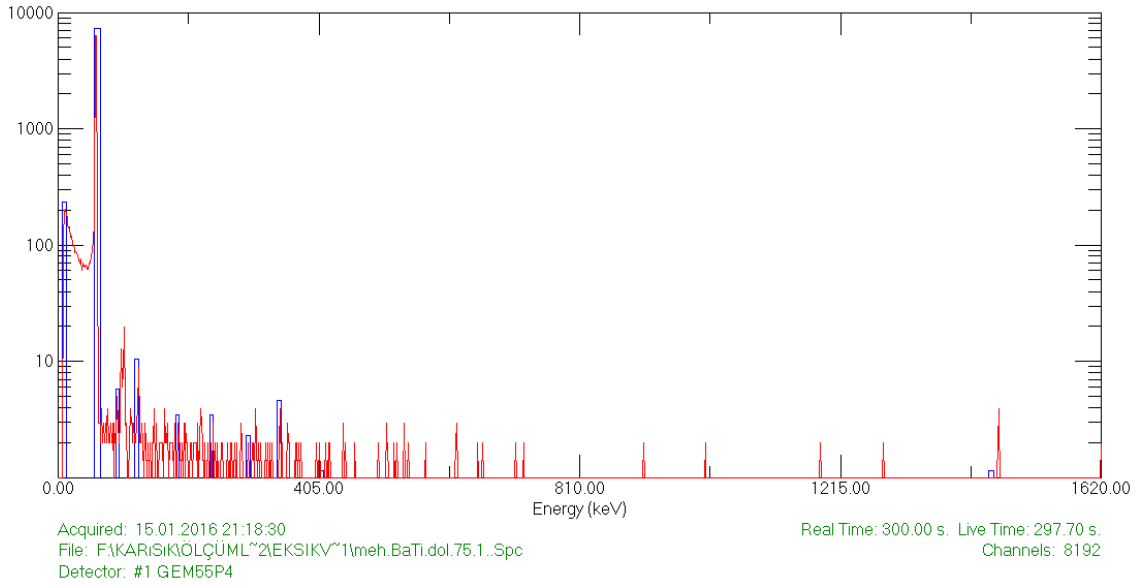
Ölçümlere başlamadan önce,  $^{241}\text{Am}$  kaynağı 1 mm yarı çaplı kurşun kolimatör içine yerleştirilerek, kaynağın nokta kaynak gibi davranması sağlanmıştır. Öte yandan, gönderilen Gama şuasını paralel ince bir demet haline getirmek için, dedektör kafasına üzerinde 5 mm’lik delik bulunan bir kolimatör yerleştirilmiştir. Dedektör numune mesafesi 5 cm tutularak, numune nokta kaynak oranının 10 cm olması sağlanmıştır.

Deney geometrisi tamamlanınca ölçümlere başlanmıştır. Ölçümler de ilk önce deney geometrisinin doğruluğunu test etmek için Si saf kristali ve %99,99 saflıkta Nb foili kullanıldı. Her iki numunenin kütle soğurma katsayıları ölçüldü. Ölçülen değerlerin teorik değerlerle %1'in altında bir hata ile uyumlu olduğu görüldü. Ölçümler önce deney geometrisinde numune yokken radyoaktif kaynaktan yayınlanan X ışınları ile 300's süre için üçer defa gerçekleştirildi. Daha sonra numuneler dedektörün baş kısmından 5 cm uzaklığa yerleştirilerek 300 s süre ile ölçümler tekrarlandı.

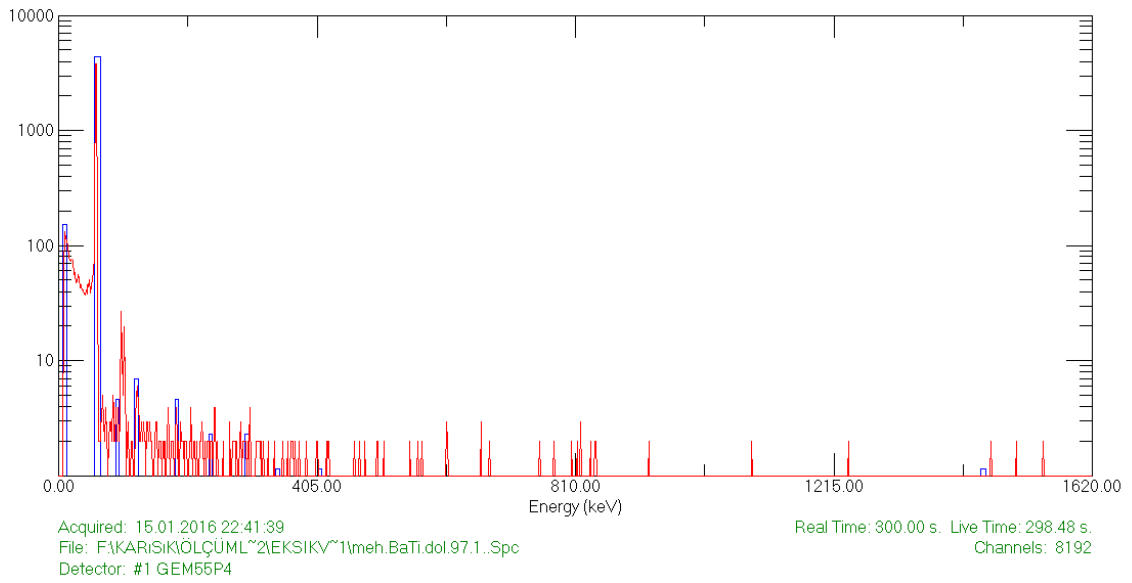
Bu deneyler sonucunda Şekil 14 ve 15' te verilen spektrum örneklerinde görüldüğü gibi, ilgili piklerin altında kalan alanlar kullanılarak numuneye gelen ve numuneden geçen X-ışınlarının şiddetleri hesaplandı. Bu veriler kullanılarak malzemelerin kütle soğurma katsayıları deneysel olarak hesaplandı. Mevcut ölçümlerdeki hataların % 9-11 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu hatalar yaklaşık olarak; pik alanlarının belirlenmesi ( $\leq$  %5), numunelerin kalınlığı ( $\approx$  %3), yoğunluk ölçümleri ( $\leq$  %3) ve sayma istatistiğinden ( $\leq$  %2) kaynaklanmaktadır.

