

**İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOR KATKILI KEMİK ÇİMENTOSU ÜRETİMİ**



**Yüksek lisans Tezi**

**Müşerref CAKA**

**Biyokompozit Mühendisliği ADB**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Özgür SEYDİBEYOĞLU**

**EKİM 2017**



**İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOR KATKILI KEMİK ÇİMENTOSU ÜRETİMİ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Müşerref CAKA  
Y140102001**

**Biyokompozit Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Özgür SEYDİBEYOĞLU**

**EKİM 2017**



**Müşerref CAKA, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Y140102001** numaralı yüksek lisans öğrencisi, ilgili mevzuatta belirtilen şartları yerine getirerek hazırladığı "**Bor Katkılı Kemik Çimentosu Üretimi**" tezini, imzaları aşağıda olan jüri önünde başarıyla savundu.

**Y140102001**

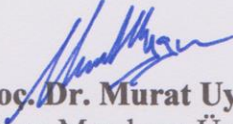
**Tez danışmanı ;Doç.Dr. Mehmet Özgür SEYDİBEYOĞLU**  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi



**Jüri üyeleri ;Yrd. Doç. Dr. Şadiye Emel Sokullu**  
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



**Jüri üyeleri ;Doç. Dr. Murat Uygun**  
Adnan Menderes Üniversitesi



**Teslim Tarihi : 13.09.17**  
**Savunma Tarihi :05.10.17**





*Aileme,*



## ÖNSÖZ

Özellikle tez danışmanım Doç.Dr. Mehmet Özgür Seydibeyoğlu'nabana her zaman iyimser davrandığı için vetüm sorularımı sabırla yanıtladığı ve takıldığım her problemde yol gösterip bana yardımcı olmak adına değerli zamanını harcamaktan hiç çekinmediği için çok teşekkür ediyorum.Mikrobiyolojik deneylerimi gerçekleştirmem için bana laboratuvarını açan ve destek olan Prof.Dr. Ataç Uzel'e, Termal görüntüleme için kamerasını kullandığım Yrd.Doç.Dr. Mustafa Erol'a, hücre labratuvarını kullandığım Yrd.Doç.Dr. Emel Sokullu'ya, ihtiyaç duyduğumda İstanbul'dan gerekli sarf malzemeyi yollayan Prof.Dr.Seyhun Solakoğlu'na teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımdayanımda olan bana destek olan laboratuvar arkadaşlarım Metehan Atagür, Fulya Ersoy,Ecem Akın, Sibel Demiroğlu ve Saadet Güler'e teşekkür ederim.

Motivasyonum düşükken kendimi zorlamaya teşvik eden ve kayb olduğumda tavsiyeler vererek bana yol gösteren, her ihtiyaç duyduğumda yanımda olan Emir Özçalışkan'a teşekkür ediyorum.Annem, babam ve kardeşime hayatım boyunca bana inandıkları ve kendi yolumda ilerlerken her zaman destek oldukları için sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak da Tezimi Yüksek lisans Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) olarak destekleyen İzmir Katip Çelebi Üniversitesi'ne ve 2210-C Öncelikli alan bursu ile destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'naayrıca İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisine ve Patent uzmanı Ayşegül Nalbantoğlu'na teşekkür ederim

Ekim 2017

Müşerref CAKA

(Biyokimyager)

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
KISALTMALAR.....	vii
ÇİZELGELER DİZİN LİSTESİ .....	viii
ŞEKİLLER .....	ix
ÖZET .....	xii
SUMMARY.....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Biyomalzemeler .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Bor .....</b>	<b>6</b>
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Materyal .....</b>	<b>10</b>
3.1.1. Kemik Çimentosu.....	10
3.1.2. Bor Türevleri .....	10
<b>3.2. Yöntem .....</b>	<b>11</b>
3.2.1. Kemik Çimentosu Ve Bor Türevlerinin Karıştırılması .....	11
<b>3.3. Karakterizasyon Ve Analiz .....</b>	<b>11</b>
3.3.1. Polimerizasyon Sıcaklığının İzlenmesi .....	11
3.3.2. Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre analizi.....	11
3.3.3. Temas Açısı (Contact Angle).....	12
3.3.4. Çekme Testi.....	12
3.3.5. Dinamik Mekanik Analizi .....	12
3.3.6. Termal Gravimetrik Analiz.....	12
3.3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu .....	13
3.3.8. Antibakteriyel Analiz .....	13
<b>3. SONUÇ VE TARTIŞMA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Polimerizasyon Sıcaklığı.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. FTIR Analizi .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Temas Açısı Ölçümü .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4. Çekme Testi .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5. TGA Analizi .....</b>	<b>25</b>
<b>3.6. DMA Analizi .....</b>	<b>26</b>
<b>3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi .....</b>	<b>28</b>
<b>3.8. Antimikrobiyal Analiz .....</b>	<b>30</b>
<b>3.9. Tartışma .....</b>	<b>32</b>
<b>4. KAYNAKÇA .....</b>	<b>35</b>

## **KISALTMALAR**

FTIR	:Fourier Transform Infrared (Kızılötesi) Spektroskopisi
SEM	:Taramalı elektron mikroskobu(Scanning Electron Microscopy)
DMA	:Dinamik Mekanik Analiz
TGA	:Termal Gravimetrik Analiz
BA	:Borik asit
ÇB	:Çinkoborat
ASTM	:American Society for Testing Materials



## ÇİZELGELER DİZİN LİSTESİ

Çizelge 1. 1: Dünyadaki Bor Rezerleri-2012 ETİ Maden Raporu (1).....	7
Çizelge 3. 1 : Temas Açısı Sonuçları.....	21
Çizelge 3. 2: TGA Analiz Sonuçları.....	25
Çizelge 3. 3: Antimikrobiyal Test Sonuçları .....	31



## ŞEKİLLER

Şekil 1. 1: Kalça Kemiği İmplant Bağlantısı (3).....	1
Şekil 1. 2: İmplant-Kemik Arasına Kenik Çimentosu Uygulaması (6).....	2
Şekil 1. 3: Kalp Piliinde Kullanılan Biyouyumlu Malzemeler (9).....	3
Şekil 1. 4: Kemik Çimentosu Uygulaması (14).....	4
Şekil 1. 5: Kemik Çimentosu İle Kemiğin İçinin Doldurulması.....	4
Şekil 1. 6: Poli(MMA) Kimyasal Formülü.....	5
Şekil 1. 7: Türkiye'nin Bor Rezervleri(22).....	6
Şekil 1. 8: Borik Asit (26).....	8
Şekil 2. 1 : Kemik Çimentosu Kutu İçeriği (35).....	10
Şekil 2. 2: FTIR Cihazı.....	11
Şekil 2. 3: Çekme Testi Numune Şekli.....	12
Şekil 2. 4: SEM Cihazı.....	13
Şekil 2. 5: JIS Z 2801 Standardı [Graphics By Dr Murray Height].....	14
Şekil 2. 6: Mikrobiyolojik Test Aşamaları.....	15
Şekil 3. 1 : Katkısız Numune Polimerizasyon Süreci.....	16
Şekil 3. 2: Çinkoborat Katkılı Polimerizasyon Süreci.....	16
Şekil 3. 3: Üleksit Katkılı Polimerizasyon Süreci.....	17
Şekil 3. 4: Borikasit Katkılı Polimerizasyon Süreci.....	17
Şekil 3. 5: Katkısız Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı.....	18
Şekil 3. 6: BA Katkılı Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı.....	18
Şekil 3. 7: ÇB Katkılı Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı.....	18
Şekil 3. 8 : Katkısız Numune Maximum Sıcaklığı.....	19
Şekil 3. 9: BA Katkılı Numune Maximum Sıcaklığı.....	19
Şekil 3. 10: ÇB Katkılı Numune Maximum Sıcaklığı.....	19
Şekil 3. 11: FTIR Sonuçları.....	20
Şekil 3. 12: Toplu FTIR Sonuçları.....	20
Şekil 3. 13: FTIR Fonksiyonel Grup Dalga Boyu (38).....	21
Şekil 3. 14: Katkısız Numune.....	22
Şekil 3. 15 : %1 ÇB.....	22
Şekil 3. 16: %5 Çb.....	22
Şekil 3. 17: %10 Çb.....	22
Şekil 3. 18: %20 Çb.....	22
Şekil 3. 19: %1.....	22
Şekil 3. 20: %5 Ba.....	22
Şekil 3. 21: %10 Ba.....	22
Şekil 3. 22: %20 BA.....	22
Şekil 3. 23: Çekme Testi Sonuçları.....	24
Şekil 3. 24: TGA Anlizi.....	25
Şekil 3. 25: Depolama Modülü-Sıcaklık Grafiği.....	26
Şekil 3. 26: Kayıp Modülü-Sıcaklık Grafiği.....	26
Şekil 3. 27: Tan $\Delta$ -Sıcaklık Grafiği.....	27
Şekil 3. 28: Katkısız.....	28

<b>Şekil 3. 29:</b> %1 Ba .....	28
<b>Şekil 3. 30:</b> %5 Ba .....	28
<b>Şekil 3. 31:</b> %10 Ba .....	28
<b>Şekil 3. 32:</b> %20 Ba.....	28
<b>Şekil 3. 33:</b> %1 Çb .....	29
<b>Şekil 3. 34:</b> %5 Çb .....	29
<b>Şekil 3. 35:</b> %10 Çb .....	29
<b>Şekil 3. 36:</b> %20 Çb .....	29





## BOR KATKILI KEMİK ÇİMENTOSU ÜRETİMİ

### ÖZET

Bor, yumuşak doku iyileşmesine yardımcı olan, osteoblastik etkileriyle kemik iyileşmesine yardımcı olan, osteoentegrasyonu arttıran, antibakteriyel etkinliği artıran, osteoartriti engelleyen ve artan termal stabilite sağlayan bir elementtir.

Kemik çimentosu yaygın olarak kullanılan tıbbi malzemelerden biridir. Genellikle protez endüstrisinde kullanılır, ancak tümör cerrahisi ve vertebra kırığında da kullanılır. Kemik çimentosu genellikle akrilik esaslı polimerlerden yapılır. Kemik çimentosunun iki ana bileşeni vardır; biri monomer, diğeri polimer fazıdır.

Bu araştırma ile ticari kemik çimentosuna kıyasla daha iyi kemik çimentosu elde etmek amaçlanmıştır. Bor minerallerinin osteointegrasyon, protez yapışma etkisi ve kırık iyileşmesine etki, osteoblastik etki ve anti bakteriyel özellikleri bilinmektedir. Ameliyat sırasında başlıca problemlerden biri, ekzotermik reaksiyonlarına bağlı olarak kemik çimentosunun kürleşme anında sıcaklığının yükselmesidir ve bu durum, nekroza neden olan dokuya ve hatta kemiğe bile zarar verir. Bor minerallerinin medikal alanda kullanımının artması borun değerini artırır. Bu tez ile, kemik çimentosunun özelliklerinin iyileştirilmesi ve aynı zamanda bor mineralleri için yeni uygulama alanları bulmak hedeflendi.

Bu çalışmada ticari polimetilmetakrilat kemik çimentosu bor ile karıştırıldı ve polimerizasyon sonucu kemik çimentosu elde edildi. Özelliklerini optimize etmek için farklı konsantrasyonlar ve farklı bor mineralleri kullanıldı. Polimerizasyon sırasındaki sıcaklık değişimi lazer termometre ve termal kamera kullanılarak izlendi ve kürleşme sıcaklık değeri 87°C'den 56°C'ye düşürüldü. Ayrıca elde edilen kemik çimentosu, termal analiz, infrared analiz, su temas açısı ve dinamik mekanik analiz ile karakterize edildi. Çekme testi ASTM F451-99a'ya göre yapıldı. Bor katkısının mekanik özelliklere olumsuz bir etkisi olmadığı görüldü. Mikrobiyolojik test yapılarak antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edildi.

## **BORON-ADDED BONE CEMENT PRODUCTION**

### **SUMMARY**

Boron helps to improve the soft tissue healing, helps to bone healing due to osteoblastic effects, increases the osteointegration, to increase antibacterial efficiency, prevents orthoarthris and provide increased thermal stability.

Bone cement is one of the commonly used medical materials. It is generally used in prosthesis industry but it is also used tumour surgery and vertebra fracture. Bone cement is generally made of acrylic based polymers. Bone cement has two main components, one being monomer and the other phase is the polymer phase.

With this research, it is aimed to obtain better bone cement compared to commercial bone cement. With the addition of boron minerals and boron derivatives, it is expected to improve osteointegration, adhesion prosthesis and improved fracture healing via osteoblastic effect, microbial properties, and thermal stability. During a surgary, one of the main problems is the heat evoluiton of bone cement due to exothermic reactions of the bone cement and this damages the tissue and the bone of the patient even causing necrose.

The increase of boron minerals increases the value of the boron. With this project, we aim to improve the bone but also at the same time to find new application areas for boron minerals.

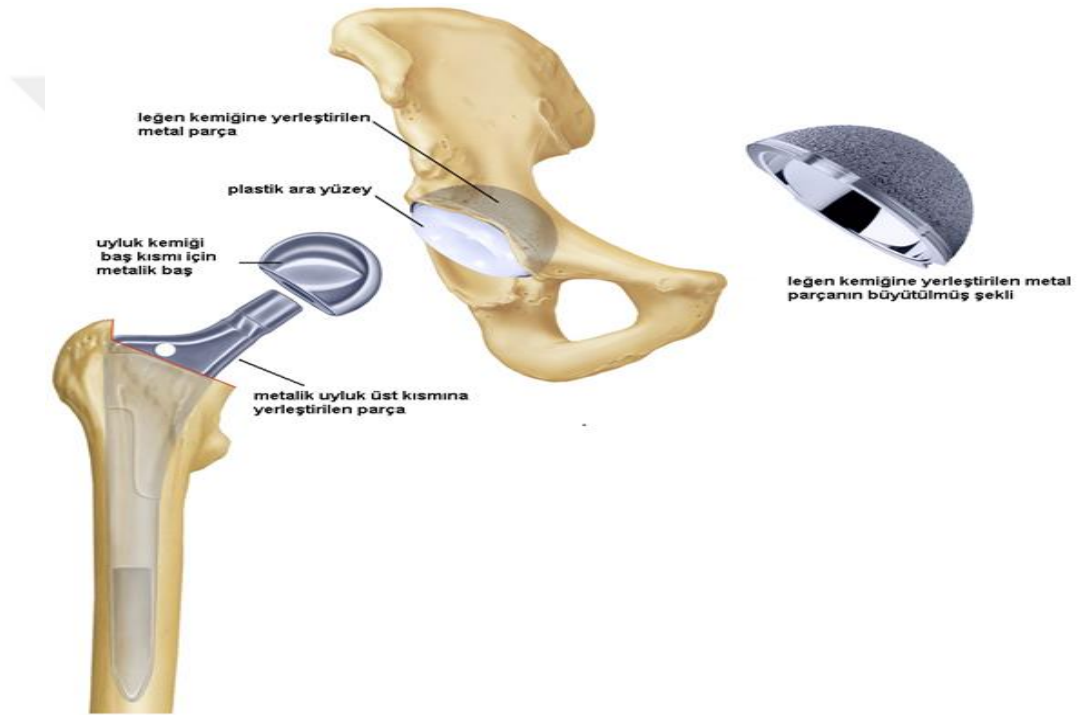
In this study, commercial polymethylmethacrylate bone cement mixed with boron and the radical polymerization took place to manufacture the bone cement. Different concentrations and different boron minerals utilized to optimize the performance. The temperature change during the polymerization monitored using laser thermometer and thermal camera. Furthermore, the bone cement that obtained, characterized with thermal analysis (thermogravimetric analysis), infrared analysis, water contact angle and dynamic mechanical analysis. The tensile test carried according to ASTM F451-99a. Afterwards, microbiological tests showed that the materials have a certain antibacterial effect



# 1. GİRİŞ

## 1.1. Biyomalzemeler

Doku ya da organların işlevlerini yerine getirmek veya desteklemek amacıyla kullanılan malzemelere ortopedik malzemeler denir ve ortopedik malzemeler genel olarak biyomalzemeler olarak tanınmaktadır(2). Biyomalzemeler protez ve implant olarak kullanılmalarının yanısıra ekstrakorporeal cihazlarda, teşhis kitlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de kalça kemiğinde kullanılan implant görülmektedir.

