

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOAKTİF CAM İLAVE EDİLMİŞ KALSİYUM HİDROKSİTİN
DENTİNİN BİYOLOJİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

AZRA SALKOSKA

DOKTORA TEZİ

Endodonti ANABİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. Sema BELLİ

KONYA-2022

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EFFECT OF BIOACTIVE GLASS ADDED CALCIUM
HYDROXIDE ON BIOLOGICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF DENTIN**

AZRA SALKOSKA

DOKTORA TEZİ

Endodonti ANABİLİM DALI

Danışman
Prof.Dr Sema BELLİ

2.Danışman
Doç. Dr Betül Aycan UYSAL

Bu çalışma, 21212044 bilimsel araştırma projesi (BAP) numarası ile Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kurulu tarafından desteklenmiştir.

Konya / 2022

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca, değerli zaman ve bilgilerini benimle her daim paylaşan, her sıkıştığımda bir telefon uzağımda olan, sadece bir hoca değil aynı zamanda bir sırdaş, bir anne, bir abla, bir melek, güler yüzlü bitanecik hocam Prof. Dr. Sema BELLİ'ye kocaman teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamda bana konu, kaynak ve yöntem açısından sürekli yardımda bulunarak yol gösteren Doç. Dr Betül Aycan UYSAL danışman hocama ve değerli asistan arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Teşekkürlerin az kalacağı Prof. Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ, Prof. Dr. Hale ARI AYDINBELGE, Prof. Dr. Funda KONT ÇOBANKARA ve Dr. Öğretim Üyesi Öznur ERARSLAN hocalarıma bana 5 yıllık üniversite ve 4 yıllık doktora hayatım boyunca desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana yol gösteren Dr. Öğretim Görevlisi Levent Ateş hocama da teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu akademik yolculuk sırasında her zaman benim yanımda olan yapabileceğime inandıran, bana olan güvenini benden esirgemeyen ve bu yolu benimle yürüyen biricik eşim Ömer Faruk YILDIZBAŞ ve beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benim her daim yanımda olan biricik annem Şerife Salkoska, babam Remzi Salkoski, abim Adnan, yengem Sihana ayrıca beni kendi kızları gibi seven Ali Yıldızbaş babama ve Rahime Yıldızbaş anneme, ve her zaman yanımda olan kardeşim Kübra Çakır'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET.....	x
SUMMARY	xii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
2.1.Kök Kanal Mikroflorası	3
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	4
2.3. Kök Kanallarının İrrigasyonunda Kullanılan Solusyonlar	5
2.4. Kök Kanal Medikamentleri	6
2.5. Kalsiyum Hidroksit	7
2.6. Biyoseramikler	8
2.7. Biyoaktif Cam	9
2.8. Biyoaktif Camların Antibakteriyel Özellikleri.....	11
2.9.Dental Doku ve Materyallerin İncelenmesinde Kullanılan Teknik ve Analizler	12
2.9.1 SEM / Taramalı Elektron Mikroskopu.....	12
2.9.2. Enerji Dağılımlı X-Işını (EDX).....	12
2.9.3. X Işını Kristalografisi (XRD).....	13
2.9.4. pH Ölçümü	13
2.9.5. Mikrosertlik Analizi	14
3. GEREÇ VE YÖNTEM	15
3.1 Örneklerin Hazırlanması	15
3.2. Materyallerin Karakterizasyonu	21

3.2.1. Taramalı Elektron Mikroskobu analizi (SEM-EDX)	21
3.2.2. X Işınları Kırınım Difraktrometresi (XRD)	24
3.3. pH Ölçümü	26
3.4 Mikrosertlik Analizi	27
3.5 Verilerin Toplanması ve İstatistiksel Değerlendirme.....	29
4. BULGULAR	30
4.1. Materyal Karakterizasyonu ile İlgili Bulgular.....	30
4.1.1. SEM-EDX Bulguları	30
4.1.2. SEM Analizi Görüntüleri	49
4.1.3. XRD Analizi Bulguları.....	54
4.1.4.pH Ölçüm Analiz Bulguları	59
4.1.5. Mikrosertlik Analizi Bulguları	63
5.TARTIŞMA	68
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
7.KAYNAKLAR	81
8.EKLER.....	93
EK- A: Etik Kurul Kararı	94
EK-B: Turnitin Benzerlik Programı Sonucu	95
9.ÖZGEÇMİŞ.....	94

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

BAC	: Biyoaktif Cam
Ca(OH)₂	: Kalsiyum hidroksit
Ph	: Hidrojen Gücü (Power of hydrogen)
CHX	: Klorheksidin
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
EDTA	: Etilendiamin Tetraasetik Asit
XRD	: X-ray Diffraction, X Işını Kristalografisi
SEM	: Scanning Electron Microscope, Taramalı Elektron Mikroskobu
PBS	: Fosfat Tamponlanmış Solüsyon
EDX	: Enerji Dağılımlı X-Işını Analizi
FDA	: The United States Food and Drug Administration, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi
Dk	: Dakika
°C	: Derece santigrad

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.2. 1.gün -Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.3. 1.gün -Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.4 1.gün -Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri

Tablo 4.5. 1.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri

Tablo 4.6. 7.gün -Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.7. 7.gün-Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.8. 7.gün -Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri

Tablo 4.9. 7.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri

Tablo 4.10. 14.gün-Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.11. 14.gün-Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.12. 14.gün -Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri.