Karakteristik X-ışınları ile ilgili çalışmalarda numunelerin uyarılması sonucu elde edilen karakteristik spektrumların, dolayısıyla da spektrumu oluşturan pik şiddetlerinin doğru ölçülmesi çok önemlidir. Özellikle küçük numaralı elementlerin karakteristik X- ışınları spektrumlarına ait pikler üst üste binmektedir. Bununla birlikte incelenen elementin karakteristik piklerinden başka kaçak pikler, satellite (uydu) pikleri, çoklu saçılmalardan meydana gelen kuyruklanmalar, üst üste binme pikler, sayaç atomlarının karakteristik X- ışını gibi piklerde meydana gelir. Bu piklerin analiz edilerek numuneye ait gerçek karakteristik X-ışını piklerinin elde edilmesi gerekmektedir.

Pikler, grafik ve veri analizleri için hazırlanan Orijin 7,5 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Şekil 14-15'te bu programın kullanılması sonucu elde edilen numunelere ait spektrum örnekleri ve veriler verilmektedir.



**Şekil 14.** 1,5saat, 200°C, 0,05 M özelliklerde hazırlanan numuneye ait spektrum



**Şekil 15.** 24 saat, 150°C, 0,2 M özelliklerde hazırlanan numuneye ait spektrum

### 2.2.3. Kütle Soğurma Katsayılarının Hesaplanması

Farklı sıcaklık ve sürelerde hidrotermal metotla üretilen baryum titanat numunelerinin kütle soğurma katsayısı değerleri Lambert Beer yasasından yararlanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar için numunenin kalınlık değerleri ( $t$ ) denklem (21)'de verildiği gibi;

$$t = \frac{m(\text{numunenin ağırlığı})}{A(\text{numunenin alanı})} \quad (\text{gr/cm}^2) \quad (18)$$

dikkate alınarak yapılmıştır. Ölçüme hazır hale getirilen 1,3 cm çaplı ( $r$ ) örneklerin alanı ( $A$ );  $\pi r^2$  formülü kullanılarak  $1,3266 \text{ cm}^2$  olarak hesaplandı. Hazırlanmış olduğumuz saf cellulose numunesinin uyarılması ile alınan şiddet değeri ve  $I_0$  değeri denklem (12)'de kullanılarak selülozün soğurma katsayısı ( $\mu_s$ ) elde edilir. Saf selüloz örneğinin kalınlığı ( $t_s$ ) ise her bir örnek için denklem (18) ile hesaplanır.  $\mu_s$ ,  $t_s$  değerleri denklem (19)'de kullanılarak düzeltilen ( $I_{0s}$ ) değeri elde edilir. Bu şekilde iki şiddet değeri arasındaki fark, selülozün katkısından kaynaklanan foton sayısındaki azalma miktarını verir.

$$I_{0s} = I_0 e^{-\mu_s \cdot t_s} \quad (19)$$

Numunede  $\text{BaTiO}_3$ 'den kaynaklanan foton sayısındaki azalma miktarını elde edebilmek için; dedektörden okunan ( $I_d$ ) şiddeti ile, denklem (19) ile hesaplanarak elde edilen  $I_{0s}$  değeri çıkartılarak numunedeki selülozün katkısından kaynaklanan foton sayısındaki azalma miktarı çıkartılır. Böylece numunedeki selülozün etkisinin olmadığı şiddet değerleri ( $I_{ds}$ ) elde edilir. Numunelerdeki selüloz katkısı dikkate alınarak düzeltilen şiddet değerleri ve selüloz etkisi çıkartılmış numune kalınlığı ( $t_d$ ), kullanılarak denklem (12) ile deneysel soğurma katsayıları hesaplanır.

Kütle soğurma katsayılarının teorik değerleri (Tablo 3) Gerward tarafından geliştirilen WinXCOM programı kullanılarak bulundu (Gerward vd., 2004).

**Tablo 3.** Oluşan kristal yapılar için WinXCOM programı ile elde edilen teorik değerler

| Kristal Yapı  | $\mu_{\text{(teorik)}} (\text{cm}^2/\text{gr})$ | $\mu_{\text{(teorik)}} (\text{cm}^2/\text{gr})$ |
|---|---|---|
|   | Koherant saçılma dahil                          | Koherant saçılma dahil değil                    |
| $\text{Ba}_2\text{TiO}_4$                             | 6,174   | 5,969   |
| $\text{BaTi}_2\text{O}_5$                             | 4,016   | 3,871   |
| $\text{BaTiO}_3$                                      | 5,208   | 5,030   |
| $\text{BaCO}_3$                                       | 6,45  | 5,785   |
| $\text{TiO}_2$  | $5,356 \times 10^{-1}$                          | $4,872 \times 10^{-1}$                          |
| $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5(\text{cellulose})$ | $1,923 \times 10^{-1}$                          | $1,802 \times 10^{-1}$                          |