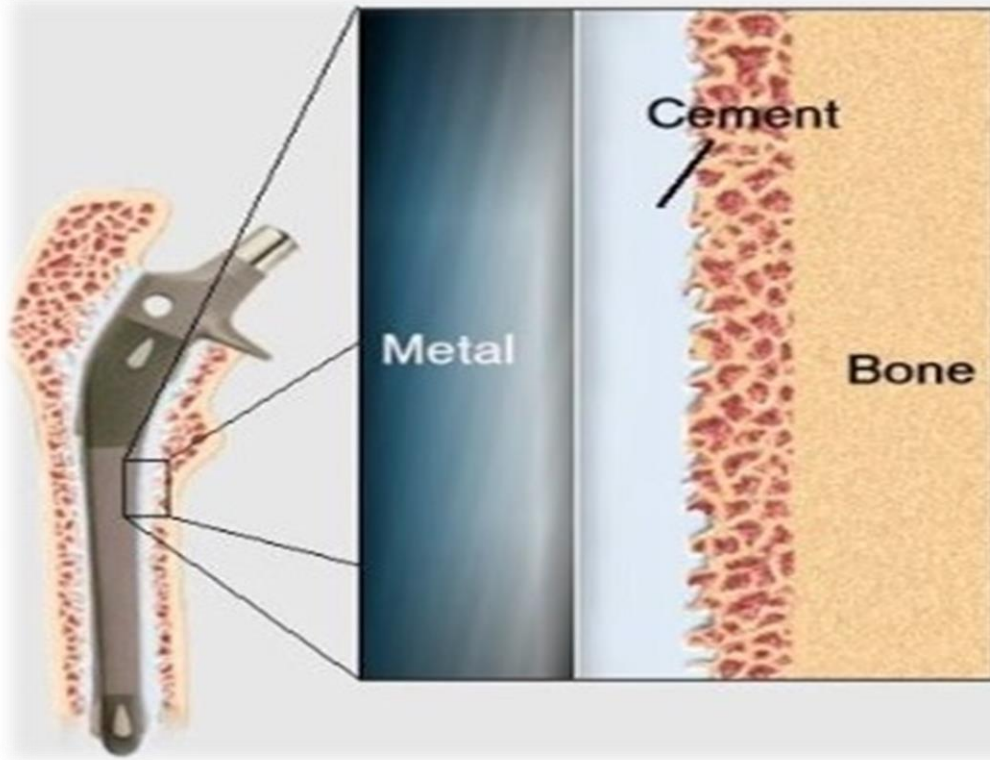


**Şekil 1. 1:** Kalça Kemiği İmplant Bağlantısı (3).

Biyomalzemelerde en önemli özellik biyoyumluluktur(4). Bu malzemeler sürekli veya zaman zaman vücut sıvıları ile temas kurarlar. Biyoyumlu malzemelerin gün geçtikçe uygulama alanının artmasıyla önemi de artmaktadır ve organ doku işlevinin sağlanması ya da desteklenmesi amacıyla kullanılmaktadır(5). Malzeme biyoyumluluğu vücut sistemine uygun, vücutla uyumlu olması, dokuların normal fonksiyonlarını bozmayan ve iltihaplanma oluşturmeyen malzemeler için tanımlayıcı bir terim olarak kullanılır.

Biyoyumluluk kelimesi bir malzemenin vücut ile uyuşması anlamına gelmektedir ve bu malzemeler dokuda istenmeyen tepkimeleri oluşturmazlar(4). Kullanılmakta olan

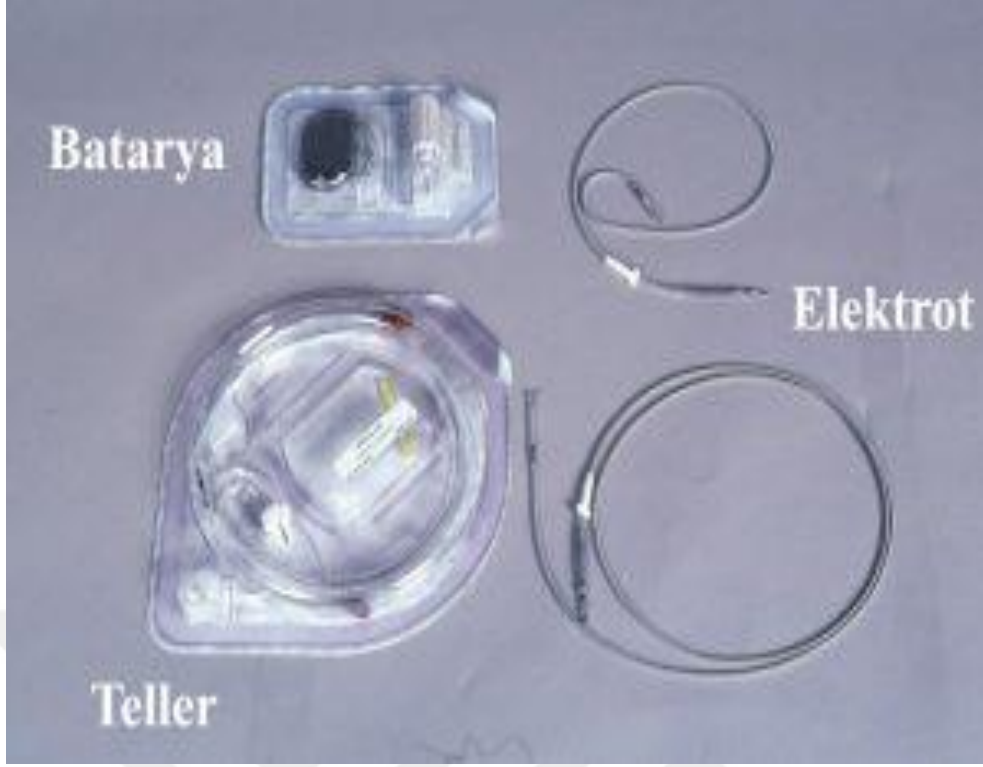
yüksek biyouyumlu biyomalzemeler; metalik biyomalzemeler, biyoseramikler, polimerik biyomalzemeler ve biyokompozitlerdir. Otuz yıldır onlarca metal, seramik ve polimer vücudun farklı kısımlarında onarım ve yenileme için kullanılmıştır(5). Şekil 1.2’de vücut içerisinde kullanılan metal bir malzemelerin dokuya kemik çimentosu ile sabitlenmesi görülmektedir.



**Şekil 1. 2:** İmplant-Kemik Arasına Kemik Çimentosu Uygulaması (6).

Tıbbi uygulamalarda kullanılacak malzemeleri kabaca yumuşak dokuda kullanılan malzemeler ve sert dokuda kullanılan malzemeler şeklinde sınıflamak mümkündür. Ortopedik protezler ve diş protezleri sert doku sınıfına girer ve bu dokuda kullanılan biyomalzemeler genellikle metal ve seramiklerden oluşmaktadır(7). Medikal sektöründe geniş bir kullanım alanına sahip olan polimerler; Polietilen (PE), poliüretan (PU), politetrafloroetilen (PTFE), poliasetal (PA), polimetilmetakrilat (PMMA), polietilenteraftalat (PET), silikon kauçuk (SR), polisülfon (PS), polilaktik asit (PLA) ve poliglikolik asit (PGA)’dır(8).

Tıbbi uygulamalarda kullanılan malzemeler çok çeşitlidir, şekil 1.3’te kalp pili görülmekte ve kalp pilinin kısımlarının farklı biyouyumlu malzemelerden oluştuğu görülmektedir.

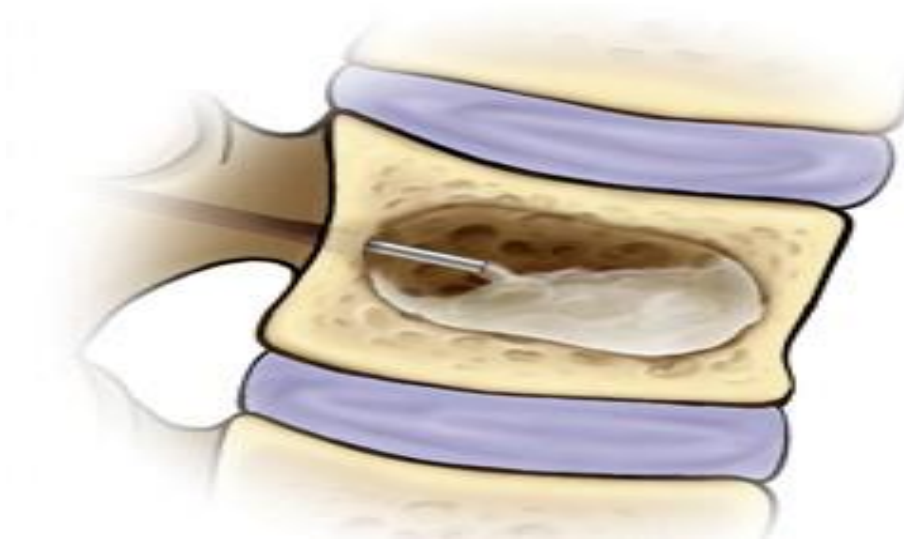


Şekil 1. 3: Kalp Pili için Kullanılan Biyoyumlu Malzemeler (9).

İmplant-kemik tutunması pek çok etmene bağlı olabilir ve bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

- cerrahi tekniğe,
- kemik yapısına,
- implantın şekline,
- malzemelerin özelliklerine,
- aşınmaya karşı direncine,
- kemik-implant arasındaki biyolojik uyuma bağlıdır(7).

Ayrıca implantın biyoyumluluğu (ıslanabilirlik-kayganlık ve korozyon direnci), implantın şekli, yüzey özellikleri, cerrahi teknik ve sonradan meydana gelen yüklenmeler kemikle implant bütünleşmesini etkileyen etmenlerdir(10).



**Şekil 1. 4:**Kemik Çimentosu Uygulaması (14).

Kemik çimentosu denince akla gelen ‘akrilik kemik çimentosu’ dur (11). İlk olarak diş hekimliğinde kullanılan kemikçimentosu 1960’larda Charnley kalça protezi ameliyatında kullanılmıştır (12). Şekil1.4’te kemik çimentosunun kemikte oluşan boşlukları doldurma amacı ile kullanıldığı görülmektedir.

Metilmetakrilat polimerizasyonu sonucunda kemik çimentosu oluşur. Çimento kemik ve implant arasındaki boşlukları doldurmaya yarar. Çimentonun en önemli özelliği implantı hemen sabit duruma getirip sağlamlaştırmasıdır (13). Viskoelastik bir polimer olan polimetilmetakrilat (PMMA) proteze ulaşan yüklerin kemiğe aktarımını sağlar ve bu aşamada kullanılan çimentonun hem proteze binen yükü iyi protez tutunması ile eşit miktarda taşıması hem de osteointegrasyon ile kemiğe iyi tutunması beklenmektedir.

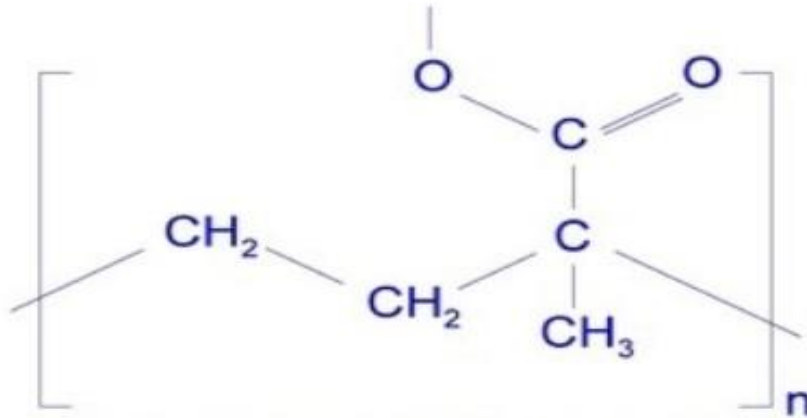


**Şekil 1. 5:**Kemik Çimentosu İle Kemiğin İçinin Doldurulması.

Kemik çimentosu ortopedi ve travmatolojide yaygın olarak kullanılan bir üründür(15). Buyaygın kullanım alanları olarak bütün eklem protezleri ayrıca eklem ve kemik rekonstrüksiyonları, kırık sabitlemesi ve kemik erimesine bağlı omur kırıklarının tedavisi yer almaktadır. Şekil 1.5'te kemik çimentosunun kafatasına uygulanması görülmektedir.

Piyasada bulunan kemik çimentolarında monomer (sıvı faz) ve polimerden (katı faz) oluşan iki ana bileşen vardır. Katı: sıvı oranı genellikle 2:1 şeklindedir. Sıvı kısmın içeriği şekil 1.6'da kimyasal formülü görülmekte olan metilmetakrilat (MMA) monomeridir. İki fazın karıştırılmasıyla birlikte yapışkan, kıvamlı bir yapı oluşur. Oluşan bu kıvamlı yapıda monomerler radikal polimerizasyonu ile polimerleşir(16).

Farklı özellikteki maddelerin farklı kombinasyon ve farklı oranlarda kullanılması ile farklı özellik ve çeşitte kemik çimentosu ürünleri oluşturulmaktadır(17).



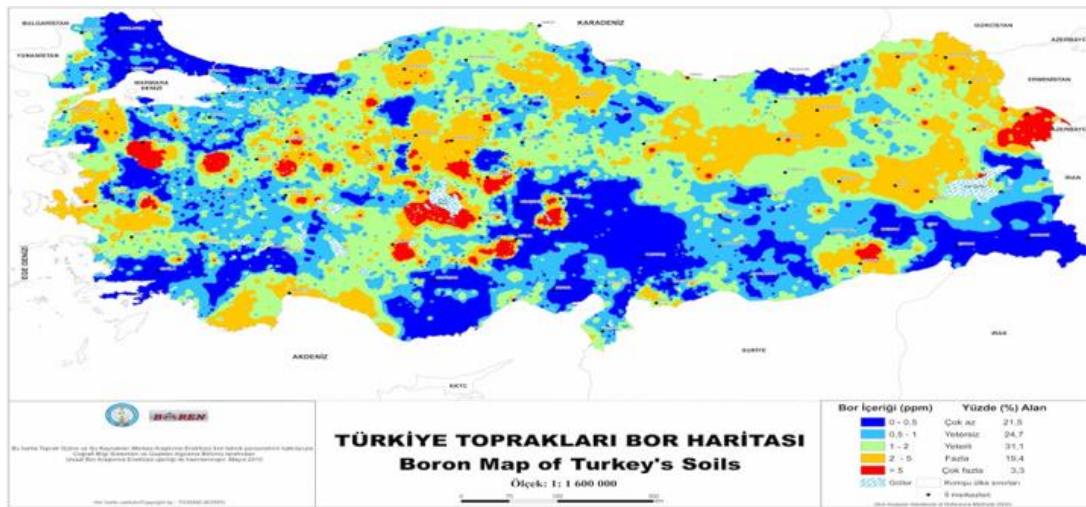
**Şekil 1. 6:**Poli(MMA) Kimyasal Formülü

Düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç farklı viskozitede kemik çimentosu mevcuttur. Yüksek ısı; nekroz, fibröz doku oluşumuna ve lokal dolaşımın bozulmasına yol açabilir ayrıca polimerizasyonun tamamlanmamış olması kimyasal nekroza yol açabilir(15). Yapılan bir çalışmada kemik çimento kompozisyonlarına %10 oranında hidroksiapatit (HA) eklenmesinin kemik çimentosunu sertleştirirken etrafa verdiği ısıyı azaltmak ve dayanıklılığını artırmak için kullanılmıştır(18). Bazı çalışmalarda ise kemik çimentosuna antibiyotik katılmıştır. Kullanılan antibiyotik ısıya dayanıklı olmalıdır ve kullanılan antibiyotik metisilin dirençli suşlara duyarlı olması tercih sebebidir. Fakat katılan antibiyotik çimento mekanik dayanımını azaltmıştır.

## 1.2. Bor

Bor çok geniş bir alanda kullanılan bir madde olmasının yanı sıra, dünyanın en büyük bor rezervlerinin Türkiye'de bulunması açısından da büyük önem taşımaktadır ve temizlik maddelerinden uzay teknolojisine kadar geniş kullanım alanına sahiptir. İleri teknoloji gerektiren endüstriyel alanlarda borun kullanımının artması, borun hammadde olarak kullanılmasını ve değerini arttırmaktadır (19).