Tablo 4.13. 14.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri

Tablo 4.14. Grupların oksijen ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.15. Grupların fosfor ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.16. Grupların kalsiyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.17. Grupların zirkonyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.18. Grupların magnezyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.19. Grupların sodyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.20. Grupların klor ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.21. Grupların potasyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.22. Grupların silisyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

Tablo 4.23. 1., 7. ve 14. günlerin kalsiyum hidroksit grubuna ait bulguları

Tablo 4.24. 1., 7. ve 14. günlerin biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit grubuna ait bulguları

Tablo 4.25. 1., 7. ve 14. günlerin biyoaktif cam grubuna ait bulguları

Tablo 4.26. Kontrol grubuna ait bulguları

Tablo 4.27. 1.gün pH Analiz Bulguları

Tablo 4.28. 7.gün- pH Analiz Bulguları

Tablo 4.29. 14.gün- pH Analiz Bulguları

Tablo:4.30. Tüm grupların pH ölçümleri ile ilgili istatistik analiz sonuçları

Tablo 4.31. 1. Gün mikrosertlik analiz sonuçları

Tablo 4.32. 7.Gün mikrosertlik analiz sonuçları

Tablo 4.33. 14.Gün mikrosertlik analiz sonuçları

Tablo 4.34. Tüm grupların mikrosertlik ölçümlerine dayalı karşılaştırılması

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.3.1. Sol-jel yöntemiyle elde edilen biyoaktif cam partikülleri

Şekil 3.2. Dentin bloklarının oluşturulduğu Metacome T180 Cihaz

Şekil 3.3. Su soğutması altında (Metacome T180), kuronların servikal bölge seviyesinden uzaklaştırılıp DIMOS Ø100 19-100 kesme diski ile dentin blok oluşumu

Şekil 3.4.Su soğutması altında (Metacome T180), kuronların servikal bölge seviyesinden uzaklaştırılıp DIMOS Ø100 19-100 kesme diski ile dentin blok oluşumu

Şekil 3.5.- Oluşturulan dentin kesitleri

Şekil 3.6.- Oluşturulan dentin kesiti

Şekil 3.7. Kalsiyum Hidroksit materyali Toz/Likit (KALSİN)

Şekil 3.8.- Kalsiyum Hidroksit + 7% biyoaktif cam

Şekil 3.9.-7% biyoaktif cam materyalli

Şekil.3.10.- Zeiss marka EVO LS 10 model görüntüleme cihazı

Şekil 3.11.- Kurutulan örneklerin incelenecek yüzeylerine havasız ortamda altın-paladyum tabaka kaplanması.

Şekil 3.12. Örneklerin altın-paladyum tabaka ile kaplanması için cihaz parçası üzerine dizilimleri.

Şekil 3.13 Altın-paladyum tabaka kaplanan örnekler

Şekil 3.14- D8 ADVANCE BRUKER marka (Almanya)

Şekil 3.15- D8 ADVANCE BRUKER XRD Cihazı

Şekil 3.16- pH metre (WTW/pH 3310) ile pH ölçüm işlemi

Şekil 3.17.- pH Metre Kalibrasyon Solusyonları

Şekil 3.18.-Vicker's sertlik cihazı (Hardway -MHVS 1000 AD, Çin)

Şekil 4.1. 1.gün-Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.2. 7.gün- Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.3. 14.gün -Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.4. 1.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.5. 7.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.6 14.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.7. 1.gün-Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.8. 7.gün-Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.9. 14.gün-Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.10. 1.gün-Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.11. 7.gün-Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.12. 14.gün-Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği

Şekil 4.13. Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüsü (x250)

Şekil 4.14. Kalsiyum Hidroksit materyalinin kök dentin ara yüzündeki görüntüsü (X1000)

Şekil 4.15. Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüsü (X10.000)

Şekil 4.16. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X250)

Şekil 4.17. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X1000)

Şekil 4.18. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin ara yüz (X3000)

Şekil 4.19. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X10.000)

Şekil 4.20 Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X250)

Şekil 4.21. Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X3000)

Şekil 4.22. Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X10.000)

Şekil 4.23 Kalsiyum hidroksit materyalinin 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.

Şekil 4.24 Kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam kombinasyonunun 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.

Şekil 4.25 Biyoaktif cam materyalinin 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.

Şekil 4.26 (002) pikinin maksimum yarısında (FWHM) tam genişlikte bir insan dişinin radiküler dentinin X-ışını kırınım spektrumu, hidroksiapatitin kristalliğini yansıtabilir.

Şekil 4.27. 1.gün mikrosertlik analizinden görüntü

Şekil 4.28. 7.gün. mikrosertlik analizinden görüntü

Şekil 4.29. 14.gün. mikrosertlik analizinden görüntü

ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

"Biyoaktif Cam İlave Edilmiş Kalsiyum Hidroksitin Dentinin Biyolojik ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi"

AZRA SALKOSKA

Endodonti Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA 2022

Bu tez çalışmasının amacı, biyoaktif cam parçacıkları ile modifiye edilen kalsiyum hidroksit (Kalsin) materyalinin ayrı ayrı ve kombine şekilde kanal içi medikament olarak kullanımının iyon salınımı, pH değişimi, dentinin biyolojik ve mekanik özellikleri üzerine etkisini değerlendirmektir.