## **2.3. Örneklerin Yapısal Analizi**

### **2.3.1. XRD Analizleri**

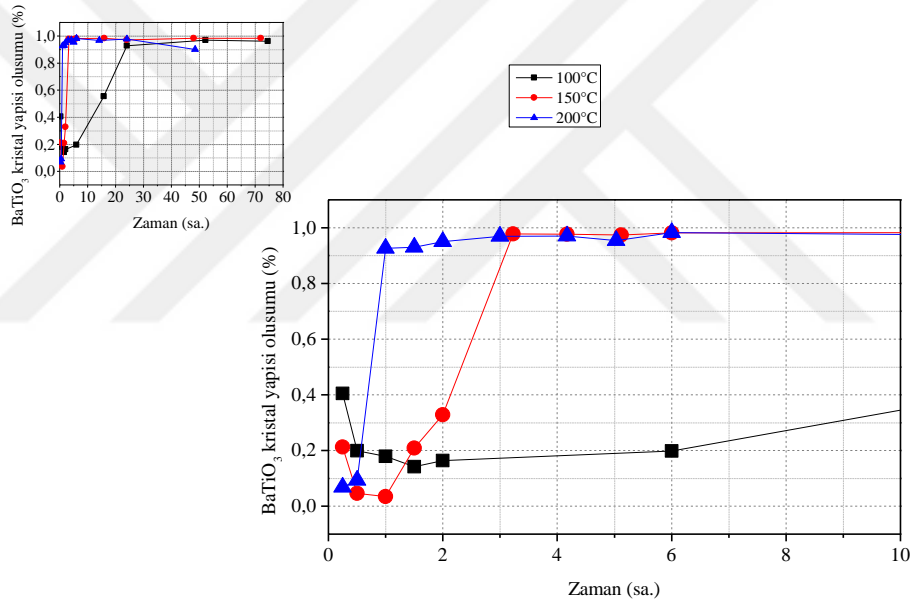
Örneklerin yapısal analizleri için bir PANalytical X'Pert PRO MPD (Flemish Institute for Technology Research (VITO nv) Center, Boeretang 200, B-2400 Mol, Belçika) difraksiyon spektrometresi kullanıldı. Cihazda spektrumlar X'Pert Data Collector isiminde özel bir software programı yardımıyla incelenmektedir. Bütün spektrumlar normalize edilerek inceleme yapılmıştır. Ni filtre kullanılan cihazda X-ray dalga boyu Cu-K $\alpha$  için 0,1540598 nm tüp voltajı ve akımı ise sırasıyla, 40 kV ve 40 mA olarak set edilmiştir. XRD metodu ile tarama  $2\theta$  aralığında her 4 sn'yede bir 0,04°'lik adımlarla yapılmıştır.

### **2.3.2. FT-Raman Analizleri**

FT- Raman spektrumları bir InGaAs yarıiletken dedektör destekli Nicolet Nexus 670 model Thermo Fisher Scientific firmasına ait spektrometre (Laboratory of Adsorption and Catalysis (LADCA), University of Antwerp, Belgium) yardımıyla alınmıştır. Spektrumlar Omnic 8.1 software yardımıyla normalize edilerek analiz edilmiştir. Analiz esnasında 1064 nm dalga boyunda lazer ışını üreten Nd-YAG lazer kaynağı ile üretilen ışın 180° yansıtılarak örnek uyarılmaktadır. Ortalama 4 cm<sup>-1</sup>'lik rezolüsyonla her örnek 200 defa taranarak spektrumlar elde edilmiştir.

### 3. BULGULAR

Tez çalışması kapsamında 80°C, 100°C, 150°C ve 200°C’de 15 dakika ile 120 saat arasında değişen sürelerde üretilen BaTiO<sub>3</sub> yapısının kütle soğurma katsayıları hesaplanmıştır. Örneklerin kristal yapısı soğurma katsayılarını etkilemektedir. Bu nedenle önce yapısal oluşumun anlaşılması önem arz etmektedir. Şekil 16’da zaman arttıkça kristal yapının oluşumunun nasıl değiştiği gösterilmiştir. Süre arttıkça BaTiO<sub>3</sub> yapısı daha da belirginleşmektedir. Sıcaklık ise kinetik olarak yapının oluşumunu hızlandırmaktadır. Şekil 16’da görüldüğü üzere 100°C’de yaklaşık 25saatte, 150°C’de yaklaşık 3 saatte, ve 200°C’de yaklaşık 1 saatte %97 BaTiO<sub>3</sub> oluşumu tamamlanmıştır.

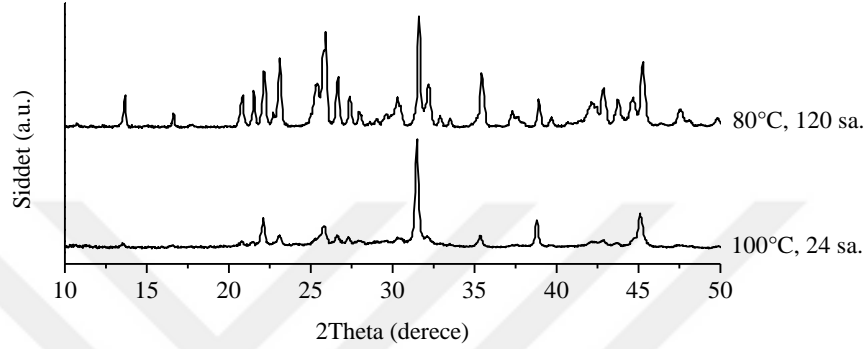


Şekil 16. BaTiO<sub>3</sub> kristal yapısının oluşumu

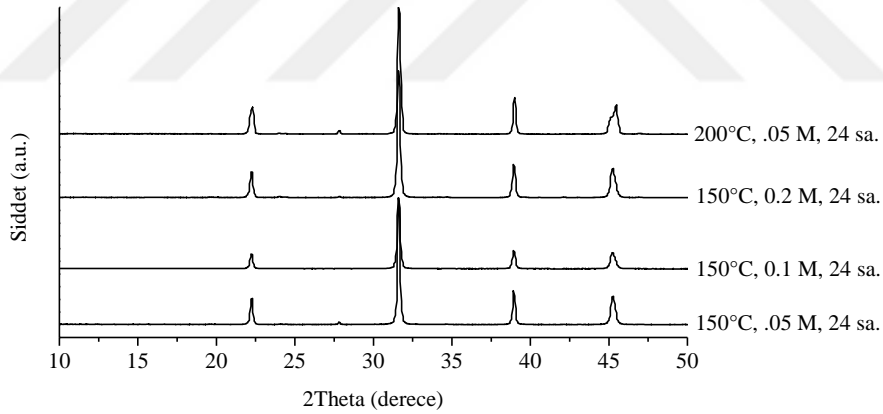
Numunelere ait XRD ve FT-Raman diagramları yardımıyla oluşum daha net gözlenmiştir. Şekil 17’de 80°C’de 120 saat süreyle üretilen numuneyle, 100°C’de 24 saat boyunca üretilen örneğe ait XRD spektrumları gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görüldüğü üzere 80 °C’de 120 saat geçmesine rağmen BaTiO<sub>3</sub> pikleri oluşmuş fakat yapı yüzde yüz oluşmamıştır. 100°C’deki grafikte ise yaklaşık 32° civarında pik net bir şekil almıştır fakat diğer piklerin oluşumu için süre yeterli değildir. Şekil 18’de 24 saatte farklı dereceler ve molaritelerde üretilen örneklerin XRD diyagramları karşılaştırılmıştır. Şekilde yaklaşık 22°, 32°, 39° ve 45° civarlarında pikler gözlenmektedir. Bu pikler ICDD’nin (International Centre for Diffraction Data-2012) saf