Bor ve türevleri uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. 4000 yıl önce, Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal ederek altın işlemlerinde kullandılar. Mısırlıların boraksı boru, ilaç ve mumyalama, metalurjik uygulamalar için kullandıkları bilinmektedir. Boraksın ilk kaynağı Tibet Gölünden geliyor. Eski Yunanlılar ve Romalılar boraksı bir temizlik maddesi olarak kullandılar. Bor tarihine bakılınca, bor tuzlarının 4 bin yıl önce ilk kez Tibet'te kullanıldığı, Mısırlılarda mumyalamada, Eski Yunan ve Romalılarda zemine serpilerek arena temizliğinde, Babiller tarafından değerli eşyaların ergitilmesinde kullanıldığı bilinmektedir. İlk kez bor tuzlarından ilaç Araplar tarafından 875 yılında yapılmıştır. Modern Bor Endüstrisi, 13. yy' da Marco Polo tarafından Tibet' ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlamıştır (20) 1830 yılında İtalya'da borik asit üretimi başlamıştır. 1852' de Şili' de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği başlamıştır. Daha sonra, Nevada, California, Caliko Moutain ve Kramer yöresindeki yatakların işletilmeye alınmasıyla ABD dünya bor gereksinimini karşılayan birinci ülke haline gelmiştir(21).



Şekil 1. 7: Türkiye'nin Bor Rezervleri(22)

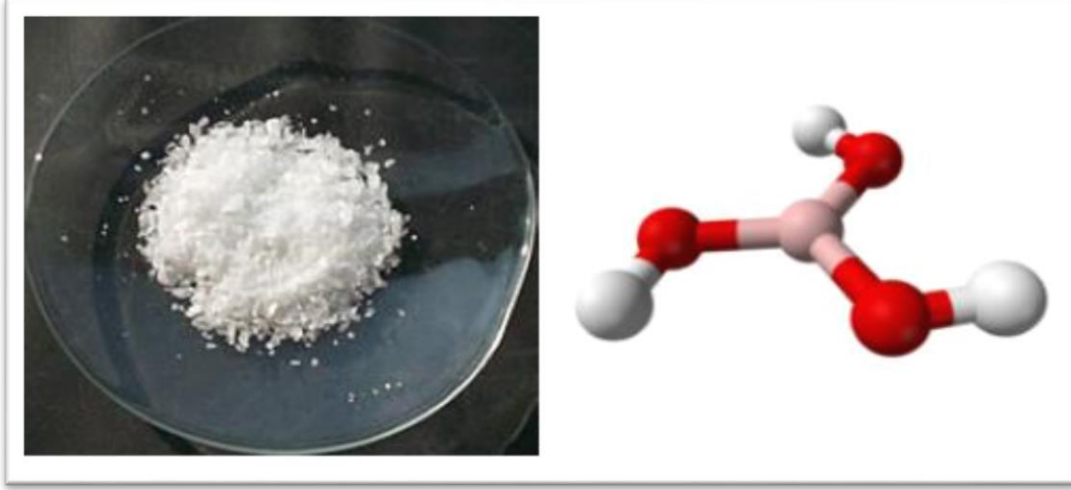
Bor bileşikleri binlerce yıldır bilinmesine rağmen, elemental bor 1808 yılında Sir Humphry ve Gay Lussac tarafından keşfedildi.

Bor önemli bir endüstriyel hammaddedir. Şekil 1.7'de gözüktüğü üzere Balıkesir, Bursa, Eskişehir ve Kütahya illerinde dünyadaki en büyük rezerv olarak dağılmış bor yatakları oluşturmaktadır. Toplam dünya bor rezervinin tahmini 1.2 milyar tondur ve çizelge 1.1'de görüldüğü üzere toplam rezervlerin% 72 si Türkiye'de bulunmaktadır. Buna karşılık hem üretim hem de ekonomik temelin payı Türkiye'de rezervlerle orantılı değildir. Bu nedenle, Türkiye bor mineralini stratejik cevher ilan etmiştir (www.boren.gov.tr).

Ülkeler	Toplam Rezervler [1000 ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ]	Dağılım [%]
Türkiye	864,500	72
Rusya	100,000	8
Amerika	80,000	7
Çin	47,000	4
Şili	41,000	3
Peru	22,000	2

**Çizelge 1. 1:**Dünyadaki Bor Rezerleri-2012 ETİ Maden Raporu (1)

Bor mineralleri farklı oranlarda boroksit [B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] içeren minerallerdir. Ülkemizde yaygın olarak bulunan bor mineralleri tinkal, kolemanit ve üleksittir(23).Üleksit, bor bileşiklerinin üretiminde kullanılan en önemli bor mineralidir. Bor mineralleri arasında üleksit minerali, Türkiye'nin en bol ve en yaygın olanıdır. Üleksit kimyasal formülü karmaşık bir yapıya sahip Na<sub>2</sub>O.2CaO.5B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.16H<sub>2</sub>O olup sodyum-kalsiyum borat türüdür. Ticari olarak en çok kullanılan bor bileşikleri ise bor oksit ,borik asit ve sodyum perborattır. Üleksit, bu bileşiklerin üretiminde ana hammadde biridir (24). Kolemanit kimyasal formülü 2CaO.3B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O'dır ve en yaygın monoklinik kristalin bor mineralidir. Dünyada bilinen en büyük cevheri Türkiye'dedir.Kolemanit cevheri borik asit [H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>] ve cam elyaf üretiminde kullanılır. Kolemanit cevheri önemli ölçüde kil minerallerini içerir, stronsiyum borat ayrıca kalsit gibi diğer mineralleri de içerir (25).



**Şekil 1. 8:**Borik Asit (26)

Uygulama alanları; cam, seramik, nükleer, elektrik ve elektronik ve bilgisayar sanayii; iletişim araçları, inşaat-çimento, metalurji ve enerji sektörleri, otomobil endüstrisi, tekstil endüstrisi, kimya, temizlik ve beyazlatma endüstrisi, tarım sektörü, kağıt endüstrisi, fotoğrafçılık, kompozit malzemeler ve spor malzemeleri üretimi, manyetik cihazlar ve mumyumlaştırma kimyasalları şeklinde sıralanabilir (27). Buna ek olarak, ilaç ve kozmetik endüstrisi (dezenfektanlar, antiseptikler ve diş macunu üretimi) ve tıpta borun kullanım alanları arasında vardır. Osteoporoz, alerjik bozukluklar, psikiyatrik bozukluklar, artrit ve menopoz tedavisi, enfeksiyöz hastalığın tedavisinde, tanı ve tedavisinde intrakranyal tümörlerin teşhisinde multiple miyelom oluşur(27).

Borun antimikrobiyal özelliklerine yönelik araştırmada, bor içeren ilk biyomolekül boromisin adı verilen ve streptomycetes üzerinde etkili olan bir çeşit antibiyotiktir. Boromisin, gram [+] bakterilere, bazı mantarlara ve protozoaya karşı etkilidir ancak gram [-] bakterilere karşı etkisizdir. Borik asit esteri klinikte kullanılan antibiyotiklerle karşılaştırılabilir düzeydedir bunlar; eritromisin, gentamisin ve streptomisin olarak bildirilmiştir (28).

Bor, periodontoloji alanında da antibakteriyel özelliği ve kemik-bağışıklık yanıtı üzerinde bilinen etkileri ile araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Genel tıpta, borik asit bileşiğinin antibakteriyel ve antiinflamatuar etkisi bildirilmiştir (29).

Borik asit esterlerinin mikroorganizmaların enzimini inhibe ettiği gösterilmiştir ve gram [-] bakterilerde DNA metil transferaz ve menekokin metiltransferaz, HIV-1

proteaz, glikohidrozo ve gram [+] bakterilerde ADP-ribosiltransferaza ait NAD oluşumları birincil örneklerdir(28)((30)(31).

Borik asit bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde ve lokal alternatif antimikrobik ajanlarda önerilir. Borik asidin etkinliğinin aynı zamanda farklı stafilokok bakterileri de içerdiği bilinmektedir(32).

Bakteriler aynı zamanda enfeksiyonlar, hastalıklar ve koku gibi sağlıkla ilgili sorunlara, ayrıca tekstil ürünlerinin bozulmasına ve lekelenmesine neden olabilir. Pamuk gibi doğal elyaflar gözenekli ve hidrofilik yapıları nedeniyle mikroorganizma kaynaklı problemlere sentetik liflerden ziyade dayanıklıdır. Öte yandan, insan vücudu, kendisine doğrudan temas eden giysilerdeki bakterilere ısı, nem ve besin sağlar. Böylece mükemmel bir çevre ve bakteri üremesi için uygun koşullar sağlanır. Bu alandaki uygulamalar da çok eskidir çünkü tekstil ürünlerindeki mikroorganizmaların zararlıları eskiden beri bilinmektedir. Mısırlılar saran kumaşları korumak için Mısırlılar tarafından kullanılan inorganik tuzlar, baharatlar ve otlar bu konuda en eski uygulamalardan biridir (33).

Tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılan antimikrobiyotik maddeler, triklosan, kuaterner amonyum tuzları, polibiguanid, N-Halaminler, kitosan, metal ve metal oksitler olarak sıralanmaktadır. Son yıllarda tekstil endüstrisinde kullanılan birçok antimikrobiyal malzeme geliştirilmiştir. Bu materyallerin kimyasal yapılarına, çalışma mekanizmalarına, insanlara ve çevreye etkileri, uyguladıkları ürünlere yapışma özellikleri, çeşitli dış etkenlere karşı direnci, fiyatları ve mikroorganizmalar ile olan etkileşimlerine göre birçok farklılıkları vardır (34).

Gelişmiş toplumlarda, insan-çevre dostu antimikrobiyal malzeme ihtiyacı giderek artan ihtiyaçlardan ve bu da kompozit teknolojilerin geliştirilmesinin nedenlerinden biridir. Sonuç olarak, doğal mineral olan borun kullanılması sağlanmıştır. Bu partiküllerin malzemenin yapısına birleştirilmesiyle daha kalıcı antimikrobiyal etkinlik gösteren materyalleri üretmek, daha ilginç araştırma konularından biri haline gelmektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Kemik Çimentosu

Çalışmada Şekil 2.1'deki kutu içeriği görüldüğü gibi AF Cement-1 markalı kemik çimentosu kullanılmıştır. Bir paket kemik çimentosu 40gram toz 20 mililitre sıvı kısım içermektedir. Toz kısım;

35,04 gram polimetil metakrilat

0,96 gram benzoil peroksit

4 gram baryum sülfat

Sıvı kısım;

19,76 mililitre metil metakrilat

0,24 mililitre N, N dimetilmetil p-toluidin

18-20 ppmhidrokinon içermektedir.



Şekil 2. 1 :Kemik Çimentosu Kutu İçeriği (35)

#### 2.1.2. Bor Türevleri

Denemelerde bor türevi olarak üleksit, çinkoborat ve borikasit kullanıldı. Üleksit ve borikasit Etimaden işleri genel müdürlüğünden temin edilmiştir. Çinkoborat(TK.030110.01002) Tekkim firmasından temin edilmiştir.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Kemik Çimentosu Ve Bor Türevlerinin Karıştırılması

Kütlece %1,%5,%10 ve %20 olacak şekilde üleksit borikasit ve üleksit içeren örnekler üretildi. Hazır kemik çimentosunun toz kısmına bor katkıları eklendi karıştırıldı ve daha sonra kemik çimentosunun sıvı kısmı eklenip karıştırılarak polimerizasyon gerçekleştirildi.

## 2.3. Karakterizasyon Ve Analiz

### 2.3.1. Polimerizasyon Sıcaklığının İzlenmesi

Kütlece %1,%5,%10 bor katkısı (üleksit, borik asit ve çinkoborat) içeren örnekler üretildi. Lazer termometre ile numunelerin ortalarından 30 saniyede bir ölçüm yapılarak polimerizasyon süreci izlendi. Sonraki denemede kütlece%1,%5,%10 ve %20 bor (çinkoborat ve borikasit) katkılı üretilen numuneler termal kamera ile izlendi polimerizasyon sürecince her dakikada bir görüntü alındı. Kürleşme anında gerçekleşen en yüksek sıcaklık belirlendi.

### 2.3.2. Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre analizi

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünde bulunan şekil 2.2'deki FTIR cihazı (Perkin Elmer BX-II) kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Numuneler ATR-IR modunda  $400-4000\text{ cm}^{-1}$  spektrum aralığında  $2\text{ cm}^{-1}$  çözünürlükte analiz edilmiştir.



Şekil 2. 2:FTIR Cihazı

### 2.3.3. Temas Açısı (Contact Angle)

Temas açısı testi için numuneler yüzeylerinin düz olmasına dikkat edilerek üretilmiştir. Temas açısı ölçümleri İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü Karakterizasyon Laboratuvarı'nda bulunan manual optik tensiometre (Theta Lite) ile oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sıvı saf sudur ve mikropipetle kullanılarak yaklaşık 5 µl hacminde damla elde edilmiştir. Temas açısı ölçümleri en az beş farklı noktada tekrarlanmıştır.

### 2.3.4. Çekme Testi

Çekme dayanımı ve Elastisite modülü sahip Shimadzu marka universal çekme test cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Deneyler 0.1 mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.3'teki gibi standarta uygun numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 2. 3:Çekme Testi Numune Şekli

### 2.3.5. Dinamik Mekanik Analizi

Numuneler İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan Perkin Elmer Instruments DMA Q800 cihazında, oda sıcaklığından 180°C'ye, 3°C/dakika ısıtma hızında 1 Hz frekansta tarama yapılarak incelendi.

### 2.3.6. Termal Gravimetrik Analiz Analizi

Numunelerin TGA analizleri İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü Perkin-Elmer Diamond TG/DTA Analiz 9 cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler 30-480°C sıcaklık aralığında, 10 °C/dakika ısıtmahızında ve azot gazı atmosferinde yapılmıştır.

### 2.3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu

Polimer mikroyapısını gözlemek için İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Merkezi araştırma Laboratuvarında bulunan şekil 2.4'teki taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Numuneler kırılarak kırılma yüzeyleri altın ile kaplanıp SEM görüntüleri alınmıştır.

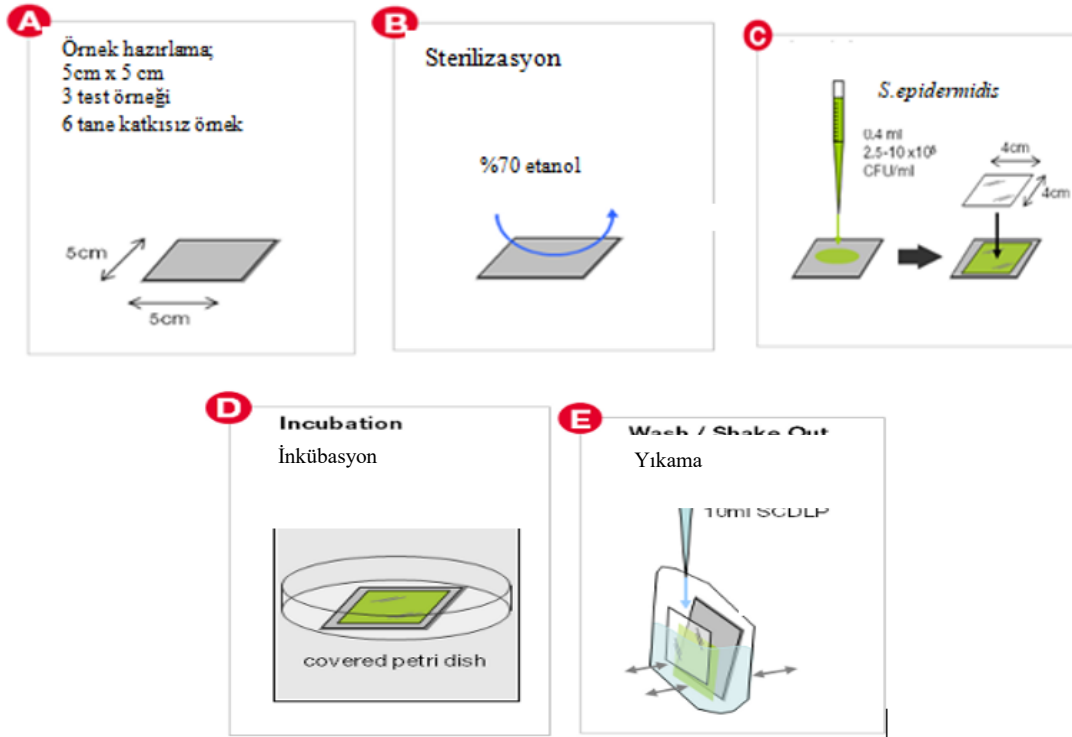


Şekil 2. 4:SEM Cihazı

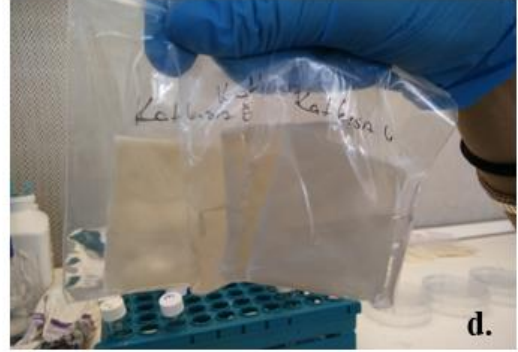
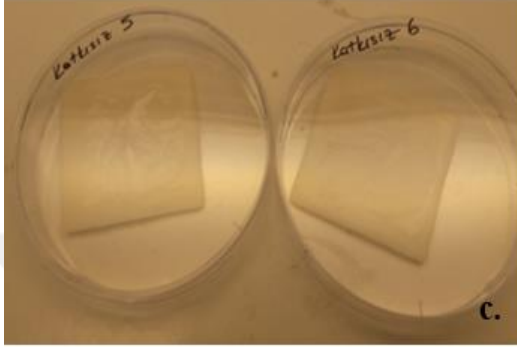
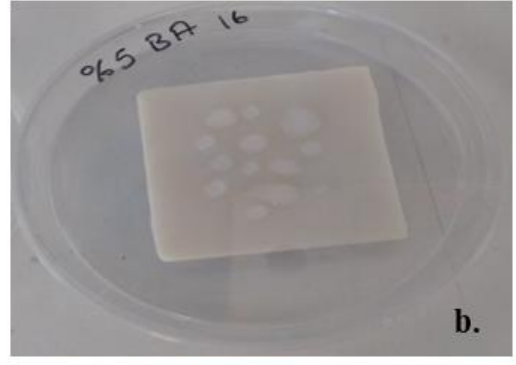
### 2.3.8. Antibakteriyel Analiz

Antibakteriyel analiz denemelerinde kütlece %5, %10 ve % 20 çinko borat eklenen (3adet) ve %5 ,%10 ve % 20 borik asit eklenen (3 adet) kemikçimentosu örneklerinde, şekil 2.5 ve şekil 2.6'daki gibi JIS Z 2801 standardına göre bakterisidal etkinlik denemeleri gerçekleştirilmiştir.