Ortodontik ve periodontal sebeplerle çekilmiş üst anterior dişlerden elde edilen 83 adet dentin blok üzerinde 1.2 mm çaplı kanallar oluşturuldu. Oluşturulan kök dentin kesitlerden: 4 kök dentin kesiti SEM-EDX analizinde, 7 kök dentin kesiti XRD analizinde, 52 kök dentin kesiti pH ölçümünde ve 20 si mikrosertlik analizinde testlere tabi tutuldu. Sol-jel yöntemi kullanılarak biyoaktif cam parçacıkları üretildi ve ağırlıkça %7 oranında ticari bir kalsiyum hidroksit materyaline distile su ile 1/1 oranda karıştırıldıktan sonra ilave edilerek 4 grup oluşturuldu; Kalsiyum hidroksit; Kalsiyum hidroksit + 7% biyoaktif cam; biyoaktif cam ve kontrol. İlk üç grupta hazırlanan patlar, K tipi el eğelerinin yardımı ile oluşturulan 83 adet dentin blok içinde yapay kanallara yerleştirilirken kontrol grubunda hazırlanan kanallar boş bırakıldı. Disklerin her biri ayrı bir ependorf tüpüne yerleştirilip etüve konuldu, 37°C' de %100 nemli ortamda deneyin yapıldığı 1.,7. ve 14. güne kadar bekletildi. Örnek gruplarının sıvı ortam içerisindeki inkübasyonu sonucu zamana bağlı pH takibi analizleri gerçekleştirildi. Ayrıca örneklerin yapay vücut sıvısında belirli periyotlarda yüzey morfolojilerinin değerlendirilmesi ve yapay vücut sıvısı çalışmaları sonrası örneklerin üzerindeki apatit oluşumunun gözlemlenmesi için taramalı elektron mikroskobu (SEM; Zeiss marka EVO LS 10 model görüntüleme cihazı) ve örnek gruplarının yüzeyinde yarı kantitatif elemental incelemenin yapılabilmesi için enerji dağılımlı X-Işını analizi (EDS; EDAX marka EDS ünitesi) analizi ve mineral faz oluşumunu araştırmak üzere TF-XRD ölçümleri yapıldı.

Son olarak dentinin fiziksel özelliklerini değerlendirmek için Vickers Mikrosertlik ölçme yöntemi kullanıldı. Veriler her analiz için ayrı ayrı kaydedildi ve grupların arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların varlığını kontrol etmek için, grup karşılaştırması için Kruskal Wallis testinden yararlanıldı. Zamana dayalı ölçüm karşılaştırması için ise Wilcoxon Signed Rank testi uygulandı.

Yapılan SEM-EDX çalışmasında deney süresi sonunda ise kalsiyum hidroksit+ biyoaktif cam grubu, diğer gruplara kıyasla kök dentininde en düşük Ca, P, Zr, Mg, Na, Cl ve Si gösterirken en yüksek O seviyesi göstermiştir.

XRD Analizi Bulguları: Her numune grubu için yarı maksimumda tam genişlik (FWHM) değerleri birbirinden farklı bulundu. 3.grubun yani biyoaktif cam'ın FWHM'si, diğer gruplarda görüldenden daha fazla apatit kafesinin kristalliğini gösteren en düşük değeri gösterdi. Öte yandan, 14 günlük maruz kalma grubunun, daha az kristallik gösteren en yüksek FWHM değerine sahip olan 2.grup ü olduğu saptandı. Genel olarak, FWHM değerinin biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksite maruz kalma süresindeki artışla arttığı bulundu, bu da dentinin kristalliliğinde aşamalı bir azalmayı gösterir.

PH Analiz Bulguları: pH analizinin 1.,7. Ve 14. Günlerinden elde edilen veriler(Tablo 4.27; Tablo 4.28; Tablo 4.29) ve istatistik sonuçları (Tablo 4.30). Grupların 14. gün pH ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında pH ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). En yüksek pH ölçümü Kalsiyum hidroksit +Biyoaktif cam (%7) örneklerinde en düşük pH ölçümü ise Medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulunmuştur.

Mikrosertlik Analiz Bulguları: 14. gün mikrosertlik ölçümleri karşılaştırıldığında 4 grup arasında mikrosertlik ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir($p<0,05$). En yüksek mikrosertlik ölçümü Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerinde en düşük mikrosertlik ölçümü ise Medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulunmuştur. Bu çalışmanın bulguları ışığında kalsiyum hidroksit materyaline, biyoaktif cam materyali eklenmesinin dentinin biyolojik ve mekanik etkilerini olumlu yönde değiştirdiği söylenebilmektedir. Fakat bu tez çalışmasının sonuçlarına göre, materyalin diğer özelliklerini olumsuz yönde etkileyip etkilemediğini öğrenmek ve bu alanda gelişme kaydedebilmek için daha fazla *in vivo* ve *in vitro* çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar sözcükler: Biyoaktif cam, Kalsiyum Hidroksit

SUMMARY

REPUBLIC OF TURKEY
SELÇUK UNIVERSITY
HEALTH SCIENCES INSTITUTE

"The Effect of Bioactive Glass Added Calcium Hydroxide on the Biological and Mechanical Properties of Dentin"

AZRA SALKOSKA

Department of Endodontics

Phd Thesis/ Konya-2021

The aim of this thesis study is to evaluate the effects of the use of calcium hydroxide (Calcine) material modified with bioactive glass particles separately and in combination as an intracanal medicament on ion release, pH change, biological and mechanical properties of dentin.

1.2 mm diameter canals were created on 83 dentin blocks obtained from upper anterior teeth extracted for orthodontic and periodontal reasons. Bioactive glass particles were produced using the sol-gel method and added to a commercial calcium hydroxide material at a rate of 7% by weight, after mixing with distilled water at a ratio of 1/1, 4 groups were formed; calcium hydroxide; Calcium hydroxide + 7% bioactive glass; bioactive glass and control. While the pastes prepared in the first three groups were placed in the artificial canals prepared in 83 dentin blocks created with the help of K-type hand files, the canals prepared in the control group were left empty. Each of the discs was placed in a separate Eppendorf tube and placed in an incubator, at 37°C in a 100% humidity environment. and kept until the 14th day. As a result of the incubation of sample groups in liquid medium, time-dependent pH follow-up analyzes were performed. In addition, scanning electron microscopy (SEM; Zeiss brand EVO LS 10 model imaging device) analysis to evaluate the surface morphologies of the samples in artificial body fluid at certain periods (1st, 7th and 14th days) and to observe the apatite formation on the samples after artificial body fluid studies, and Energy dispersive X-Ray analysis (EDS; EDAX brand EDS unit) was performed for semi-quantitative elemental examination on the surface of the sample groups and TF-XRD measurements were made to investigate the mineral phase formation. Finally, Vickers Microhardness measurement method was used to evaluate the physical properties of dentin, such as microhardness and modulus of elasticity. Data were recorded separately for each analysis, and the Kruskal Wallis test was used for group comparison to check for statistically significant differences between groups. Wilcoxon Signed Rank test was used for time-based measurement comparison. In the SEM-EDX study, at the end of the

experiment period, the calcium hydroxide + bioactive glass group showed the lowest Ca, P, Zr, Mg, Na, Cl and Si, while the highest O level in root dentin compared to the other groups.