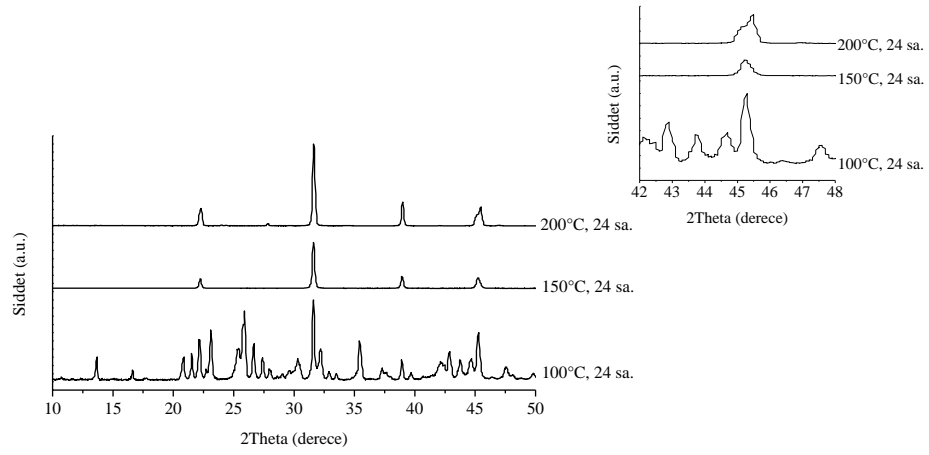
BaTiO<sub>3</sub> yapısı pikleri ile uyum gösterdiği gözlenmiştir. 45° civarında 200°C’de pikin kaydığı gözlenmiştir. 150°C’deki pikler kubik yapıyı işaret ederken (ICDD’ye göre pik etiketi 01-089-2475) 200°C’de tetragonal yapıya doğru kaymıştır (ICDD’ye göre pik etiketi 01-074-2491). Şekil 19’da ise sıcaklığa bağlı olarak yapıdaki değişim ve 45° civarında kübik yapıdan tetragonal yapıya geçiş ayrıntılı olarak gösterilmektedir.



**Şekil 17.** 80°C (120sa) ve 100°C (24sa) üretilen örneklerin XRD diyagramları

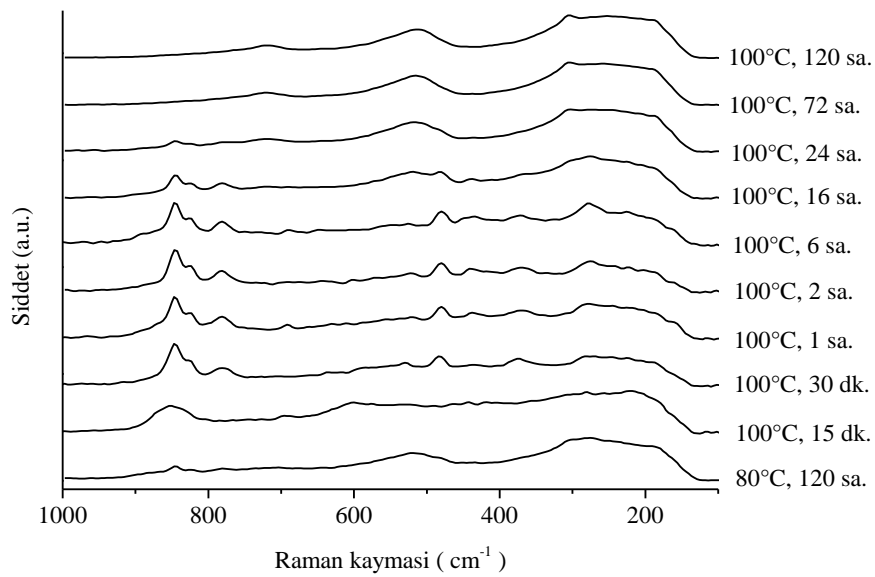


**Şekil 18.** 24 saatte farklı sıcaklıklar (150°C ve 200°C ) ve molaritelerde (0,05M, 0,1M ve 0,2M ) üretilen örneklerin XRD diyagramları