*S.epidermidis* [ATCC® 12228™] kültürü kullanıldı. Örnekler 5x 5 cm<sup>2</sup> olacak şekilde ince bir plaka şeklinde hazırlandı. Daha sonra alkol ile temizlendi. Örnek yüzeyine bakteri eklendi ve üstleri film ile kapatılıp 24 saatlik inkübasyona bırakıldı. Daha sonra 10<sup>-1</sup> ve 10<sup>-2</sup> lik seyreltmeler yapılarak bakteriler BSA agara ekildi ve 24 saatlik inkübasyon sonunda koloni sayımı yapıldı.



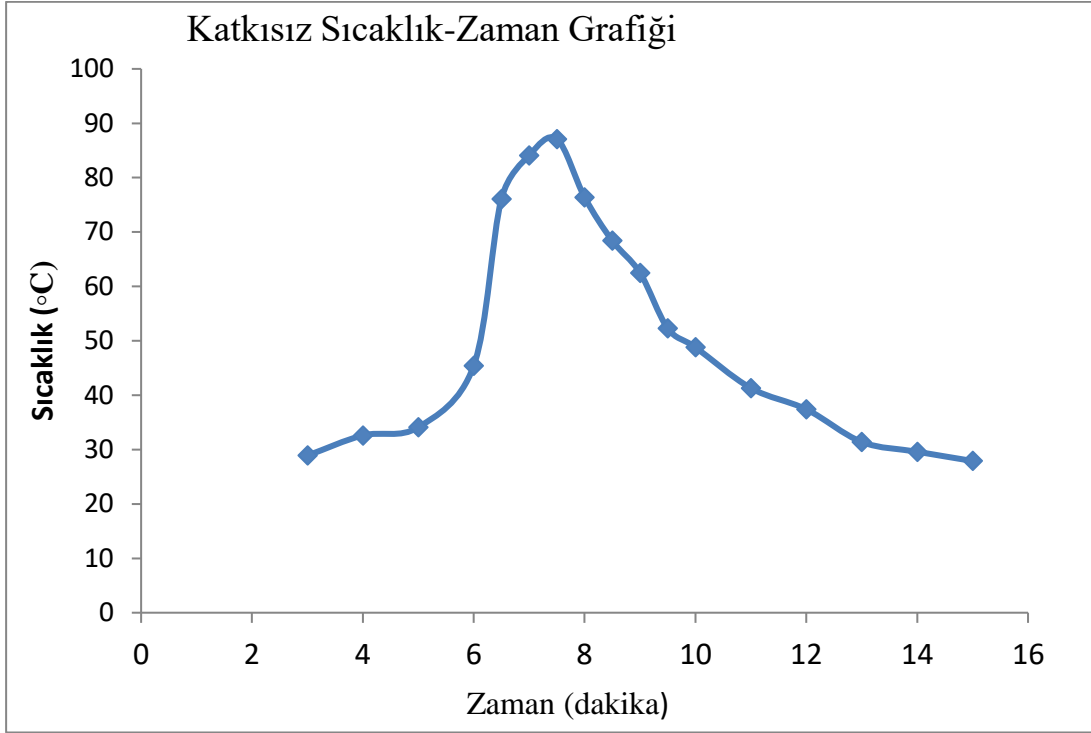
Şekil 2. 5: JIS Z 2801 Standardı [Graphics By Dr Murray Height]



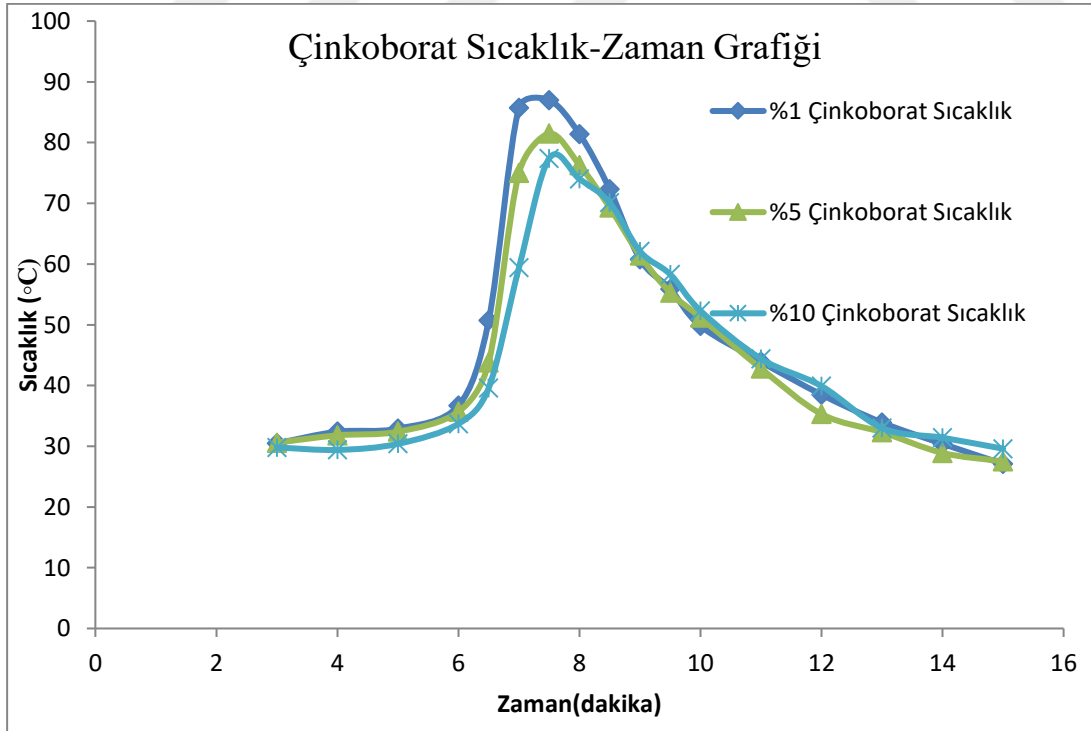
Şekil 2. 6: Mikrobiyolojik Test Aşamaları

### 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

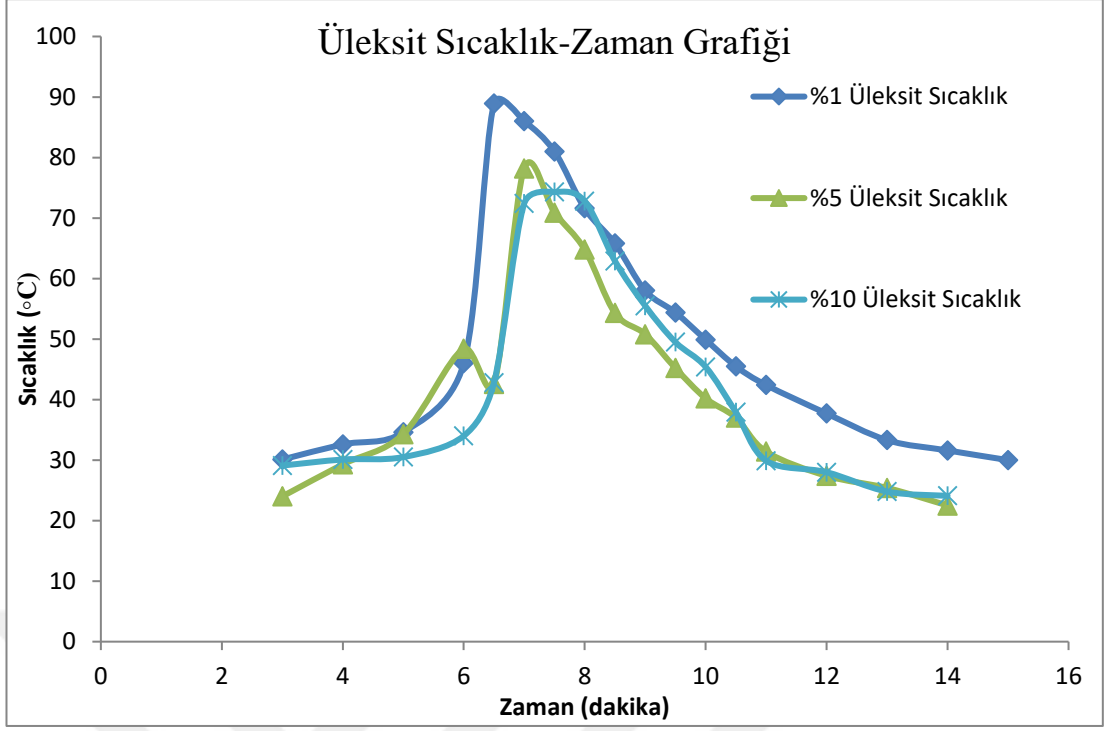
#### 3.1. Polimerizasyon Sıcaklığı



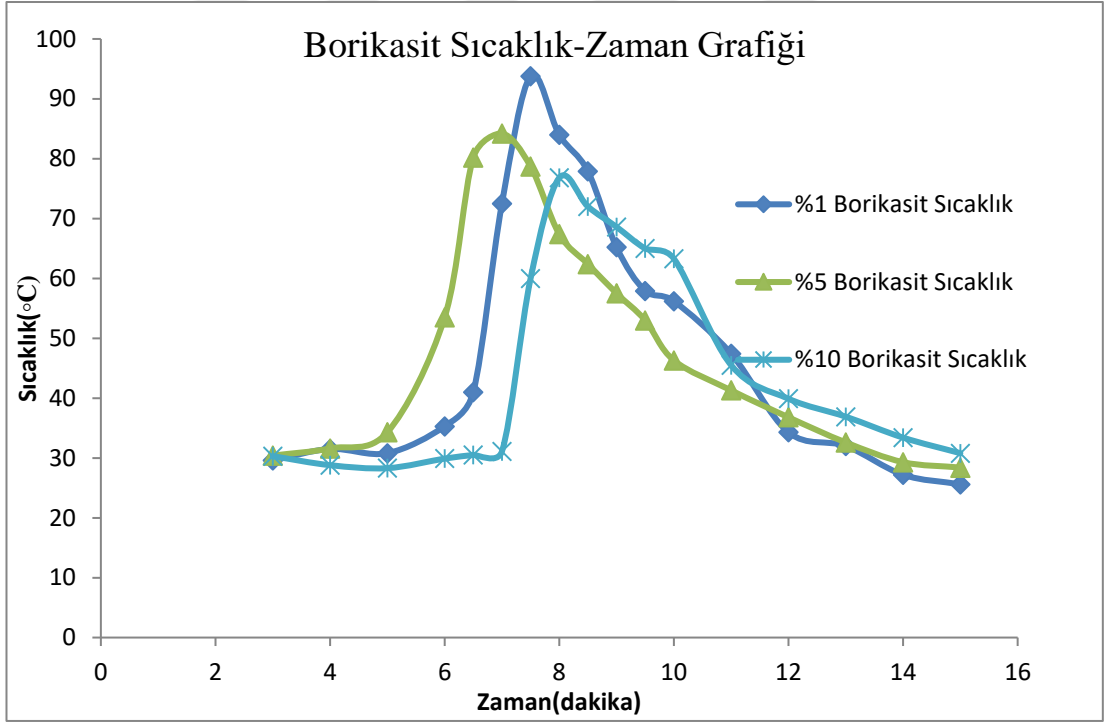
Şekil 3. 1 :Katkısız Numune Polimerizasyon Süreci



Şekil 3. 2:Çinkoborat Katkılı Polimerizasyon Süreci



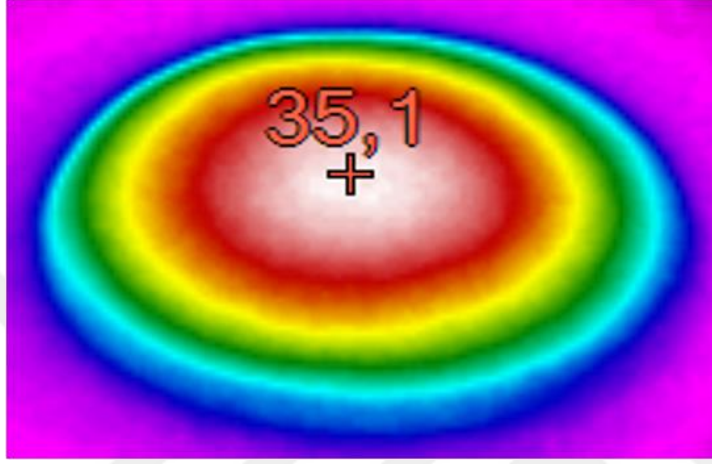
Şekil 3. 3:Üleksit Katkılı Polimerizasyon Süreci



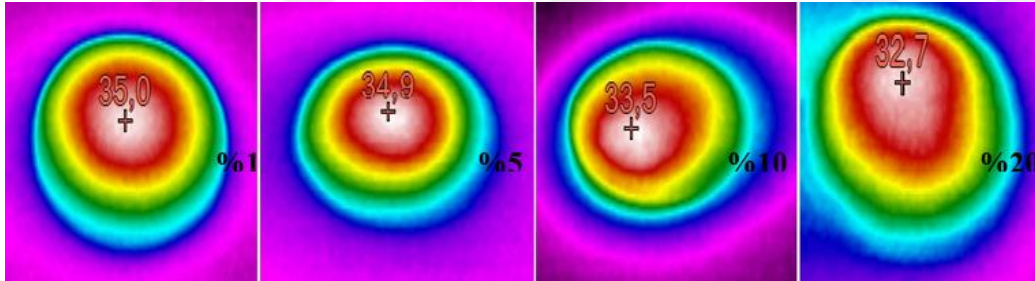
Şekil 3. 4:Borikasit Katkılıpolimerizasyon Süreci

Borun yanmayı geciktirdiği bilinen bir özelliğidir ve aynı zamanda alev geciktirici olarak kullanılmaktadır(36). Bu denemede şekil 3.1, 3.2, 3.4' te görülen grafiklerde çinko borat ve borik asit ile yapılan ölçümlerde hem tekrarlanabilir sonuç alındı hem

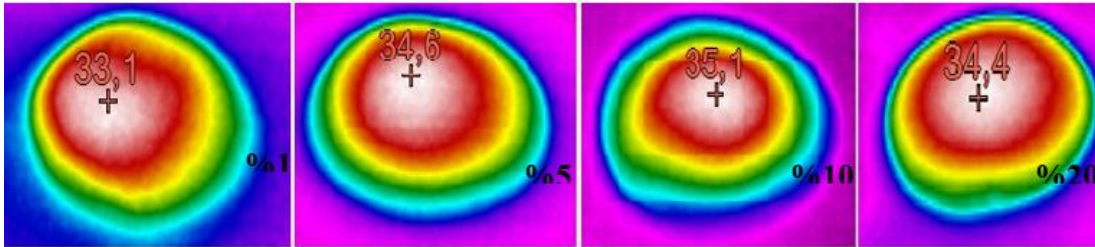
de artan bor katkısı ile kürleşme sıcaklığındaki düşmenin paralel bir şekilde olduğu gözlemlendi. Üleksit katkılı numunelerde yapılan ilk denemede Şekil 3.3 elde edildi fakat tekrarlanabilir sonuçlar elde edilmedi. Bunun nedeni üleksit içeriğinin karmaşık yapıda olması olabilir(37). Lazer termometre ile yapılan ölçümlerde yüzeyde çok büyük farklanmalar olduğu görüldü ve hangi noktadan ölçüm alınması gerektiğini belirlemek ve de polimerizasyon sırasında tüm yüzeyde sıcaklığın nasıl gerçekleştiğini gözlemlemek amacıyla termal kamera kullanımına geçildi.