XRD Analysis Findings: For each sample group, the full width (FWHM) values at half maximum were different from each other. The FWHM of the 3rd group, the bioactive glass, showed the lowest value indicating the crystallinity of the apatite lattice more than that seen in the other groups. On the other hand, it was determined that the 14-day exposure group was the second group bioactive glass added calcium hydroxide, which had the highest FWHM value, showing less crystallinity. Overall, the FWHM value was found to increase with increasing exposure time to calcium hydroxide with bioactive glass, indicating a gradual decrease in the crystallinity of dentin.

PH Analysis Findings: 1.,7. of pH analysis. And the data obtained from Day 14 (Table 4.27; Table 4.28; Table 4.29) and statistical results (Table 4.30). When the 14th day pH measurements of the groups were compared; A statistically significant difference was found between the 4 groups in terms of pH measurements ($p < 0.05$). The highest pH measurement was found in Calcium hydroxide + Bioactive glass (7%) samples, and the lowest pH measurement was found in the samples without Medicament.

Microhardness Analysis Findings: When the 14th day microhardness measurements were compared, a statistically significant difference was found between the 4 groups in terms of microhardness measurements ($p < 0.05$). The highest microhardness measurement was found in Calcium hydroxide + Bioactive glass (7%) samples, and the lowest microhardness measurement was found in the samples without Medicament.

In the light of the findings of this study, it can be said that the addition of bioactive glass material to the calcium hydroxide material positively changes the biological and mechanical effects of dentin. However, according to the results of this thesis, more in vivo and in vitro studies are needed to learn whether the material adversely affects other properties and to make progress in this area.

Key words: Bioactive Glass, Calcium Hydroxide

1. GİRİŞ

Kalsiyum hidroksit birçok olumlu özelliği sayesinde günümüzde hala en yaygın kullanılan kanal içi medikamentlerden biridir. Antibakteriyel özelliği, diş dokusundaki rezorpsiyonu inhibe etmesi ve sert doku oluşturarak tamiri indüklemesi en belirgin avantajları arasında gösterilmiştir (Farhad ve Mohammadi 2005). Son zamanlarda, bazı patojenleri öldürebilmesi, kanal içi dezenfeksiyonu sağlaması, pH ının yüksek olması ve kemik benzeri dokulara kuvvetli bağlanması gibi nedenlerle biyoaktif camlar ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır (Zehnder ve ark 2004).

Biyoaktif camlar yüzey-reaktif materyaller olmalarının yanı sıra, vücut sıvılarıyla karşılaştıklarında ,karbonize apatit tabakası oluşturur ve bunun sonucunda organik bağlar ile sert dokular bütünleşmektedirler (KULAN ve ULUKAPI 2011). Biyoaktif camlar medikal olarak pek çok kullanım alanına sahiptirler ve camın tüm bu özellikleri göz önüne alınarak, kemik doku tamiri ve rejenerasyonunda, dentin hassasiyetinin giderilmesi, kuafaj tedavisinde de kullanılabilir olması için çalışmalar devam etmektedir (Brunner ve ark 2009).

Ancak kalsiyum hidroksit ve biyoaktif camlar karıştırıldıklarında birbirleri üzerinde olumlu ya da olumsuz etkilerinin olup olmadığı, kök dentinin yapısında, sertliğinde ne gibi değişiklik yapacakları bilinmemektedir. Bu etkilerin önceden bilinmesi klinikte meydana gelebilecek olumsuz şartlar ile baş edilebilmesi açısından önemlidir. Bu sebeple bu çalışmada, iki medikamentin karıştırılması ve bu karışımın dentinin biyolojik ve fizyolojik özellikleri ve kalsiyum hidroksitin, pH değişimi üzerindeki etkilerini incelemek amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Endodontik tedavi, kök kanal sistemindeki bakteri, bakteriyel yan ürünler, nekrotik dokular, pulpa artıkları ve doku kalıntılarının tamamen temizlenip oluşan boşluğun 3 boyutlu bir şekilde orijinal formuna sadık kalarak genişletilmesini takiben hermetik şekilde doldurulmasını hedefleyen bir tedavi şeklidir (Erdem Hepşenoğlu 2017).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken noktalardan biri mekanik preparasyondan sonra oluşan kök kanalının orijinal kök kanal hatlarına benzerlik göstermesidir (Sjögren ve ark 1990). Mekanik temizleme tamamlandıktan sonra devamında artık doku bırakılmamalı,, apikale doğru gittikçe daralan, düzgün tersine konik bir şekil sağlanmalı ve kanal dolgu materyallerinin kolaylıkla yerleştirilebileceği bir form göstermelidir (Taylor ve ark 1997).