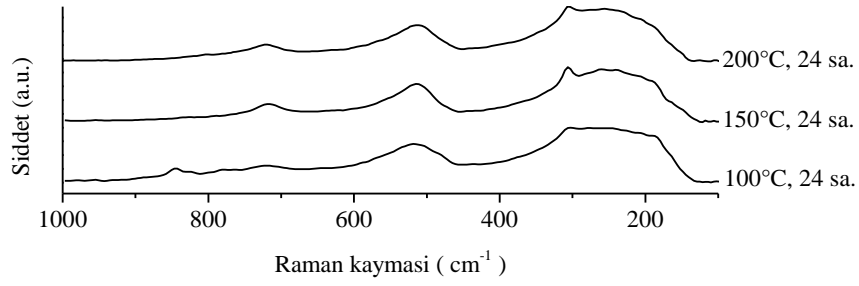


**Şekil 19.** 24 saatte farklı sıcaklıklarda (100°C, 150°C ve 200°C) üretilen örneklerin XRD diyagramları

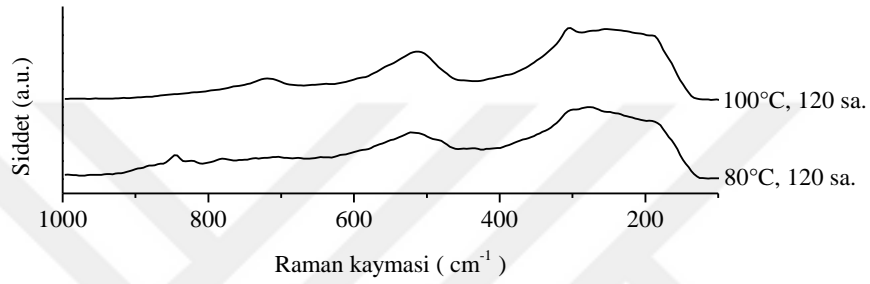
Kristalografik çalışmalarda FT-Raman metodu yapısal analiz için kullanılan yaygın tekniklerden bir diğeridir. Şekil 20-24'de farklı sıcaklık, süre ve molaritelerde üretilen BaTiO<sub>3</sub> örneklerinin şiddete karşılık Raman kaymalarını gösteren diyagramlarda yapısal oluşumun karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçlar XRD sonuçları ile uyum göstermekte olup, sıcaklık ve zaman faktörüne bağlı olarak yapının aşama aşama oluşumu net bir şekilde görülmektedir. Şekil 24'de kullanılan prekürsör'ün molaritesinin BaTiO<sub>3</sub>'ün raman spektrumunda herhangi bir değişiklik vermediği görülmektedir. Buda atomik düzeyde yapıda bir değişiklik olmadığına işaret eder.



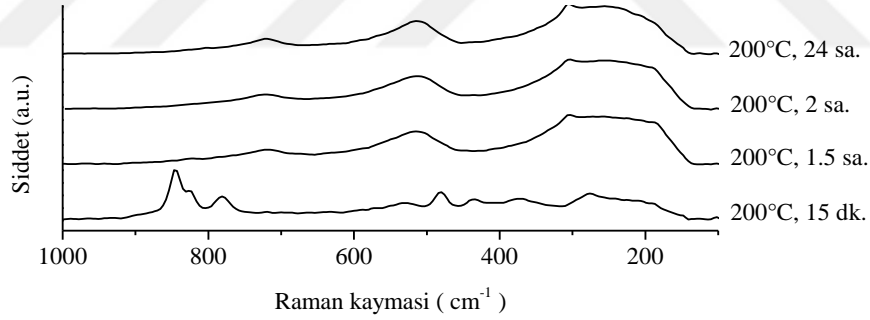
**Şekil 20.** 80°C (120sa) ve 100°C (15dk-120sa) üretilen örneklerin FR-Raman spektrumları



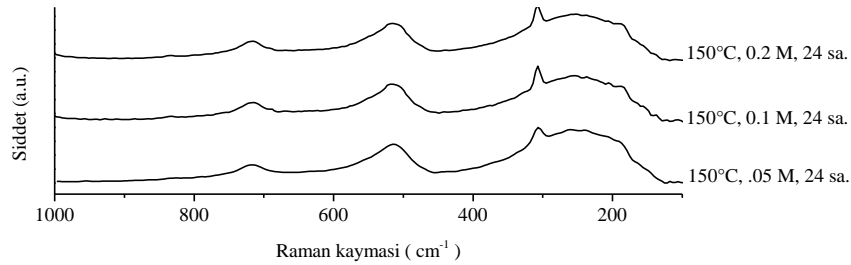
**Şekil 21.** 24 saatte farklı sıcaklıklarda (100°C, 150°C ve 200°C) üretilen örneklerin FR-Raman spektrumları



**Şekil 22.** 120 saatte 80°C ve 100°C’de üretilen örneklerin FR-Raman spektrumları



**Şekil 23.** 200°C’de 15dk -120 saat arasında üretilen örneklerin FT-Raman spektrumları



**Şekil 24.** 150°C’de ve 24 saat boyunca farklı molaritelerde (005M, 01M ve 02M) üretilen örneklerin FT-Raman spektrumları

Soğurma katsayılarını hesaplamak için yapılan ölçümler ve hesaplama sonuçları Tablo 4' te verildiği gibidir.