Şekil 3. 5:Katkısız Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı



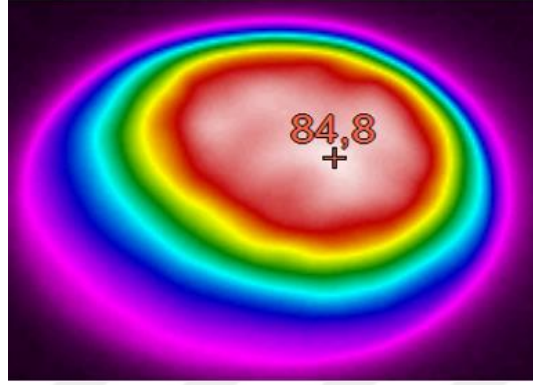
Şekil 3. 6:BA Katkılı Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı



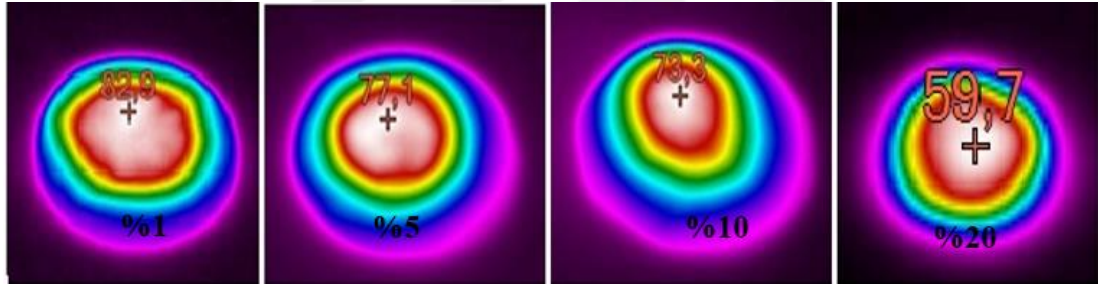
Şekil 3. 7:ÇB Katkılı Numune Polimerizasyon Başlangıç Sıcaklığı

Termal kamera ile polimerizasyon süreci 15 dakika boyunca izlenmiş ve 4. dakikadan itibaren dakikada bir fotoğraf alınmıştır. En yüksek sıcaklığa ulaştığı andaki görüntünün fotoğrafları Şekil 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10'da görüldüğü gibi

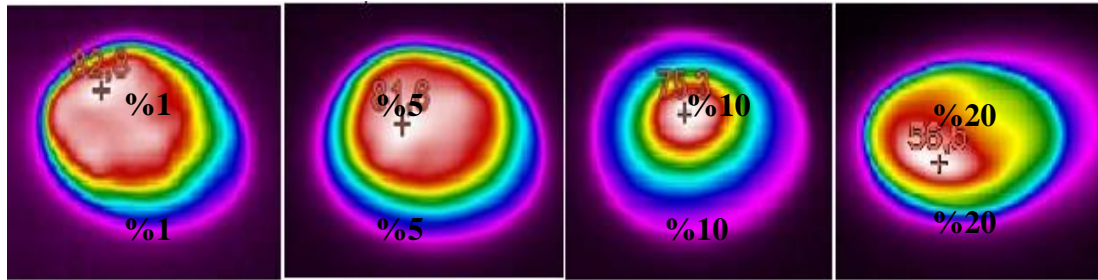
görüntü alınmaya çalışılmıştır. Katkısız numunedeki görülen maximum sıcaklık değeri 87°C'dir. Termal kamera ile de artan borikasit ve çinkoborata katkı ile kurlleşme sıcaklığının azalmasının paralel olduğu gözlenmiştir. %20'lik borik asit ve çinkoborata katkı ile bu kurlleşme anındaki sıcaklık sırası ile 58 °C ve 56 °C'ye kadar düşürülmüştür.



Şekil 3. 8 :Katkısız Numune Maximum Sıcaklığı

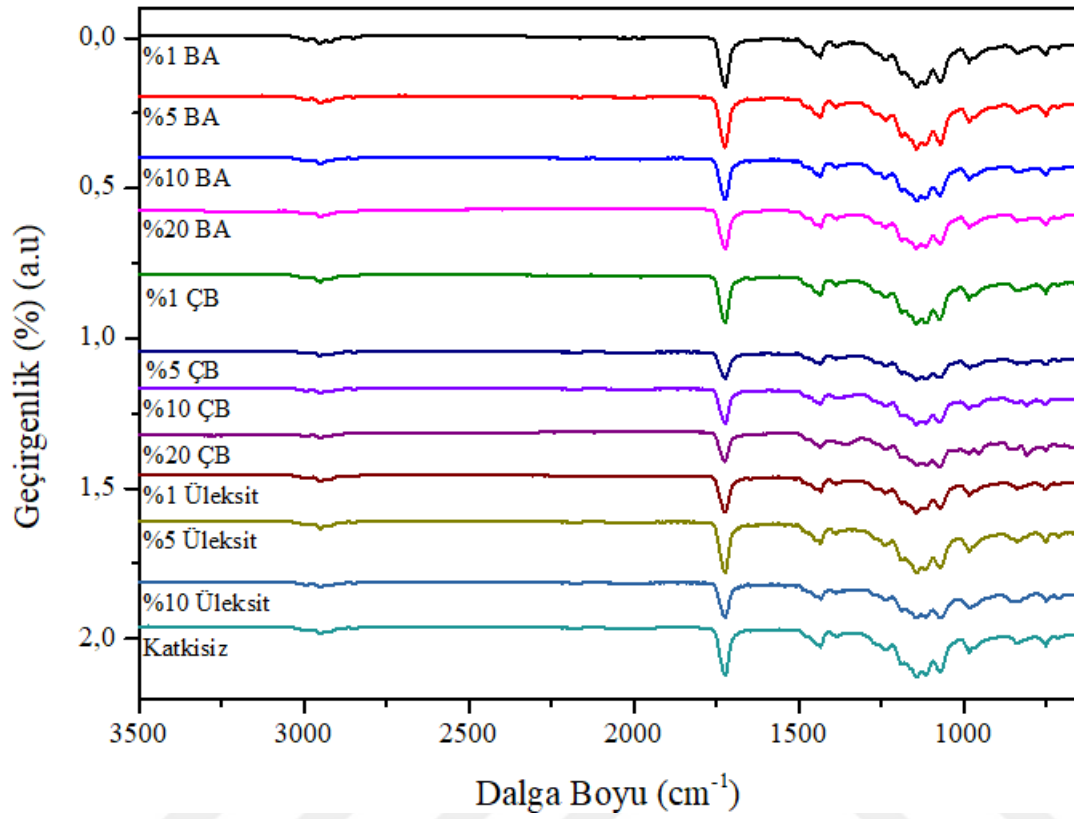


Şekil 3. 9:BA Katkılı Numune Maximum Sıcaklığı

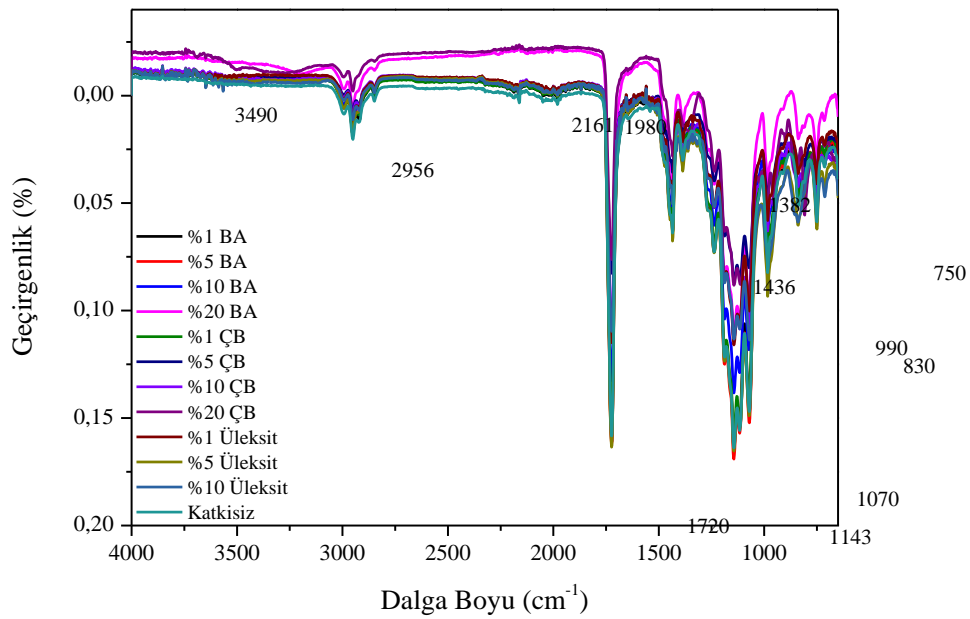


Şekil 3. 10:ÇBKatkılı Numune Maximum Sıcaklığı


### 3.2. FTIR Analizi



Şekil 3. 11:FTIR Sonuçları



Şekil 3. 12:Toplu FTIR Sonuçları

$C \equiv N$	2260–2220
$C \equiv C$	2260–2100
$C = C$	1680–1600
$C = N$	1650–1550
	~1600 and ~1500–1430
$C = O$	1780–1650
$C - O$	1250–1050
$C - N$	1230–1020
$O - H$ (alcohol)	3650–3200
$O - H$ (carboxylic acid)	3300–2500
$N - H$	3500–3300
$C - H$	3300–2700

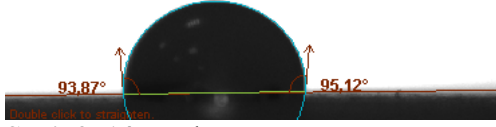
**Şekil 3. 13:**FTIR Fonksiyonel Grup Dalga Boyu (38)

Şekil 3.11, 3.12, 3.13'e göre PMMA spekturumuna göre karşılaştırıldığında C-O-C gerilme titreşimine yorumlanabilecek  $1150\text{ cm}^{-1}$  ila  $1250\text{ cm}^{-1}$  arasında farklı bir emme bandı olduğu görülmektedir.  $1388\text{ cm}^{-1}$  ve  $754\text{ cm}^{-1}$ 'deki iki bant,  $\alpha$ -metil grubu titreşimlerine bağlanabilir. PMMA'nın karakteristik absorpsiyon titreşimi  $987\text{ cm}^{-1}$ 'deki bant ile birlikte  $1062\text{ cm}^{-1}$  ve  $843\text{ cm}^{-1}$ 'deki bantlardır.  $1,732\text{ cm}^{-1}$ 'deki bant akrilat karboksil grubunun varlığını gösterir.  $1444\text{ cm}^{-1}$ 'deki bant  $-CH_3$  grubunun C-H bağlarının eğilme titreşimine yorumlanabilir.  $2997\text{ cm}^{-1}$  ve  $2,952\text{ cm}^{-1}$ 'deki iki bant, sırasıyla  $-CH_3$  ve  $-CH_2-$  gruplarının C-H bağ gerilme titreşimlerine yorumlanabilir. Dahası,  $3,437\text{ cm}^{-1}$  ve  $1,641\text{ cm}^{-1}$ 'de  $-OH$  grubunun germe ve bükme titreşimlerine yorumlanabilen iki zayıf emme bandı vardır,  $3490\text{ cm}^{-1}$  dakibu bantların bor katkısı ile arttığı söylenebilir. Yukarıdaki sonuçlara dayanarak, numunelerin PMMA olduğu sonucuna varılabilir(38). Ayrıca  $3000-3500\text{ cm}^{-1}$  deki bantlar karakteristik çinkoborata ait bantlardır(39). FTIR sonuçlarına genel olarak bakıldığında PMMA polimerizasyonunun gerçekleştiği ve katkıların farklı bir bağ oluşumuna neden olmadığı söylenebilir.

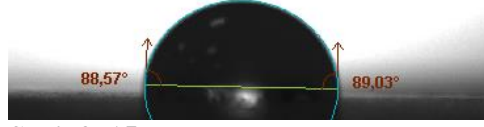
### 3.3. Temas Açısı Ölçümü

Numune Adı	Temas açısı
Katkısız	92,71
% 1 ÇB	90,48
% 5 ÇB	89,57
% 10 ÇB	88,67
% 20 ÇB	87,52
% 1 BA	90,63
% 5 BA	88,42
% 10 BA	87,79
% 20 BA	87,38

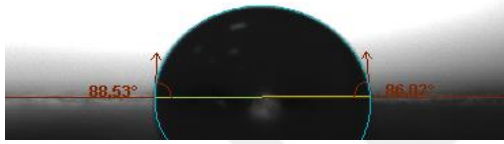
**Çizelge 3. 1 :** Temas Açısı Sonuçları



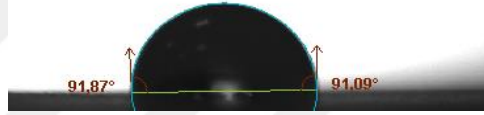
Şekil 3. 14: Katkısız Numune



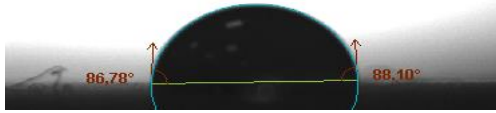
Şekil 3. 15 : % 1 ÇB



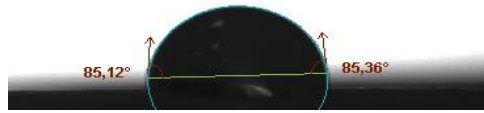
Şekil 3. 16: %5 Çb



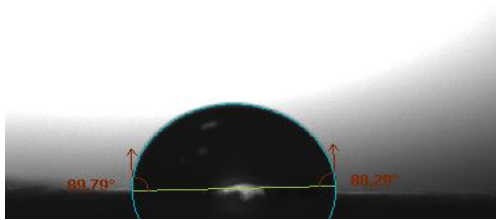
Şekil 3. 17: %10 Çb



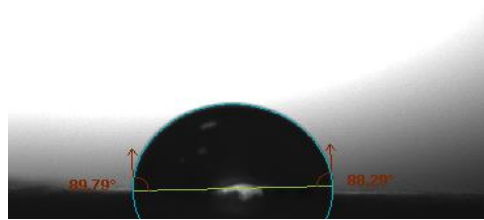
Şekil 3. 18: %20 Çb



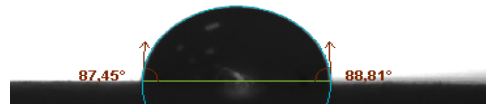
Şekil 3. 19:% 1



Şekil 3. 20:%5 Ba



Şekil 3. 21:%10 Ba

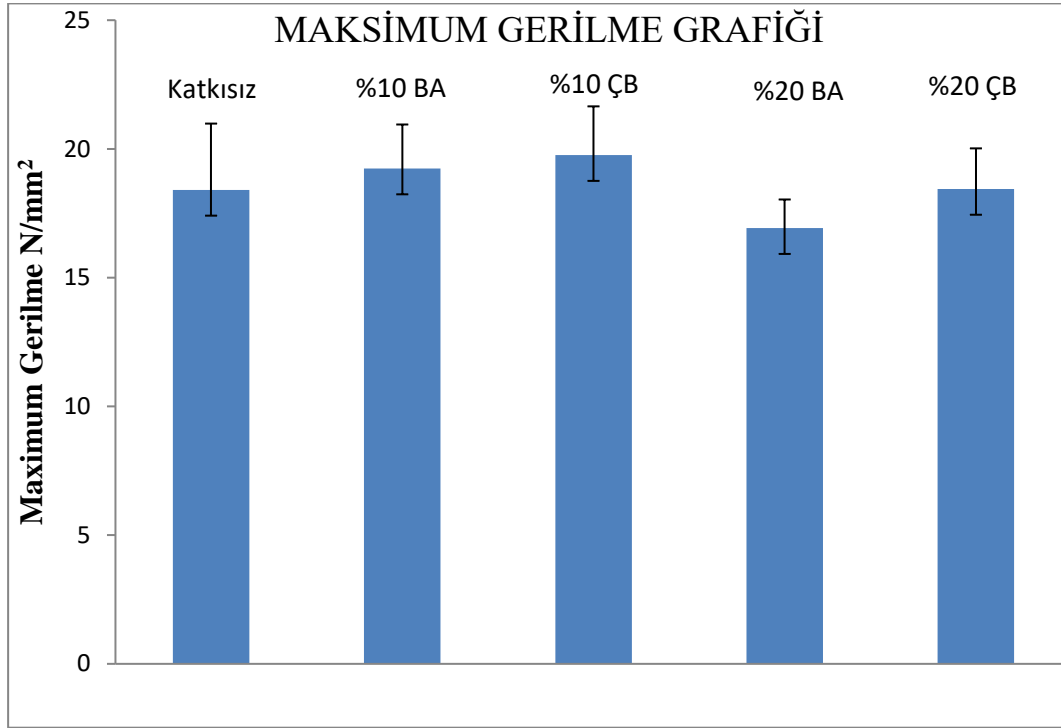


Şekil 3. 22: %20 BA

Literatürde PMMA'ya ait temas açısı değeri 68-70 derece olarak bulunmuş olup bu değerın süper hidrofobik yapılp 154 derecelere yükseltilebileceği yönünde çalışmalar bulunmaktadır(40). Şekil 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22'de tezde kullanılan kemik çimentosunun ölçülen temas açısı değeri ortalaması 92,71 derece hesaplanmış olup borik asit ve çinkoborat katkısı ile bu değeri düşük oranda etkilenmiş ortalama 87 dereceye düşmüştür. Bor katkısının içerisinde bulunan (-OH) gruplarının hidrofilik özelliğine neden olduğu söylenbilir. Vücut içerisinde kalıcı olan kemik çimentosu eklem sıvısı gibi vücut sıvıları ile temas halindedir. Biyomedikal alanda kullanılan bu malzemenin vücut içinde kullanıldığı düşünöldüğünde hidrofilik özellikte olması avantajdır.