Mekanik preparasyon ve şekillendirme sonucu kök kanallarından % 50 oranında mikroorganizma eliminasyonu saptansa da, bakteri endotoksinlerinin kök kanalından uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır (Lee ve ark 1990). Bu yüzden kanal eğelerinin ulaşamadığı yerlerdeki mikrobiyal topluluğun eliminasyonu için çeşitli dental materyallerin kullanılması gereklidir (Horiba ve ark 1990). Enfekte kök kanallarında yer alan mikroorganizma sayısı uygulanan mekanik preparasyon, irrigasyon ve kanal içi medikamentlerin beraber uygulanımı ile büyük bir ölçüde elimine edilebilir(Walton 1984).

2.1 Kök Kanal Mikroflorası

Mikroorganizmaların kök kanal enfeksiyonundaki rolüne ilişkin literatür, mevcut oral mikrobiyoloji bilgimize yeni bir ışık tutan  ıgır a an moleküler teknikler açısından ilginç bir tarihsel geçmişe sahiptir. Çinlilerin inanışına göre, diş içinde siyah başlı beyaz bir solucan yaşıyordu ve bunun apselere neden olduğu düşünülüyordu (Curson 1965). Bu solucan teorisi 18.yüzyılın ortalarına kadar devam etti ve daha sonra içi boş t p teorisi , pulpal hastalıklar için bakteriyel neden arayışını engelledi (Polz ve Cavanaugh 1998). Kök kanalında mikroorganizmaların varlığı, 17.yüzyılda Van Leeuwenhoek tarafından tanımlanmış olmasına rağmen bulgular 1894'te W.D.Miller tarafından doğrulanmıştır ve, kök kanal enfeksiyonunun bakteriyolojik araştırması hakkındaki bulgularını yayınlamıştır (Bergenholtz ve Dahl n 2004).

1930'larda mikrobiyolojik teknikler kullanıldı ve bunun amacı endodontik yöntemlerin biyolojik temelini belirlemektir. Bunu takiben gram pozitif fakültatif bakteriler geri kazanıldı ve endodontik patojenler olarak kabul edildi (George ve Ivancakova 2007).

1960'larda ise anaerobik kültürün gelişmesiyle birlikte, kök kanalında birçok yeni ve daha önceden bilinmeyen mikroorganizma tanımlandı ve endodontik mikrobiyotanın anaerob ağırlıklı olduğuna inanılmaya başlandı (George ve Ivancakova 2007).

Endodontide önemli bir dönüm noktası olan Sundqvist'in 1976'daki tezi, taksonomi sonunda anaerobların endodontik enfeksiyondaki rolünü doğrulamıştır ve buna takiben daha sonralarda patojenite ve siyah pigmentli Gram negatiflerin varlığı, çeşitli diğer Gram negatiflerle birlikte incelenmiştir (Sundqvist 1976).

Kültürü zor olan yeni türlerin tanımlanmasında, VMGA III gibi bir taşıma ortamının ortaya çıkması ve modern moleküler analizlerin kullanılmasıyla,çok yönlü bir artış olmuştur (George ve Ivancakova 2007).

Dentin-pulpa kompleksi normalde sağlam mine ve sement tarafından mikrobiyal invazyondan korunur. İstilacı bakterilerin girişi, diş tedavisi sırasında çürük, travma ve pulpanın kontaminasyonu, çatlaklardan tükürüğün sızması veya yetersiz koronal restorasyonlar nedeniyle üstteki mine ve dentinin bütünlüğünde bir bozulma olduğunda meydana gelir (Polz ve Cavanaugh 1998).

2.2 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Ağız ve diş hastalıkları günümüz dünyasında yaygın oluşan sağlık problemleri arasında yer almaktadırlar. Dişlerde oluşan çürükler ve periodontal problemler bu sorunlar arasında en sık görülenlerdir. Fakat erken dönem teşhislerinde kolay ve başarılı şekilde tedavi edilebilmeleri yanında doğal dişlerin korunması, daha kolay çiğneme fonksiyonu ve daha iyi bir sindirimin sağlanması gibi faydaları da beraberinde getirir (ÇALIŞKAN ve ark 1999). Eskiye oranla günümüzde insan modern tedavileri tercih eden hastaların sayısı artırmıştır (Ingle ve ark 1994).

Endodontideki güncel gelişmeler dişlerdeki çekim oranlarını azaltıp dişlerin korunması eğilimindedir (Roda 2006). Endodonti diş pulpası ve periapikal dokularının morfolojisi, fizyolojisi ve patolojisi ile ilgilenen diş hekimliği dalıdır ve mevcut tanımı iki alana odaklanmak için birleştirilmiştir. Birincisi pulpa ve periapikal dokularının morfolojisi, fizyolojisi ve patolojisi, ikincisi ise pulpa hastalığının ve ilişkili periapikal durumların etiyolojisi, teşhisi, önlenmesi ve tedavisidir (Affairs 2006).

Pulpa, dişler için duyu kaynağı görevi görür. Enfeksiyon, çürük veya travmatik kazalar gibi farklı nedenlere bağlı geri dönüşü olmayan harabiyet, ağrının giderilmesi ve sağlıklı diş restorasyonu için kanal tedavisine ihtiyaç duyar (Khan ve ark 2019). Bu gibi durumlar endodontik tedavi başarısı için doğru teşhis ve tedavi gerektirir. Endodontik tedavi, obturasyon için kullanılan tekniklerde ve kullanılan modern aletler sonucunda %86-98 oranında endodontik başarı sağladığı görülmüştür (Allen ve ark 1989).

Kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında dikkat edilmesi gereken noktalardan biri preparasyondan sonra elde edilen kök kanalının orjinal kök kanal hatlarına benzerlik göstermesidir (Sjögren ve ark 1990).

Düzgün şekillendirilmiş bir kanal boşluğu, üç boyutlu olarak koronalden apikale daralırken, kanal dolgusunda kullanılacak alet ve materyallerinin apikal bölgeye rahatça ulaşmasına izin verir.