**Tablo 4.** Çalışmada kullanılan numuneler ve numunelerin analiz sonuçları

| <i>Örnek No</i> | <i>Üretim Şartları</i> | $I_d$ | $I_{ds}$ | $I_0$ | $I_{0s}$ | $t(\text{gr/cm}^2)$ | $t_d(\text{gr/cm}^2)$ | $\mu_{(\text{deneysel})}$<br>( $\text{cm}^2/\text{gr}$ ) |
|-----------------|------------------------|-------|----------|-------|----------|---------------------|-----------------------|--|
| 1               | 15dk, 100°C, 0,05M     | 27250 | 26658    | 63352 | 63944    | 0,257               | 0,206                 | 4,25   |
| 2               | 30dk, 100°C, 0,05M     | 28147 | 28732    | 63352 | 63937    | 0,254               | 0,203                 | 3,94   |
| 3               | 1saat, 100°C, 0,05M    | 25559 | 24859    | 63352 | 62652    | 0,306               | 0,245                 | 3,77   |
| 4               | 2saat, 100°C, 0,05M    | 31653 | 31148    | 63352 | 62847    | 0,218               | 0,175                 | 4,01   |
| 5               | 3ssat, 100°C, 0,05M    | 34197 | 33579    | 63352 | 62734    | 0,163               | 0,109                 | 5,73   |
| 6               | 6saat, 100°C, 0,05M    | 29083 | 28515    | 63352 | 62784    | 0,25                | 0,2                   | 3,95   |
| 7               | 16saat, 100°C, 0,05M   | 31482 | 30999    | 63352 | 63835    | 0,212               | 0,169                 | 4,27   |
| 8               | 24saat, 100°C, 0,05M   | 31073 | 30596    | 63352 | 63829    | 0,206               | 0,164                 | 4,47   |
| 9               | 72saat, 100°C, 0,05M   | 32626 | 32219    | 63352 | 63759    | 0,177               | 0,142                 | 4,81   |
| 10              | 120saat, 100°C, 0,05M  | 30025 | 29542    | 63352 | 63835    | 0,21                | 0,168                 | 4,59   |
| 11              | 24saat, 150°C, 0,05M   | 41124 | 40115    | 63352 | 64361    | 0,174               | 0,087                 | 5,43   |
| 12              | 1,5saat, 200°C, 0,05M  | 39171 | 38611    | 63352 | 62786    | 0,149               | 0,099                 | 4,88   |
| 13              | 24saat, 200°C, 0,05M   | 40881 | 40457    | 63352 | 62928    | 0,111               | 0,074                 | 5,97   |
| 14              | 6saat, 200°C, 0,05M    | 38130 | 37577    | 63352 | 62799    | 0,146               | 0,097                 | 5,272  |
| 15              | 24saat, 200°C, 0,05M   | 37777 | 37218    | 63352 | 62793    | 0,147               | 0,098                 | 5,326  |
| 16              | 48saat, 200°C, 0,05M   | 36195 | 35611    | 63352 | 62768    | 0,153               | 0,102                 | 5,557  |
| 17              | 72saat, 200°C, 0,05M   | 35494 | 34841    | 63352 | 62699    | 0,174               | 0,116                 | 5,069  |
| 18              | 120saat, 200°C, 0,05M  | 34032 | 33311    | 63352 | 62631    | 0,189               | 0,126                 | 5,002  |
| 19              | 120saat, 80°C, 0,05M   | 46914 | 45680    | 63352 | 64586    | 0,212               | 0,106                 | 3,27   |
| 20              | 10saat, 150°C, 0,2M    | 24318 | 23374    | 63352 | 62408    | 0,247               | 0,165                 | 5,95   |
| 21              | 10saat, 150°C, 0,1M    | 21734 | 20601    | 63352 | 62219    | 0,296               | 0,197                 | 5,59   |
| 22              | 15dk, 200°C, 0,05M     | 32995 | -        | 63352 | -        | -                   | 0,177                 | 3,68   |
| 23              | Cellulose              | 59285 | 0        | 63352 | 0        | 0,365               | 0                     | 0,1818   |
|                 | <b>BTO HH</b>          |       |          | 63352 |          |                     |                       |  |

Tablo 4 incelendiğinde düşük sıcaklıklarda BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> türevinin daha baskın olduğu 200°C’de 9, 12, 14, 15, 16, 17 ve 18 numaralı örneklerde de görüldüğü üzere BaTiO<sub>3</sub> yapısının daha belirginleştiği gözlenmiştir. Örnek 20, 13 ve 5’ ise Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> karakteristiği göstermektedir. Saf selüloz için yapılan hesaplama teorik değeri ile (1,802×10<sup>-1</sup> cm<sup>2</sup>/gr) uyumludur. XRD ve FT-Raman teknikleri ile gözlemlenen baryum titanat türevlerinin davranışı ile hesaplanan soğurma katsayılarındaki farklılıkların birbirini desteklediği gözlemlenmiştir. Bütün bu sonuçlar göstermiştir ki, soğurma katsayıları hesabının yapısal değişikliklerin incelenmesi için alternatif bir metot sunmaktadır.

Literatürde; Harun Bayraktar tarafından yapılan çalışmada; Sol-jel ve yüzey aktif madde destekli hidrotermal sentez yöntemi ile elde edilmiş olan BaTiO<sub>3</sub>, Ni<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Co<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Mn<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Cu<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Cu<sub>x</sub>Co<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Cu<sub>x</sub>Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, örneklerin elektromanyetik soğurma özelliklerinin incelendiği çalışmada örneklerin spinel yapıda oldukları, BaTiO<sub>3</sub>’ in tetragonal yapıda olduğu görülmüştür. Ölçülen ve elde edilen sonuçlar tüm numunelerin, geniş frekans bandı aralığında yüksek elektromanyetik radyasyon soğurduklarını göstermiştir (Bayraktar, 2011). Bu durum farklı yapılar üzerinde yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır. Bunlara örnek olarak; Kim ve diğerleri tarafından yapılan (CaCoTi) xFe<sub>12-2x</sub>O<sub>19</sub> yapıları üzerinde RL, ~-40 dB frekans bandı aralığında radyasyon soğurma özelliklerinin araştırılması (Kim vd., 1991) veya Bregar tarafından ferrit kompozit örnekler için RL,~-30 dB frekans bant aralığında yapılan çalışmalar verilebilir(Bregar, 2004). Baryum hekzagonal ferrit örnekleri için Meshram ve diğerleri tarafından RL, ~20 dB frekans bant aralığında elektromanyetik radyasyon soğurma özellikleri hakkında çalışmalar yapılmıştır (Meshram vd., 2004). BaTiO<sub>3</sub> örnekleri için ise Abbas ve arkadaşları tarafından RL, ~-30 dB frekans bandı aralığında çalışılırken, ferrit polimer kompozitler için de Meshram Abbas ve arkadaşları 2007’de RL, ~-25 dB frekans bandı aralığında çalışmalar yapmıştır (Abbas vd., 2006). Yapılan bu çalışmalara göre önerilen polimer nanokompozit yapıların geniş frekans bandında daha iyi soğurma özelliklerine sahip oldukları görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