Cerrahide biyomalzeme, canlı dokuyla temas içerisinde çalışabilecek, canlı bir sistemin yerine kullanılabilir malzeme olarak tanımlanmıştır. Avrupa Biyomalzeme Topluluğuna göre biyomalzemeler biyolojik sistemler ile ara yüzey oluşturarak ya da dokuların, organların ve vücut fonksiyonlarının yerine geçerek iyileşmesini, büyümesini ve onarılmasını sağlayan malzemelerdir. Vücutta kullanılan bu malzemelerin yüksek hidrofiliklik ya da hidrofobiklikte olması istenmeyen bir durumdur(41).

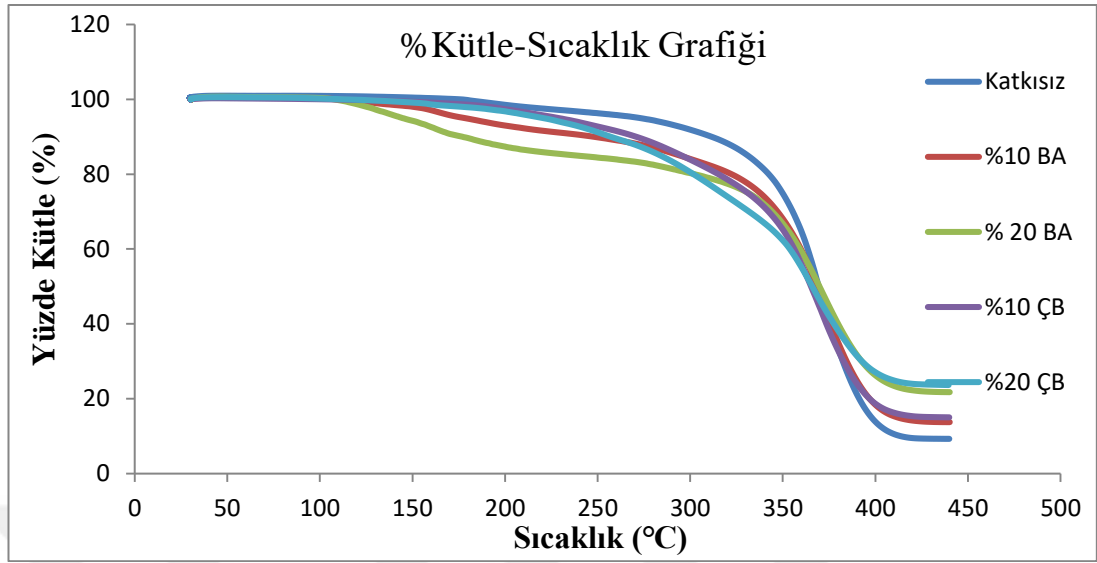
### 3.4. Çekme Testi



Şekil 3. 23:Çekme Testi Sonuçları

Çekme testi “ASTM F451 - 08 Standard Specification for Acrylic Bone Cement” standardına uygun kalıplarda numune hazırlanarak yapılmış yukarıdaki grafikteki sonuçlar elde edilmiştir. Standart sapmalar da dikkate alınarak Şekil 3.23 yorumlandığında %20 borikasit katkısı dışında maksimum gerilme değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu bor katkısının kemik çimentosunun mekanik özelliklerini farklılaşmadığı yorumu yapılabilir.

### 3.5. TGA Analizi



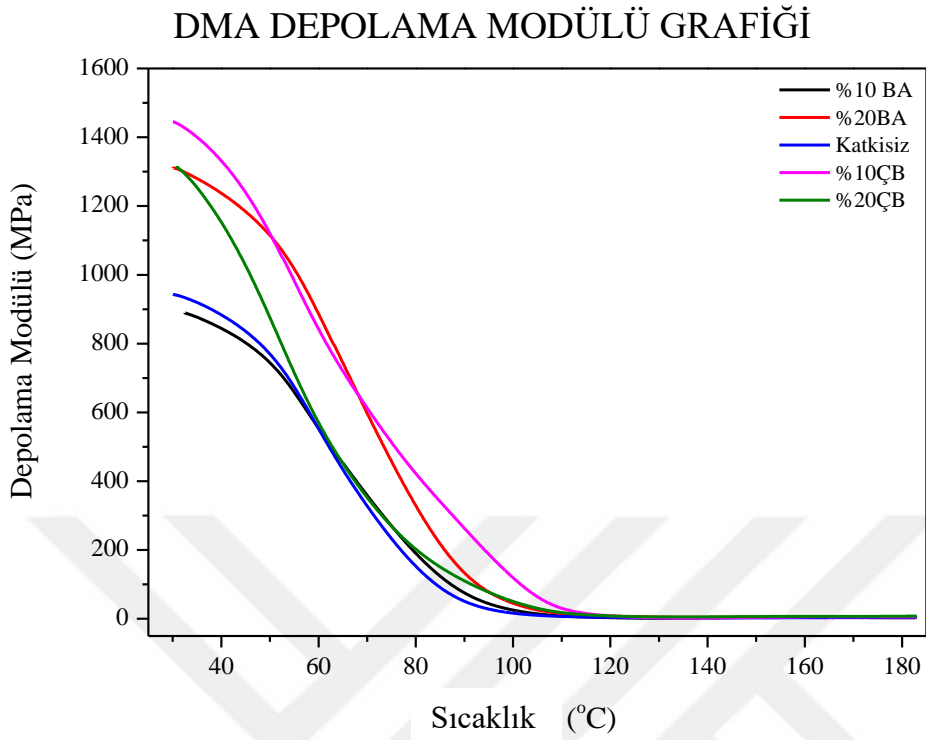
Şekil 3. 24:TGA Anlizi

Numune Adı	Bozulma Sıcaklığı	Maksimum bozulma sıcaklığı	Bozulma Bitiş Sıcaklığı	Bozunan Kütle Miktarı (%)
Katkısız	341,19 °C	367,30 °C	390,65 °C	92,102
%10 BA	343,96 °C	369,67 °C	393,75 °C	69,77
%20 BA	339,70 °C	371,42 °C	396,70 °C	56,8
%10 ÇB	325,99 °C	371,66 °C	390,20 °C	78,5
%20 ÇB	309,55 °C	366,68 °C	392,52 °C	75,07

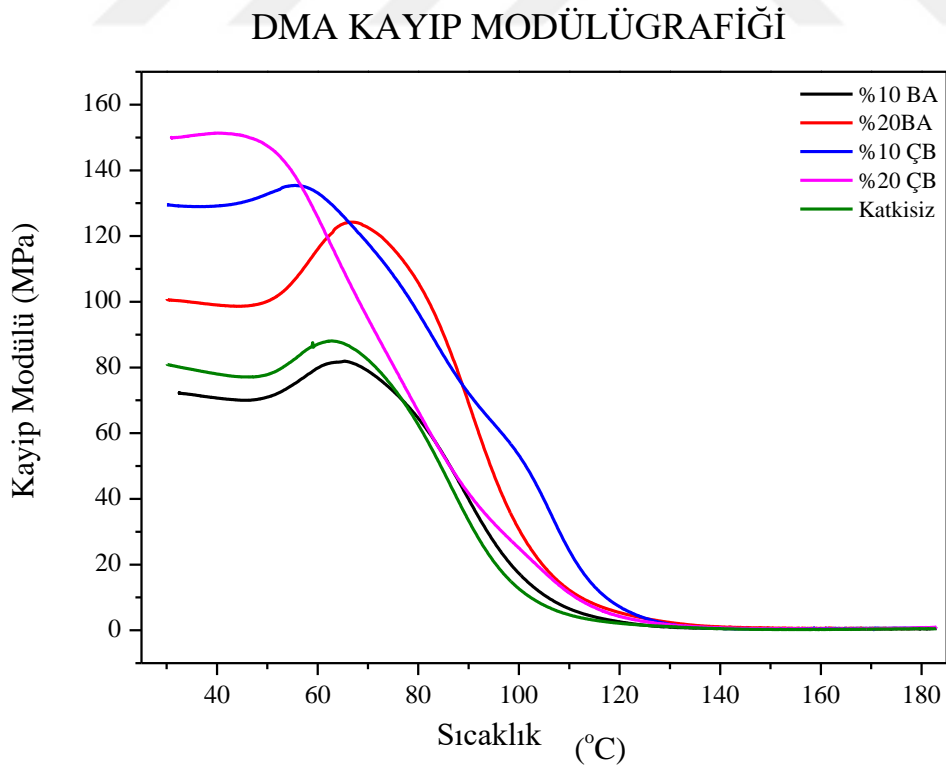
Çizelge 3. 2:TGA Analiz Sonuçları

Kemik çimentosu ve PMMA TGA eğrisi karşılaştırıldığında benzerdir(42). Şekil 3.24'teki TGA grafikleri incelendiğinde bozulma başlangıç sıcaklığının bor katkısı ile düştüğünü görüyoruz ve kalan kütle yüzdelere bakıldığında bor katkılı numunelerde kalan yüzdenin daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 3.2'e bakıldığında ise bor katkısı ile bozulma başlangıç sıcaklığının düşmüş, maksimum bozulma sıcaklığının ise yükseldiği görülmektedir. Bozulmabitiş sıcaklıkları ise yaklaşık olarak aynıdır. Bozunan kütle miktarı ise en çok katkısız numuneye aittir.

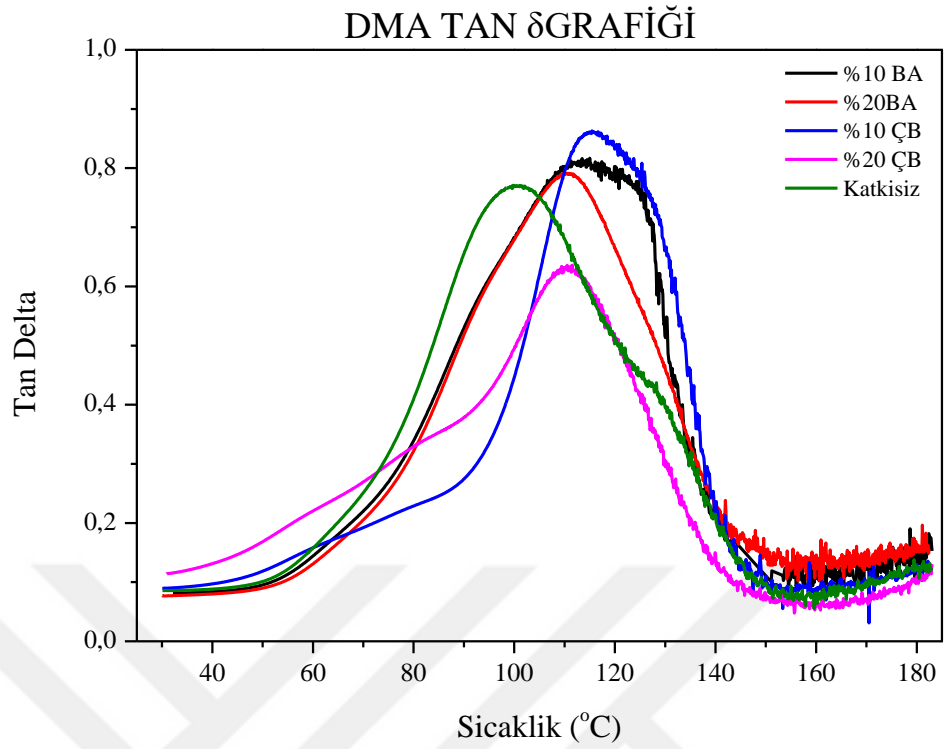
### 3.6. DMA Analizi



Şekil 3. 25:Depolama Modülü-Sıcaklık Grafikü



Şekil 3. 26:Kayıp Modülü-Sıcaklık Grafikü

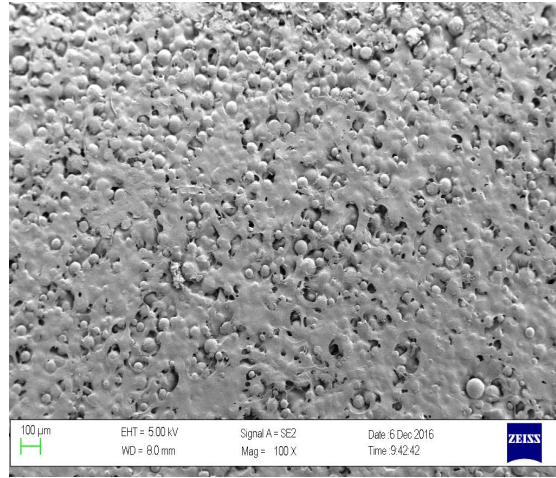


**Şekil 3. 27:**Tan  $\Delta$ -Sıcaklık Grafiği

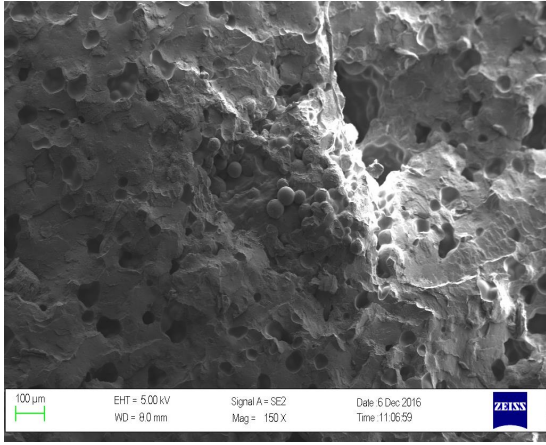
Dinamik Mekanik Analiz (DMA); polimerik malzemelere uygulanan periyodik veya değişen kuvvetler sonucunda meydana gelen dinamik yıpranma mekanizmalarını, sıcaklığın ve frekansın (veya zamanın) bir fonksiyonu olarak belirlemeye yarayan bir test tekniğidir(43). Dinamik test sonuçlarından, malzemelerin dinamik modülü, camsı geçiş sıcaklığı, erime sıcaklığı ve kristallik oranı gibi bilgiler elde edilebilir.(44)

Şekil 3.25 Depolama modülü grafiğine bakıldığında katkısız numunede 900MPa civarında iken %20 ÇB ve %20 BA katkısıyla 1300MPa civarına yükseldiği görülmektedir. Şekil 3.27 Tan-  $\delta$  ile camsı geçiş sıcaklığı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. 100°C'lerden %20 BA katkısı ile 110°C'lerde %20 ÇB katkısı ile de 120 °C'lere yükseldiği görülmektedir. Şekil 3.26 Kayıp modülü grafiğine bakıldığında genel olarak katkının kayıp modül değerini yükselttiği, katkısız numunede 70 MPa olarak görülen kayıp modülü değeri %20 ÇB katkısı ile 150MPa'lara %20 BA katkısı ile de 120 MPa değerlerine kadar yükseldiği görülmüştür.