2.3 Kök Kanallarının İrrigasyonunda Kullanılan Solusyonlar

İrrigasyon solüsyonlarının kullanılması, kök kanallarının dezenfeksiyonu için oldukça önemlidir (AKÇAY ve ark 2010). Bu sebeple kök kanallarının preparasyonu daima etkin bir irrigasyon ile desteklenmelidir (Moser ve Heuer 1982). Bu amaçla klinikte en sık kullanılan irrigasyon protokolü Sodyum Hipoklorit (NaOCl) (Zehnder 2006), Klorheksidin (Block 2001), Etilendiamin Tetra Asetik Asit (EDTA) (Harrison 1984) içermektedir. Günümüzde çok farklı irrigasyon protokolleri de tanıtılmış ve halen test edilmektedir.

İdeal bir irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özellikler:

- Geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliğe sahip olup ayrıca bakteri ve mayaları etkin bir şekilde öldürebilmeli,
- Organik ve inorganik doku artıklarını çözebilmelidir,
- Biyouyumlu olup vital çevre dokuları irrite etmemeli, ayrıca sitotoksik ve kostik etki yaratmamalı,
- Yüzey gerilimi düşük olmalı,
- Dişin yapısını zayıflatmamalı,
- Smear tabakasını tamamen kaldırabilmeli
- Ekonomik olmalı,

- Uygulanabilirliği kolay olmalı,
- Uzun raf ömürlü olmalı (Tay ve ark 2010).

2.4 .Kök Kanal Medikamentleri

Kök kanal medikamentleri endodontik tedavide, kemomekanik preparasyon sonucu kök kanal sisteminden uzaklaştırılamayan canlı bakterileri elimine etmek, enflamasyonu ve ağrıyı hafifletmek, enflamatuvar kök rezorpsiyonunun önüne geçmek, ve kök kanal sisteminin yeniden enfekte olmasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır (Abbott 1990). Yakın zamana kadar formokrezol, iyodoformlu patlar, antibiyotikler, fenol bileşikler, kortikosteroidler sıklıkla kanal içi ilaç olarak kullanılıyordu, ancak kanala uygulanan bu tür bakterisidal kimyasalların kök ucundan tüm vücuda dağıldığı ve dolayısıyla alerji dahil çeşitli zararlı etkilere neden olabileceğine dikkat çekildi (AŞÇI ve ark. 2018).

Fenol ve formokrezolün belirgin sitotoksikite sergilediği gösterilmiştir ve formok-resolün ayrıca teratojenisite ve tümörijenisite gösterdiği ve immün reaksiyonları indüklediği bildirilmiştir (Spangberg ve ark 1973),(Kasugai ve ark 1991),(Friedberg ve Gartner 1990), (Kawashima ve ark 2009).

Formaldehit pulpa ve periapikal dokularla temas halinde vücudun her yerine taşınır (Van Mullem ve ark 1983). Antibiyotikler apikal açıklıktan tüm vücuda taşınabilir ve dirençli suşların, mikrobiyal ikamenin ve alerjinin gelişmesine neden olabilir (Neu 1992).

Steroidlerin ve NSAID'lerin periapikal patoloji üzerindeki etkileri hala belirsizdir ve rutin kullanım için önerilmektedir. Bununla birlikte, tipik bir halojen dezenfektan olan sodyum hipokloritin sulu çözeltileri, kök kanal irrigasyonu için hala yaygın olarak kullanılmaktadır; ayrıca, klorheksidin glukonatın da belirli durumlarda kök kanal irrigasyonu için etkili olduğu rapor edilmiştir (Orstavik ve Pitt Ford 2008).

İdeal kanal içi medikamentlerin sahip olması gereken özellikler:

- Kök kanal sistemindeki bakterileri elimine edebilmeli
- Enflamasyonu engelleyebilmeli
- Sert doku oluşumunu stimüle etmeli
-  evre dokulara toksik etki göstermemeli(Abbott 1990).

2.5 Kalsiyum Hidroksit (Ca(OH)₂)

1920'de Hermann tarafından tanıtıldığından beri Ca(OH)₂ antibakteriyel, biyoyoumlu ve rejeneratif özellikleri sebebiyle kanal tedavisi sırasında yaygın bir şekilde kullanılan kanal içi ilacıdır (Estrela ve Pesce 1997). pH'ı yaklaşık 12,5 olan güçlü bir alkali maddedir. Kalsiyum hidroksit, sulu bir çözelti içinde kalsiyum ve hidroksil iyonlarına ayrışır (Fulzele ve ark 2011).

Suda           azdır, difüzyonunun sınırlı olması sebebiyle biyolojik olarak uyumludur (Siqueira Jr ve Lopes 1999). Enfekte olan kök kanallarının çevresinde periapikal sert dokuların oluşumunu uyarıp ve travma sonrası bile periapikal doku iyileşmesini stimüle eder (Deveaux ve ark 2000).

Aynı zamanda antimikrobiyal aktivite, diş rezorpsiyonunun inhibisyonu ve sert doku oluşumu ile onarımın indüklenmesi gibi çeşitli biyolojik özellikleri vardır (Byström ve Sunqvist 1985),(Tronstad 1988).

Endodontik patojenlerin çoğu, kalsiyum hidroksitin sağladığı yüksek alkali ortamda yaşayamazlar (Heithersay 1975). Kalsiyum hidroksitin bir diğer dikkate değer özelliği, mineralleşmeye programlanmamış olanlarda bile sert doku oluşumunu indükleme kapasitesidir (Bergenholtz ve Dahl n 2004),(Mitchell ve Shankwalker 1958). Yüksek pH'ının lokal doku pH'ını yükselttiğine, osteoklastları inaktive ettiğine ve alkalın fosfatazı aktive ettiğine düşünülmektedir (Tronstad ve ark 1981),(Ha kel ve ark 2000).