Sanayi, Biyoloji, Tıp, Fizik ve Kimya alanında büyük öneme sahip olan soğurma katsayılarının hesaplanması ile gelen ışının hangi derinlikte ve nasıl saçıldığı gibi bilgilere ulaşılabilir. Bu konuda pek çok araştırma, yayın olmasına rağmen deneysel ve teorik değerler arasındaki farklılıklardan dolayı yeni deneysel yöntemlerle bu çalışmaların teyid edilmesi önem arz etmektedir. Ayrıca çalışmaların birçoğu cam, plastik, organik, biyolojik ve metaller üzerinde çok çalışma olmasına rağmen gelişmiş seramik malzemeler üzerinde neredeyse yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada Peroxo\_hydroxide ve hidrotermal metoduyla 80, 100, 150 ve 200°C’de 15 dakika ile 120 saat arasında değişen sürelerde üretilen ve bir seramik yapı olan baryum titanat örneklerinin soğurma katsayılarının hesaplanması yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sayım değerleri ve kütle soğurma katsayılarının deneysel değerleri Tablo 4’te, Gerward tarafından geliştirilen WinXCOM programı kullanılarak hesaplanan kütle soğurma katsayılarının teorik değerleri ise Tablo 3’te verilmiştir. Tablolar karşılaştırıldığında teorik değerler ile deneysel değerler arasında uyum olduğu gözlenmiştir. Kütle soğurma katsayıları hesaplandığında, belirginleşen BaTiO<sub>3</sub> yapısı ile soğurma katsayıların giderek arttığı gözlenmiştir. Yapılan FT-Raman ve XRD analizleri göstermiştir ki, sıcaklık ve süre arttıkça tetragonal BaTiO<sub>3</sub> yapısı daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Süre ve sıcaklık parametrelerine bağlı olarak reaksiyondaki kinetik değişimler sonucu baryum titanat yapısının türevleri (BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub>) de gözlemlenmiştir. XRD ve FT-Raman teknikleri ile gözlemlenen baryum titanat türevlerinin davranışı ile hesaplanan soğurma katsayılarındaki farklılıkların birbirini desteklediği açıktır. Bütün bu sonuçlar göstermiştir ki, soğurma katsayıları hesabının yapısal değişikliklerin incelenmesi için alternatif bir metot sunmaktadır.

## 5. ÖNERİLER

Kütle soğurma katsayısı kullanılarak veya analizi yapılması, maliyet açısından ucuz olacağından avantajlı olabilir.

Hidrotermal metotla üretilmiş saf Baryum titanat ve türevlerinin ( $BaTiO_3$  ve  $BaTi_2O_5$ ,  $Ba_2TiO_4$ ),  $BaCO_3$  ve  $TiO_2$ 'nin yapısal analizleri ve soğurma katsayılarının hesaplanmış olması deneysel ve örnek hazırlama süreçlerinden kaynaklanan hataların analizi için faydalı olacaktır.

Yapısal analizleri ve soğurma katsayıları hesaplanan bu saf örnekler kullanılarak yapılacak kalibrasyon eğrisi ile herhangi bir hidrotermal numune için yoğunluk ve kinetik analizler yapılabilir ve bu şekilde  $BaTiO_3$ 'ün oluşum evreleri hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Örnek üretme metotların farklılığı örneklerde yapısal ve yoğunluk açısından farklılığa sebep olacağı için, katıhal ve Sol-jel yöntemleri ile üretilen baryum titanat örneklerinin soğurma katsayıları da hesaplanarak hidrotermal metotla üretilen örneklerle ait sonuçlarla karşılaştırılması faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ayala, A.P. and Mainardi, R.T., 1996.** Measurement of the K X-ray absorption jump ratio of erbium by attenuation of a Compton peak. 177–181.
- Abbasa S.M., Mahesh C., Vermaa A., Chatterjee R. and Goel T.C., 2006.** Complex Permittivity and Microwave Absorption Properties of a Composite Dielectric Absorber, Composites Part Applied Science and Manufacturing, Volume 37, Issue 11, 2148–2154.
- Abbas, S.M., Dixit, A.K., Chatterjee, R. and Goel, T.C., 2007.** Complex Permittivity, Complex Permeability and Microwave Absorption Properties of ferrite-Polymer Composite. 309, 20–24.
- Bayraktar ,H., 2011.** BaTiO<sub>3</sub>, Ni<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Co<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Mn<sub>x</sub>Zn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Cu<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ve Cu<sub>x</sub>Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Örneklerinin Elektromanyetik Soğurma Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.
- Bregar, V.B., 2004.** Advantages of Ferromagnetic Nanoparticle Composites in Microwave Absorbers. 40, 1679-1684.
- Budak, G., Karabulut, A., Şimşek, VO. and Ertuğrul, M., 1999.** Measurement of total atomic attenuation, total atomic photoelectric and total atomic scattering cross sections in the range  $40 \leq Z \leq 52$ . Nucl. Instr. Meth., 149, 379–382.
- Çömez, İ., 2007.** ABO<sub>3</sub> Tipi Perovskit Yapıların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA, Türkiye.
- Dang Z., M., Yu Y. F., Xu H.P. and Bai J., 2008.** Study on Microstructure and Dielectric Property of the BaTiO<sub>3</sub>/Epoxy Resin Composites. Composites Science and Technology, Volume 68, Issue 1, 171–177.



- Debertin, K and Helmer, R.G., 1988.** Gamma and X-ray spectrometry with semiconductor detectors. Elsevier Science Publishers, New York.
- Dewitte C., Elst R. and Delannay F., 1994.** On the Mechanism of Delamination Fracture of BaTiO<sub>3</sub>-Based PTC Thermistors. Journal of the European Ceramic Society, 14(6), 481-492.
- Gerward, L., 1993.** X-ray attenuation coefficients: current state of knowledge and availability, Radiat. Phys. Chem., 41,783.
- Gerward, L., Guilbert, N., Bjorn Jensen and Levring, H., 2001.** X-ray absorption in matter.
- Geçkinli, A.E. 1992.** İleri Teknoloji Malzemeleri, İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, 1-56.
- Güner, Y. 1987.** “Seramik”, Gençlik Kitapevi A.Ş., İstanbul, Türkiye, 1-96.
- Hernandez, M.G., Murillo A.G., Romo F.J.C., Viguera D.J., Chadeyron G., Rosa E. and Boyer D. 2009.** Int. J. Mol. Sci., 10, 4088.
- Hubell, J.H., Seltzer, S.M., 1995.** Tables of X-ray mass- attenuation coefficients 1 keV to 20 MeV for elements Z = 1–92 and 48 additional substances of dosimetric interest. NISTIR 5632.
- Jing, L., Wang G., Duan Y. and Jiang Y. 2009.** Synthesis and Electromagnetic Characteristics of the Flake-shaped Barium Titanate Powder. Journal of Alloys and Compounds, Volume 475, Issues 1–2, 862–868.
- Kerur, B. R., Thonturadya, S. R. and Hanumaiah B., 1991.** A novel method for the determination of x-ray mass attenuation coefficients. Appl. Radiat. Isot.. 42, 571- 575.