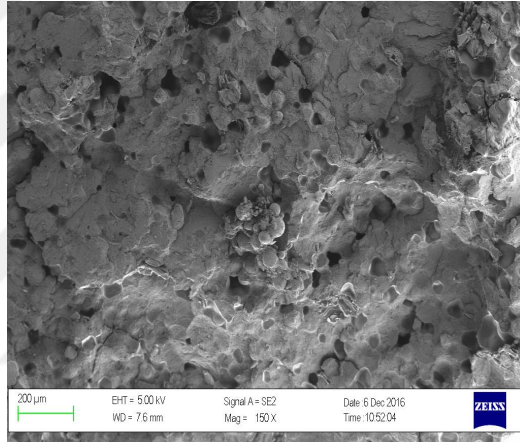
### 3.7. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi



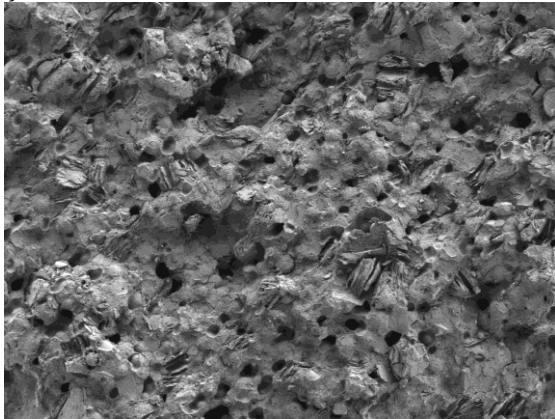
Şekil 3. 28:Katkısız



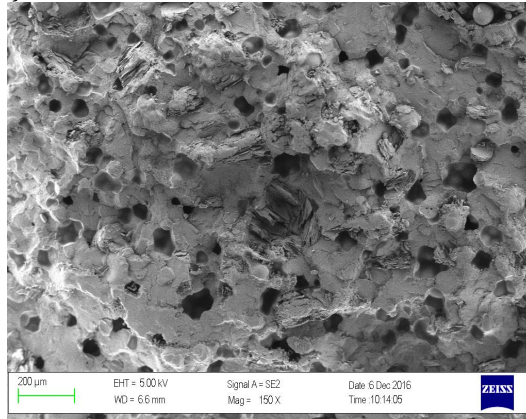
Şekil 3. 29: % 1 Ba



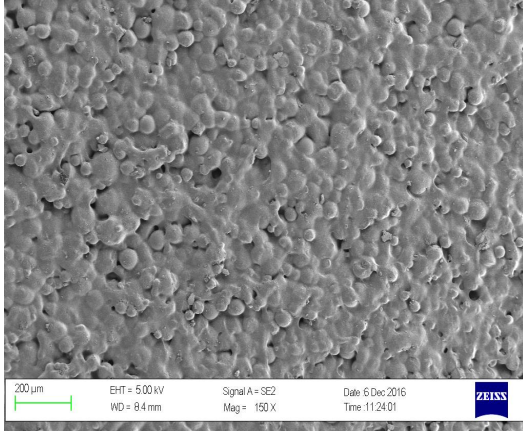
Şekil 3. 30:% 5 Ba



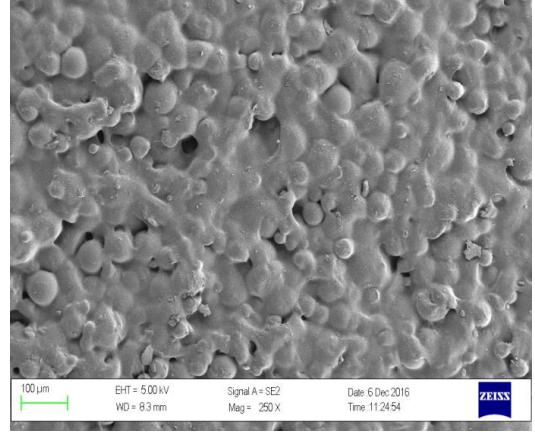
Şekil 3. 31:% 10 Ba



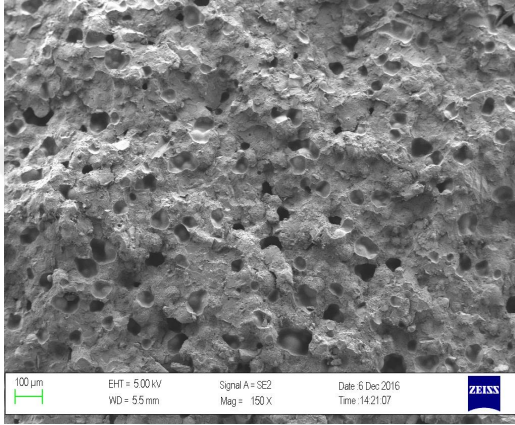
Şekil 3. 32:% 20 Ba



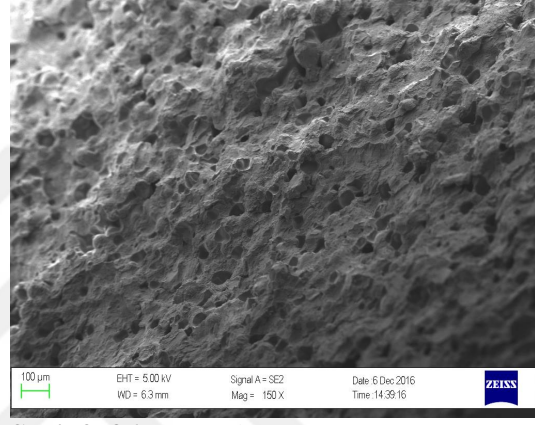
**Şekil 3. 33: % 1 Çb**



**Şekil 3. 34: % 5 Çb**



**Şekil 3. 35: % 10 Çb**



**Şekil 3. 36: % 20 Çb**

Bor katkılı kemik çimentosu örneklerinin şekil 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, 3.32, 3.33, 3.34, 3.35, 3.36 'daki SEM görüntülerinde katkısız örneğe göre; poröz yapıda değişiklik, agregasyon, heterojen dağılım gibi belirgin farklanmaların gözlemlenmemesi katkı maddelerinin homojen dağıldığını göstermektedir. Kontrol karışımına göre kıyaslama yapıldığında mekanik özelliklerin olumsuz değişmeyeceği şeklinde yorumlandı.

### 3.8. Antimikrobiyal Analiz

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidemidis</i>	0	0	396	2,60	123	2,09	<b>2,09</b>	≥2 log
<b>Değerlendirme:</b>	%5 çinko borat eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde etkilidir.							

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidemidis</i>	0	0	396	2,60	123	2,09	<b>2,09</b>	≥2 log
<b>Değerlendirme:</b>	%10 çinko borat eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde etkilidir.							

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidemidis</i>	0	0	396	2,60	123	2,09	<b>2,09</b>	≥2 log
<b>Değerlendirme:</b>	%20 çinko borat eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde etkilidir.							

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidemidis</i>	81	1,91	396	2,60	123	2,09	<b>0,18</b>	≥2 log
<b>Değerlendirme:</b>	%5 borik asit eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde <b>etkili değildir</b> .							

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0	0	396	2,60	123	2,09	2,09	$\geq 2 \log$
<b>Değerlendirme:</b>	%10 borik asit eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde etkilidir.							

Test Organizması	Plaka (24 saat)	Plaka (24saat)log	Kontrol 0 saat	Kontrol örnek 0saat(log)	Kontrol örnek 24saat	Kontrol örnek 24saat(log)	R	Kabul kriteri
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0	0	396	2,60	123	2,09	2,09	$\geq 2 \log$
<b>Değerlendirme:</b>	%20 borik asit eklenen kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakteriler üzerinde etkilidir.							

### Çizelge 3. 3: Antimikrobiyal Test Sonuçları

%5, %10 ve % 20 çinko borat eklenen (3adet) ve %5 ,%10 ve % 20 borik asit eklenen (3 adet) kemik çimentosu örneklerinde, JIS Z 2801 standardına göre bakterisidal etkinlik denemeleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Çizelgede verilmiştir.

**N (0. Saat):** Örnekte 0. saatteki canlı mikroorganizma sayısı, kob/cm<sup>2</sup>

**N (24. Saat):** Örnekte 24. saatteki canlı mikroorganizma sayısı, kob/cm<sup>2</sup>

**U<sub>t</sub>:** İşlem görmemiş örnekte 24. saatteki logaritmik canlı mikroorganizma sayısı, kob/cm<sup>2</sup>

**A<sub>t</sub>:** İşlem görmüş örnekte 24. saatteki logaritmik canlı mikroorganizma sayısı, kob/cm<sup>2</sup>

**R:** Antibakteriyel aktivite (logaritmik azalma)

*S. epidermidis* laboratuvar testlerinde kontaminasyona bağlı olarak, çok fazla görülür ve *S.epidermidis* immün sistemi yetersiz ve sürekli kateter takılı olan hastalar için risktir. Bu bakteri tıbbi protezlerin yüzeyine de yerleşir ayrıca penisilin ve metisilini de içeren geniş bir antibiyotik grubuna direnç gösterir.Çizelge 3.3'e göre üretilen bu kemik çimentosu ile güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip *S.epidermidis*'e karşı

oldukça etkili kompozit kemik çimentolar üretilmiştir. Bor katkılı kemik çimentoları antibiyotiklere direnç gösteren ve ameliyat için risk taşıyan bakteriyel üremeyi önlemek amaçlı etkili bir biyomalzeme olacaktır.

### 3.9. Tartışma

Alev geciktirici özelliği bilinen bor bu tezde yükselen polimerizasyon sıcaklığını düşürmek için kullanıldı. Termal kamera ile tüm polimerizasyon süreci izlendi ve fotograflandı. Ve sıcaklık denemeleri sonucunda artan bor konsantrasyonu (çinkoborat, borikasit) ile polimerizasyon kürleşme sıcaklığının ters orantılı olduğu gözlemlendi. Katkısız numunedeki görülen maksimum sıcaklık değeri 87°C'dir. %20'lik borik asit ve çinkoborat katkısı ile bu kürleşme anındaki sıcaklık sırası ile 58 °C ve 56 °C'ye kadar düşürülmüştür. Elde edile sonuçlar da bu tezin ana hipotezini doğruladı. Temel hipotez doğrulandıktan sonra sonra bor katkısının malzemeye olan kimyasal ve mekanik etkilerini incelemek amacı ile karakterizasyon işlemi gerçekleştirildi.

FTIR analizinde kemik çimentosu PMMA spektrumuna göre 1,388 cm<sup>-1</sup> ve 754 cm<sup>-1</sup>'deki iki bant, α-metil grubu titreşimlerine bağlanabilir. pMMA'nın karakteristik absorpsiyon titreşimi 987 cm<sup>-1</sup> 'deki bant, ile birlikte 1062 cm<sup>-1</sup> ve 843 cm<sup>-1</sup>'deki bantlardır ve 1732 cm<sup>-1</sup> 'deki bant akrilat karboksil grubunun varlığını gösterir. 1444 cm<sup>-1</sup> 'deki bant -CH<sub>3</sub> grubunun C-H bağlarının eğilme titreşimine yorumlanabilir. Yukarıdaki sonuçlara dayanarak, numunelerin PMMA olduğu sonucuna varılabilir(38). 3490 cm<sup>-1</sup> deki bantın artışı bor katkısındaki -OH gruplarına bağlanabilir. Ayrıca 3000-3500 cm<sup>-1</sup>'deki bantlar karakteristik çinkoborata ait bantlardır(39). FTIR sonuçlarından PMMA polimerizasyonunun gerçekleştiği ve katkıların farklı bir bağ oluşumuna neden olmadığı yorumunu yapmak mümkündür.

Cerrahide biyomalzeme, canlı dokuyla temas içerisinde çalışabilecek, canlı bir sistemin yerine kullanılacak malzeme olarak tanımlanmıştır. Avrupa Biyomalzeme Topluluğuna göre biyomalzemeler biyolojik sistemler ile ara yüzey oluşturarak ya da dokuların, organların ve vücut fonksiyonlarının yerine geçerek iyileşmesini, büyümesini ve onarılmasını sağlayan malzemelerdir. Vücutta kullanılan bu malzemelerin yüksek hidrofilitik ya da hidrofobiklikte olması istenmeyen bir durumdur. (41) Kemik çimentosuna eklenen bor katkısının malzemenin hidrofilitik/hidrofobik özelliğini değiştirip değiştirmemesi insan

vücudunda kullanılan medikal malzeme olması açısından çok önemlidir. Literatürde PMMA'ya ait temas açısı değeri 68-70 derece olarak bulunmuş olup bu değer in süper hidrofobik yapılp 154 derecelere yükseltilebileceği yönünde çalışmalar bulunmaktadır(40). Katkısız kemik çimentosunun ölçülen temas açısı değer ortalaması 92,71 derece hesaplandı, borik asit ve çinkoborat katkısı ile bu değer düşük oranda etkilenmiş ortalama 87 dereceye düşmüştür. Bu etkinin bor katkısında bulunan –OH gruplarına bağlı olduğu söylenebilir. Aynı zamanda bu bağlar FTIR analizinde de görülmüştür. Çok düşük oranda olan bu hidrofilik etkinin malzemenin vücut içerisinde kalıcı olan kemik çimentosu eklem sıvısı gibi vücut sıvıları ile temas halinde olduğu düşünüldüğünde bor katkılı kemik çimentosu içim pozitif bir etkidir.

Çekme testi “ASTM F451 - 08 Standard Specification for Acrylic Bone Cement” standardına uygun kalıplarda numune hazırlanarak yapılmış ve ölçülen değerler ile Şekilloluşturulup yorumlandığında %20 borikasit katkısının negatif etkisi dışında maksimum gerilme değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu bor katkısının kemik çimentosunun mekanik özelliklerini olumsuz etkilemediği çok büyük fark olmadığı yorumunu yapmak mümkündür.

TGA grafiklerinden bozulma başlangıç sıcaklığının bor katkısı ile düştüğünü görüyoruz ve kalan kütle yüzdelere bakıldığında bor katkılı numunelerde kalan kütle yüzdesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Grafiğin analiz Çizelgesuna bakıldığında ise bor katkısı ile bozulma başlangıç sıcaklığı düşmüş, maksimum bozulma sıcaklığı ise yükselmiştir. Bozulma ve bitiş sıcaklıkları ise yaklaşık olarak aynıdır. Bozunan kütle miktarı ise en çok katkısız numuneye aittir.

Mekanik özellikleri belirlemek amacıyla DMA testi yapıldı. Bu analizgöre Tan  $\delta$  eğrilerinin maksimum olduğu noktadaki sıcaklık değeri malzemenin camsı geçiş sıcaklığını verir. Analizlere ait eğrilerdeki değişimler polimer zincirlerinin esnekliğindeki değişimleri yansıtmaktadır. Bu analiz sentezlenen polimer kompozitlerin viskoelastik özellikleri değişim hakkında bilgi verir ve termomekaniksel davranışları incelemek için kullanılır.

Depolama modülüsü, malzemenin elastik olarak saklanan enerjisini, kayıp modülüs ise, malzemenin sürtünme sonucu dağılan enerjisini temsil eder(45). DMA analizi sonuçlarında depolama modülü grafiğine bakıldığında katkısız numunede bor katkısı

ile yükselme görülmektedir. Tan  $\delta$  grafiği ile camsı geçiş sıcaklığı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Tan  $\delta$  grafiğine bakıldığında bor katkısı ile yükselme olduğu görüldü. Kayıp modülü grafiğine bakıldığında genel olarak bor katkısının kayıp modül değerini yükseldiği görülmüştür.

Borikasit klinikte kullanılan antibiyotiklerle karşılaştırılabilir, bunlar eritromisin, gentamisin ve streptomisin olarak bildirilmiştir(28). Bor, periodontoloji alanında da araştırmacıların, antibakteriyel özelliği ve kemik-bağışıklık yanıtı üzerinde bilinen etkileri ile ilgisini çekmektedir. Genel tıpta, borik asit bileşiğinin antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkisi bildirilmiştir(29). Borun bilinen bu antibakteriyel etkilerinden çıkılarak, kemik çimentosu örneklerinde JIS Z 2801 standardına göre bakterisidal etkinlik denemeleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar hesaplanmıştır. Güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip, *S.epidermidis*'e karşı oldukça etkili kompozit kemik çimentoları üretilmiştir.

Bu tezin sonucunda bor minerallerine farklı bir kullanım alanını sunuldu. Hedeflendiđi gibi polimerizasyon kürleşme sıcaklığı düşürüldü ve antimikrobiyal özellik gösteren kemik çimentosu üretildi. Aynı zamanda mekanik özellikleri de test edilerek bor katkısının negatif yönde etkisi gözlenmedi.