Kalsiyum hidroksit "altın standart" olarak adlandırılan endodontik bir ilaçtır, ancak kök kanal sistemlerinde bulunan bazı fakültatif bakteri ve mayaları yok etmede başarısız olabilir (Schäfer ve Bössmann 2005).

2.6 Biyoseramikler

Biyoseramik malzemeler insanların vücudunda kullanılmaya uygun biyouyumlu seramiklerdir (Veljović ve ark 2012). 1990'larda endodontiye ilk önce retrograd dolgu malzemeleri ve daha sonra kök onarım simanları, kök kanal dolgu patları ve güta-perka konları olarak tanıtıldı (Atmeh ve ark 2012),(Koch ve Brave 2012). Ayrıca kemik defektlerini doldurmak, apikal dolgu materyalleri, perforasyon sızdırmazlık, ve rejenerasyona yardımcı olarak da kullanılmıştır (Raghavendra ve ark 2017). Biyoseramik malzemelerin endodontide potansiyel avantajları, fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilgilidir (Camilleri ve Pitt Ford 2006). Biyoseramikler biyouyumludur ve toksik değildir. Büzülme gözstermezler ve biyolojik çevrede genellikle kimyasal olarak stabildirler (Reyes-Carmona ve ark 2009).

İnsan dokuları olarak işlev görme veya doğal dokuların yeniden emilmesi ve yenilenmesini teşvik etme kabiliyetine sahiptirler. İçeriklerinde alümina ve zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, kalsiyum silikatlar, hidroksiapatit ve emilebilir kalsiyum fosfatlar ve radyoterapi camları bulunur (Nasseh 2009), (Jain ve Ranjan 2015).

Endodontide kullanılan biyoseramik materyallerin çeşitli sınıflandırmaları kompozisyon, priz mekanizması ve kıvama göre verilmiştir. Biyoseramikleri sınıflandırmanın daha basit yollarından biri şu şekildedir (ES 2008), (Hench 1993):

Biyoinert: biyolojik sistemlerle etkileşimli olmayan ,

Biyoaktif: Çevreleyen doku ile ara yüzey etkileşimine girebilen dayanıklı dokular.

Biyobozunur: çözünür veya emilebilir, sonunda değiştirilebilir veya dokuya dahil edilebilir (Trikalsiyum fosfat, Biyoaktif camlar).

2.7 Biyoaktif Camlar

Biyoaktif cam (BAG)-S53P4, kanıtlanmış antibakteriyel ve kemik bağlama özelliklerine sahip bir osteokondüktif kemik ikamesidir (Lindfors ve ark 2010). Ayrıca yüz kemiklerindeki kusurların rekonstrüksiyonu (Suominen ve Kinnunen 1996), dentoalveolar kompleksin rehabilitasyonu (Wilson ve ark 1994), periodontal ceplerin rejenerasyonu (Larmas ve ark 1995) ve son zamanlarda aşırı duyarlılığın tedavisi için kullanılmıştır (Salonen ve ark 1996). Biyoaktif camlar, birçok klinik durumda sert doku iyileşmesini desteklemek için değerli bir yardımcı haline gelmiştir ve biyouyumluluğu, rejeneratif ve antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra insan kemiği ve dentin mineral yapısına çok benzeyen kimyasal bileşimi nedeniyle endodontik tedavi için özellikle ilgi çekici olmuştur (Profeta ve Prucher 2017)

Diş hekimliğinde kullanılan bir biyomateryal grubu olan $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O-CaO-P}_2\text{O}_5$ tipi biyoaktif camlar son zamanlarda topikal kök kanal dezenfektanları olarak önerilmektedir (Zehnder ve ark 2004).

Biyoaktif camlar da CaOH_2 gibi alkalın türlerin nemli bir ortamda sürekli salımı yoluyla çevrelerini dezenfekte ederler (Allan ve ark 2001). Kalsiyum, fosfat, sodyum ve silika salgırlar ve böylece yavaş yavaş saf etkisiz kalsiyum fosfat parçacıklarına dönüşürler. Zamanla reaktif lokal antiseptiklerden biyoaktif sert doku benzeri yapıya dönüşürler (Sepulveda ve ark 2002).

Biyoaktif camlar, insan vücuduna implantasyondan sonra güçlü bir cevabı stimule edebilecek biyoinert durumdan, biyoaktif duruma geçecek şekilde modifiye edilmişlerdir (Stoor ve ark 1998). Silika bazlı materyallerdir ve bunun yanında doku sıvılarıyla temas sonucu oluşan kimyasal tepkimelerle dokularda hızlıca bağlanabilme kabiliyetine de sahiptirler. Biyoaktif camların biyoaktivitesinin oldukça yüksek olduğu söylenebilir ve eşit oranda çözünerek yeni şekillenen dokuya katıldığı, mükemmel osteokondüktif yeteneği sayesinde ve biyouyum çerçevesinde mezenkimal kök hücrelerin göçüne izin verdiği söylenmektedir (Profeta ve Huppa 2016). Bu durum kullanım alanlarının, düşük dayanım gerektiren tıbbi uygulamalarla sınırlı kalmasına sebep olmuştur (Kükürtcü 2008). Biyoaktif camların sert doku oluşmasını uyarıcı etkisi, remineralizasyonun artmasındaki desteği ve antibakteriyel

özelliği diş hekimliğinde halihazırda olan materyallerin yapısına katılarak, bu materyallerin özelliklerini geliştirme fikrini ortaya çıkarmıştır (Burwell ve ark 2009), (Kaur ve ark 2014). Yapılan bir çalışmada, biyoaktif cam materyalin CaOH_2 ile karşılaştırıldığında daha az miktarda antisepsi sağladığı görülmüştür (Zehnder ve ark 2006).