- Kerur, B. R., Thonturadya, S. R. and Hanumaiah B., 1992.** Effect of the Photon Intensity Selected at Various Positions Under the Photopeak on the Mass Attenuation Coefficient of X-Rays X-Ray Spectrom., 21, 133-136.
- Kerur, B. R., Thonturadya, S. R. and Hanumaiah B., 1993.** Measurement of X-Ray Attenuation Coefficients Around K-Absorption Edges using Fe Ka X-Rays. X-Ray Spectrom., 22, 156-159.
- Kerur, B. R., Thonturadya, S. R. and Hanumaiah B., 1994.** Anomalous x-ray attenuation coefficients around the absorption edges using Mn K( $\alpha$ ) and Cu K( $\alpha$ ) x-rays. Appl. Radiat. Isot., 45, 159-163.
- Kim, P., 2007.** Phosphonic Acid-Modified Barium Titanate Polymer Nanocomposites with High Permittivity and Dielectric Strength, Advanced Materials, 19, 1001-1005.
- Kim, S.S., Jo, S.B., Gueon, K.I., Choi, K.K., Kim, J.M. and Chum, K.S., 1991.** Complex Permeability and Permittivity and Microwave Absorption of Ferrite-Rubber Composite in X-band Frequencies. IEEE Trans. on Mag., 27, 5462-5464.
- Mason, G. R., (1978).** The Application of The Absorption-Edge Technique to Broadened Pionic X-Ray Lines. Nucl. Instrum. Meth., 153, 121.
- Meshram, M.R., Agrawal, N.K., Sinha, B., Misra, P.S., 2004.** Characterization of M-Type Barium Hexagonal Ferrite-Based Wide Band Microwave Absorber, J. Magn. Mater., 271, 207-214.
- Norrish, K and Hutton, J. T., 1969.** Accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. Geochemica et Cosmochimica Acta, 33, 431.
- Ouspeh, P. J., Hoskins, K. D., Bermen, J. I. and Bolander, A., 1982.** Moseley's

law., Am. J. Phys., 50,275.

**Optitz, M.R., Albertsen, K., Beeson, J.J., Hennings, D.F., 2003.** Routbort J.L. and Randall: C.A.J. of the American Ceramic Society, 86, 1879.

**Özkan, O.T., 1990.** Seramik I-II Lisans Ders Notları, İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Metalurji Mühendislik Bölümü, Sakarya, Türkiye.

**Pant, H.C., Patra, M.K., Verma, A., Vadera, S.R., ve Kumar, N., 2006.** Study of the Dielectric Properties of Barium Titanate-Polymer Composites. Acta Materialia, 54, 3163-3169.

**Parthasaradhi, K., Esposito, A., Molibio, S. and Pelliccioni, M., 1988.** Photon cross sections near the X-ray absorption edges of Ti, Ni, Pt, and Au, Phys. Rev. A, 38, 1608.

**Polat, R., 2002.** EDXRF Tekniği Kullanılarak Bazı Elementlerin K Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörleri Ve Sıçrama Oranlarının Tayini, Doktora Tezi. Atatürk Üni. Fen Bil. Enst., Erzurum (Yayımlanmamış).

**Roy, B., Chatterjee. K., Roy, Sc.. Bhattacharya, N., Choudhury, N., 1997.** Photoelectric cross-sections derived from measured total attenuation coefficient of photons near absorption edges of heavier atoms. Appl. Radiat. Isot., 48, 785-788.

**Saloman, E. B., Hubbel, J.H., and Scofield, J.H., 1988.** Atomic data nuclear data tables, 38, 1-197.

**Sipahioğlu, S., 2012.** BaTiO<sub>3</sub>/pani kompozitlerini yapısal ve dielektrik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İSTANBUL, Türkiye.

**Sonoda, K., 2010.** Modification of the Dielectric Properties of 0-3 Ceramic- Polymer

Composites by Introducing Surface Active Agents onto the Ceramic Filler Surface. Composite Structures, 92, 1052-1058.

**Soykan, H., 2009.** Seramik Malzemeler Ders Notları. Kocaeli Üniversitesi ,Metalurji Malzeme Mühendislik Bölümü,Kocaeli,;Türkiye.

**Williams, K. L., 1987.** An Introduction to X-Ray Spectrometry: X-ray fluorescence and electron microprobe analysis, Allen and Unwin, London.

**Van Vlack, L.H., 1989.** Elements Of Materials Science and Engineering. The University of Michigan, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 380.

**Yang, C.C., Gung Y.J., Shih C.C., Hung W.C. and Wu K.H., 2010.** Infrared and Microwave Absorbing Properties of BaTiO<sub>3</sub>/Polyaniline and BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>/Polyaniline Composites. Composites Science and Technology, 70, 466-471.

**Yılmaz, E., 2012.** Bazı inşaat malzemelerinde Gama ışını soğurma katsayısı ve nötron soğurma tesir kesitinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, RİZE, Türkiye.

**Z. M., Dang Y. Q., Lin H. P., Xu Shi C. Y., Li S. T. and Bai J., 2008.** Fabrication and Dielectric Characterization of Advanced BaTiO<sub>3</sub>/Polyimide Nanocomposite Film with High Thermal Stability. Advanced Functional Materials, Volume 18, Issue 10, 1509–1517.

**URL- 1, 2016 .** <http://www.physics.nist.gov/cgi-bin/Xcom/xcom2> (26 Ağustos 2016 ).

## ÖZGEÇMİŞ

Saynur Kurtuluş 03.09.1989 tarihinde Rize’de doğdu. İlköğretimini Hasan Sağır İlköğretim Okulu’nda ve Hasan Sağır Lisesi’nde tamamladı. 07.09.2009 tarihinde başladığı lisans eğitimini 18.07.2013 tarihinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’nde tamamladı. 2014 yılında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Bölümü’nde başladığı yüksek lisans öğrenimini halen devam ettirmektedir.