#### 4. KAYNAKÇA

1. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN). *boren.gov.tr*. <http://www.boren.gov.tr/en/boron/reserves>.
2. *Ortopedik Malzemelerin Biyouyumlulukları ve Mekanik Özelliklerine Göre Seçimi*. Yılmaz, Güven Şevki. Balıkesir : s.n., 2010. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi.
3. *mujdatok.com.tr*. [mujdatok.com.tr](http://www.mujdatok.com.tr/icerik/23/kalca-protezi)<http://www.mujdatok.com.tr/icerik/23/kalca-protezi>.
4. Özalp Yıldız, Nurten Özdemir. *Biyomateriyaller Ve Biyouyumluluk*. s.l., Ankara/ Tandoğan : Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı, 1996.
5. *Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler*. Ahmet, Pasinli. 2004, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi .
6. *Bone cement implantation syndrome: A rare catastrophe*. Ramesh, Nikhil Mudgalkar ve K. V. 2011, Anesth Essays Res, s. 240-242.
7. *Biologic Response To Orthopedic Implants*. Abu-Amer Y, Clohisy Jc. 2007, Basic Science. 3rd Ed. American , s. p.365-77.
8. Akkaş, Tuğba. *Poliüretan Filmlerin Yüzey Modifikasyonu ve Biyouyumluluk Çalışmaları*. İstanbul, Türkiye : İstanbul Teknik Üniversitesi ↔ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2011.
9. *uzmandoktorasor.com*. [uzmandoktorasor.com](http://uzmandoktorasor.com/kalici-kalp-pili-pacemarkertedavisi/). <http://uzmandoktorasor.com/kalici-kalp-pili-pacemarkertedavisi/>.
10. *Biyomateriyeller ve Biyouyumluluk* . Özdemir, Yıldız Özalp Nurten. 1996, Ankara Üniversitesi Dergisi .
11. *Modification Of Dicalcium Silicate Bone Cement Biomaterials By Using Carboxymethyl Cellulose*. Yin Zhang, Dinggai Wang , Fei Wang , Shengxiang Jiang , Yan Shu. 2015, Journal Of Non-Crystalline Solids, s. 164-168.
12. *Effect of barium-coated halloysite nanotube addition on the cytocompatibility, mechanical and contrast properties of poly(methyl methacrylate) cement*. Uday Jammalamadaka, Karthik Tappa, Jeffery A Weisman, James Connor Nicholson, David K Mills. 2017, Nanotechnol Sci Appl, s. 105–114.
13. *Implant Dayanımı* . Pekşen Ceren, Aydın Doğan. 2011, Totbid Dergisi , s. 122-128.
14. *Bone Cement*. Raju Vaishya, Mayank Chauhan, Abhishek Vaish. 2013, J Clin Orthop Trauma, s. 157-163.
15. *Implant-Kemik Tutunma Mekanizmaları* . Öztuna Volkan, Burak Gürer Mersin. 2011, Totbid Dergisi, s. 109-113.
16. *Kemik Çimentosu*. Salih, Marangoz. 2011, Totbid Dergisi , s. 103-108.
17. Marangoz, Salih. 2011, TOTBİD Dergisi, s. 103-108.
18. *Preparation And Mechanical Properties Of Reinforced Hydroxyapatite Bone Cement With Nano-Zro2*. Wei Yu, Xixin Wangn , Jianling Zhaon, Qingguo Tang, Mingli Wang, Xuewen Ning. 2015, Ceramics International, s. 10600-10606.

19. *Kütahya Emet Borik Asit İşletmesi Bor Atıklarının Alçı Levha Üretiminde Kullanılması*. Samil, Koçak Hüseyin. Şubat 2010, TURKCHEM Dergisi.
20. *Chemical disposition of boron in animals and humans*. RF, Moseman. 1994 Nov, Environ Health Perspect.
21. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN). [boren.gov.tr](http://www.boren.gov.tr). <http://www.boren.gov.tr/tr/bor/bor-tarihcesi>.
22. Sümer. Eskişehir : Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, 2004. Uluslararası Bor Sempozyumu.
23. *Dissolution Kinetics of Ulexite in Perchloric Acid Solutions*. Demirkıran, N. and A. Künkül. 2007, International Journal of Mineral Processing, s. 76-80.
24. *Impurity Control in the Production of Boric Acid From Colemanite in the Presence of Propionic Acid*. Bulutcu, A., C. Ertekin, and M.K. Celikoyan. 2008, Chemical Engineering and Processing, s. 2270-2274.
25. [tr.wikipedia.org](http://tr.wikipedia.org). [tr.wikipedia.org/wiki/Borik\\_asit](http://tr.wikipedia.org/wiki/Borik_asit).
26. *Bor Yataklarının Değerlendirilmesi*. Özpeker. s.l. : İTÜ Maden Fakültesi, 2001. Türkiye Borat Yatakları Workshop. s. 57-68.
27. *Identification of Borinic Esters as Inhibitors of Bacterial Cell Growth and Bacterial Methyltransferases*. Benkovic, S.J. 2005, Journal of medicinal chemistry, s. 7468-7476.
28. *Boron-Containing Antibacterial Agents: Effects on Growth and Morphology of Bacteria Under Various Culture Conditions*. Bailey PJ, Cousins G, Snow GA, White AJ. 1980, Antimicrob Agents Chemother, s. 549-53.
29. *Inhibition of HIV-1 Protease by a Boron-Modified Polypeptide*. Pivazyan AD, Matteson DS, Fabry-Asztalos L, Singh RP, Lin PF, Blair W, Guo K, Robinson B, Prusoff WH. 2000, Biochemical Pharmacology, s. 227-236.
30. *Evidence of a Role for NAD<sup>+</sup>-glycohydrolase and ADP-ribosyltransferase in Growth and Differentiation of Streptomyces Griseus NRRL B-2682: Inhibition by M-Aminophenylboronic Acid*. Penyige. 1996, Microbiology, s. 1937-1944.
31. *Antimicrobial Activity of an Acetic and Boric Acid Solution Against Staphylococcus Pseudintermedius*. Freddy Haesebrouck, Margo Baele, H De Keyser, Katleen Hermans and Frank Pasmans. 2009, Vlaamms Diergeneeskundig Tijdschrift, s. 89-90.
32. *Preparing chito-oligosaccharides as antimicrobial agents for cotton*. Seong, H.-S., J.-P. Kim, and S.-W. Ko. 1999, Textile research journal, s. 69(7): p. 483-488.
33. Erem, Ayşin Dural. Nanokompozit Yapılı Tekstillere Geliştirilmesi ve Antimikrobiyal Özellik Kazandırılması. s.l., İstanbul, Türkiye : İstanbul Teknik Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2012.
34. <http://www.teknimed.com>.
35. Boren. [www.boren.gov.tr](http://www.boren.gov.tr). <http://www.boren.gov.tr/tr/bor/kullanim- alanlari/alev-geciktiriciler>.
36. Etimaden. [etimaden.gov.tr](http://etimaden.gov.tr).
37. <http://etimaden.gov.tr/tr/product/bor-kimyasal-esdegerleri-ogutulmus-uleksit>.

38. *Preparation and Characterization of Mesoporous Zirconia Made by Using a Poly (methyl methacrylate) Template.* Guorong Duan, Chunxiang Zhang, Aimei Li, Xujie Yang, Lude Lu, and Xin Wang. 2008, *Nanoscale Res Lett.* , s. 118-122.
39. Nil Baran Acarali, Nurcan Tugru, IEmek Moroydor Derun,Sabriye Piskin. Production and characterization of hydrophobic zinc borate by using palm oil. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials.* 2013, s. 1081–1088.
40. Ying Ma., Xinyu Cao, XinjianFeng, Yongmei Ma, HongZou. Fabrication of super-hydrophobic film from PMMA with intrinsic water contact angle below 90°. *Polymer.* 2007, s. 7455-7460.
41. *Biyomalzemeler.* Gümüşderelioglu, Prof. Dr. Menemşe. 2002, *Bilim ve Teknik*, s. 9.
42. *Thermal Characterisation of Poly(Methyl Methacrylate) Filled with Barium Titanate as Denture Base Material.* Nidal Wanis Elshereksi, Saied Hamd Mohamed, Azlan Arifin, Zainal Arifin Mohd Ishak. 2014, *Journal of Physical Science*, s. 15–27,.
43. Denkdaş, Cenk. Gıda ile temasta bulunan plastik filmlerinin yıpranma özelliklerinin incelenmesi. s.l. : Yıldız Teknik Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
44. Ulus, Onur. Polipropilen Modifiye Diatomit ile Hazırlanan Kompozit Filmlerin Sentezi ve Karakterizasyonu. s.l., Balıkesir : Balıkesir Üniversitesi- Fen bilimleri enstitüsü, 2015.
45. Üner, Gizem. 3-aminopropiltrietoksisilan (apts) ile modifiye polimer/halloysit nanotüplerinin tasarımı, sentezi ve karakterizasyonu. Ankara : Hacettepe Üniversitesi, 2017.
46. *Dietary boron modifies the effects of vitamin D3 nutrition on indices of energy substrate utilization and mineral metabolism in the chick.* Hunt CD, Herbel JL, Idso JP. 1994, *J Bone Miner Res.* , s. 171-82.
47. *Does intra-articular fracture change the lubricant content of synovial fluid?* Hasan H. Ceylan, Mehmet Erdil, Gokhan Polat, Deniz Kara, Elif Kilic, Abdurrahim Kocyigit, Ibrahim Tuncay. 2015, *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, s. 10:89.
48. *Update on human health effects of boron.* H.Nielsen, Forrest. 2014, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, s. 383-387.
49. *Siprofloksasin katkılı kemik çimentosunun biyomekanik özellikleri.* Talip Teoman ASLAN, Zekeriya ÖZTEMÜR, Mahmut ÇİFTÇİ, Gündüz TEZEREN, Hayati ÖZTÜRK, Okay BULUT. 2013, *Acta Orthop Traumatol Turc*, s. 55-59.
50. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN). *boren.gov.tr.* <http://www.boren.gov.tr/tr>.

## Müşerref CAKA



### Kişisel Bilgiler

Doğum Tarihi: 01/01/1991

E-posta: [muserrefcaka@gmail.com](mailto:muserrefcaka@gmail.com)

### Kariyer Hedefi:

Hem iş alanında hem de akademik alanda yüksek bir bilgi birikimi elde ederek çevre ve biyokimya ilişkisini kurmak.

### Eğitim Bilgileri:

İş güvenliği ve İşçi Sağlığı Uzmanlığı Eğitimi ; İris Akademi (2013) / C sınıfı Uzman (2014)

Yüksek Lisans: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi – Biyokompozit Mühendisliği (2014 – 2017) (Not ort: 4.00/4.00)

Lisans: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü- 2009- 2013 (Not ort: 2.94/4.00)

Lisans Diploma Tez Konusu: Curcumin Salımına Yönelik Polimerik Membran Sentezi ve Karakterizasyonu

Lise:Bornova Anadolu Lisesi (İngilizce) -İzmir 2005- 2009

### Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanmış/Yayımlanacak (SCI) Makaleler

- 1) **Caka, M.**, Türkcan, C.,Uygun Aktaş, D., Uygun, M., Akgöl, S., Denizli, A. “Controlled release of curcumin from poly (HEMA-MAPA) membrane” *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology* (2016) DOI: 10.3109/21691401.2016.1160913
- 2) Uygun, M., Feyzioğlu, E., Özçalışkan, E., **Caka, M.**, Ergen, A.,Akgöl, S., Denizli, A. “New generationion-imprinted nanocarrier for removal of Cr(VI) from wastewater” *Journal of Nanoparticle Research*(2013) 15; 1883 DOI 10.1007/s11051-013-1833-9

### Uluslararası katılımlı kongre/sempozyumlarda bildiri kitapçığında basılmış bildiriler:

- 1) Cybil S.,**Caka M.**, Seydibeyoğlu M.Ö.; “Polyurethane foams in biomedical applications” 1st International Conference on Green Chemistry and Sustainable Technologies September 30 - October 3; 2015 İzmir - TURKEY
- 2) Özçalışkan E.,**Caka M.**, Akgöl S.; “Preparation and Characterization of Testosterone Specific Molecular Imprinted Polymeric Nanoparticles” NanoTR VII 2011 –Nanoscience and Nanotechnology Conference June 27 - July 1, 2011 Sabancı University, İstanbul – Turkey

### **Ulusal katılımlı kongre/sempozyumlardabildiri kitapçığında basılmış bildiriler:**

1) 7. Ulusal Afinite Teknikleri Kongresi (13-15 Eylül 2013) (Poster bildiri):

Quercetin Saflaştırılması için Moleküler Baskılanmış Membranların sentezi ve Karakterizasyonu; Somtürk B., Özdemir N., Türkcan C., **Caka M.**, Özel M., Çatalkaya R., Akgöl S.

2) 7. Ulusal Afinite Teknikleri Kongresi (13-15 Eylül 2013) (Poster bildiri):

Curcumin Salımına Yönelik Polimerik Membran Sentezi ve Karakterizasyonu ; **Caka M.**, Türkcan C., Akgöl S.

3) Kromatografi 2012 (6-9 Haziran 2012), Gaziosmanpaşa (Poster bildiri):

Moleküler Baskılanmış Nanopolimerler İle Krom (VI) Giderimi; Feyzioğlu E., Ergen A., **Caka M.**, Özçalışkan E., Akgöl S., Denizli A.

4) Ulusal Kromatografi Kongresi (6-10 Eylül 2011) Diyarbakır (Poster bildiri):

Testosteron Uzaklaştırılması için Moleküler Baskılanmış Nanopartikül Gömülü Kriyojelik Yapıların Sentezlenmesi; Özçalışkan E., **Caka M.**, Akgöl S., Denizli A.;

5) Ar-Ege Proje Pazarı 1-3 Aralık 2010 (Poster bildiri):

Moleküler baskılanmış yeni nesil nano polimerler ile atık sulardan steroid hormon türevlerinin giderimi; **Müşerref Caka**, Sinan Akgöl

### **Tamamlanmış/ Devam eden projeler:**

1) Bor Katkılı Kemik Çimentosu Üretimi (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi – BAP Tez projesi 2016)

2) Bor Katkılı Kemik Çimentosu Üretimi (TUBİTAK-Y.Lisans Öğrencilerini Destekleme Projesi 2210/C Öncelikli alanlara yönelik Y.Lisans Tezi 2016)

3) Moleküler Baskılanmış Nanopolimerler ile Atık Sulardan Krom (VI) Giderimi. (TUBİTAK- Lisans Öğrencilerini Destekleme Projesi 2209/A 2012 Eylül- 2013 Ağustos) -Yürütücü

4) Bitkisel anti-mikrobiyal sabun üretimi (Dokuz Eylül Üniversitesi Liselerarası IV. Fen ve mühendislik proje yarışması -2007) **Müşerref Caka**, İlkser Gültekin, Figen Özyıldız

## **Katıldığı Kurslar,Eğitimler ve Seminerler**

- İş güvenliği ve İşçi Sağlığı Uzmanlığı Eğitimi ( 4 Ağustos 2013- 2 Eylül 2013 / 220 saat)( C Sınıfı İş güvenliği Uzmanı)  
Düzenleyen Kurum: İris Akademi
- 7. Ulusal Afinite Teknikleri Kongresi (13-15 Eylül 2013) (Organizasyon)  
Düzenleyen Kuruluş: Ege Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi
- Incredible Machine:Human Body  
Düzenleyen Kuruluş: BİOMED (29-30 Nisan 2016)
- 1. Ege Nanoteknoloji Günleri  
Düzenleyen Kurum: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi (18-19 Nisan 2013)
- 1. Biyomalzeme Günü  
Düzenleyen kişi: Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Araştırma Merkezi (22 Şubat 2013)
- TS-EN ISO17025 Kalibrasyon ve Laboratuvar Akreditasyon Yönetim Sistemleri  
Düzenleyen Kuruluş:Elginkan Vakfı -10 Mayıs 2011  
Eğitimci: Uzm. Berkay ERİŞ
- Geleneksel 3. Kök Hücre Sempozyumu  
Düzenleyen Kuruluş: Ege Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Topluluğu(EBİLTET) – 30 Nisan 2011
- İyi Üretim Uygulamaları (GMP) Eğitimi 5-6 Ekim 2010  
Düzenleyen Kuruluşlar: Biyokimyagerler Derneği- Akdeniz Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi (AKÜNSEM)  
Eğitimci: Memduh Sami Taner
- BiyogirişimcilikGünü (Organizasyon)  
Düzenleyen Kuruluş: Biyokimyagerler Derneği (2010)
- İlkyardım kursu (İlkyardım Kursu katılım belgesi 35 saat)  
Düzenleyen kuruluş: Ege ÜniversitesiArama Kurtarma Topluluğu (EGECAN) 2009-2010