45S5 biyocam birçok araştırmacı tarafından *in vivo* ortamda başarıyla araştırılan ilk biyoaktif camdır (Kangasniemi ve ark 1993). *In vivo* implantasyonunun sonuçları, bu malzemelerin toksisite, alevlenme ve yabancı cisim yanıtı vermediğini göstermektedir (Greenspan ve ark 1994).

Çözünmesi sırasında katyon salmasından dolayı pH yükselir ve bu koşullar antimikrobiyal ortam oluşturur (Stoor vd 1998). Önceki bir *in vitro* çalışma, bir tür biyoaktif cam olarak S53P4'ün, mine çürüğü (*Streptococcus mutans*), kök çürüğü (*Actinomyces naeslundii*, *S. mutantları*) ve periodontit (*Actinobacillus actinomycetemcomitans*) ile bağlantılı patojenleri öldürebileceğini göstermiştir (Tay ve ark 2010). Endodontik prosedürler sırasında, biyoaktif camların dezenfektan olarak kullanılmasının dentin stabilitesi üzerinde olumsuz bir etki göstermediği gösterilmiştir ayrıca, kemik rejenerasyonu konusunda çok başarılı oldukları ispatlanmıştır (Doyon ve ark 2005).

Felipe ve arkadaşları tarafından köpeklerde yaptıkları çalışmada, biyoaktif cam kullanımının mineralize kemik oluşumunu başlattığı gösterilmiştir (Felipe ve ark 2009). Başka bir histolojik çalışmada, sıçanların tibialarında cerrahi olarak oluşturulan defektlerde kemik oluşumunu değerlendirmek için iki farklı biyoaktif cam (PerioGlas ve BioGran) bileşimi kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarından, her iki biyoaktif cam bileşiminin, mükemmel osteokondüktif özelliklerini gösteren karşılaştırılabilir kemik oluşumunu desteklediği sonucuna varılmıştır (Sonatkar ve Lolge 2020). Biyoaktif camların biyolojik aktivitelerinin çoğu, çeşitli terapötik iyonların salınması ile ilgilidir. Günümüzde, bu materyalin yeni formülasyonları, rejeneratif tıp stratejilerinin lehine olan biyolojik aktivitelerini geliştirmek için araştırılmaya başlanmıştır. Bir çalışmada, cam yapısına stronsiyum ve kobalt dahil

edilerek biyoaktif camın osteogenezi ve anjiyogenez aktiviteleri geliştirilmiştir (Kargozar ve ark 2017), (Kargozar ve ark 2018).

2.8. Biyoaktif Camların Antibakteriyel Özellikleri

Sulu süspansiyonlarda pH'ı artırma potansiyeline sahip olması biyoaktif camların antibakteriyel özellikleri arasında yer alır (Allan ve ark 2001). Farklı oral mikroorganizmalarda geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi olan biyoaktif camın, endodontik tedavide intrakanal ilaç olarak kullanımını haklı çıkarmaktadır (Stoor ve ark 1998). Yapılan araştırmalar sonucu 20-50 nanometre (nm) biyoaktif cam partiküllerinin, *E. faecalis* ile doğrudan temas halinde olması sonucunda antibakteriyel özelliklerin arttığını göstermiştir (Waltimo ve ark 2007).

Uzun süreli endodontik başarı için karmaşık bir kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu yüksek önem taşır. Bununla beraber, kanallardaki kimyasal ve mekanik işlemlerden sonra bile yeterli dezenfeksiyon elde etmek bazen mümkün değildir. Mikrobiyolojik çalışmalar sonucunda, inatçı enfeksiyonlarında *E. faecalis* ve *Candida albicans* gibi dirençli mikroorganizmaların varlığı belirlenmiştir (Chong ve Ford 1992).

Yapılan bir çalışmada, *E. faecalis*in neden olduğu enfeksiyonunu, S53P4 biyoaktif cam süspansiyonunun kalsiyum hidroksit süspansiyonundan daha verimli bir şekilde bloke ettiği belirlenmiştir (Zehnder ve ark 2004).

Biyoaktif camlar alkali özellik göstermemelerine rağmen, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* suşlarına karşı antimikrobiyal özellikler göstermiştir. Bunun sonucunda ise biyoaktif camların alkalinite olmadan bile hala antimikrobiyal aktivite sağlayabildiğini göstermektedir (Kapoor ve ark 2014).

Bu özellikleri baz alarak, biyoaktif camların ciddi kemik enfeksiyon olarak tanımlanan osteomyelit ve periimplantis tedavisinde yeterli iyileşme sağlayabileceği düşünülmüştür (Drago ve ark 2014), (Rahaman ve ark 2014).

Bioglass 45S5 ve S53P4, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından antimikrobiyal özelliklerin önemli olduğu klinik uygulamalar için kullanımı onaylanmıştır (Vallittu 2017).

2.9 Dental Doku ve Materyallerin İncelenmesinde Kullanılan Teknik ve Analizler

2.9.1 SEM / Taramalı Elektron Mikroskobu

(SEM), X-ışını kırınımı ve enerji dağıtıcı X-ışını kullanımı, son birkaç yılda büyük ölçüde artmıştır. (SEM), 1962'den beri diş hekimliğinde oldukça uzun bir süredir araştırmalarda yararlı bir araç olmuştur. SEM, görüntülerin yüksek büyütmede (50X-10.000X ve üzeri) görselleştirilmesini sağlar (Boyde ve Stewart 1962). Bu teknikte, bir elektron demeti numuneye çarptığından, elektron demetinin enerjisi ve numunenin doğası dahil olmak üzere özellikleri birçok faktöre bağlı olan çeşitli sinyaller üretmek için bir elektron demeti numunenin yüzeyini tarar, ve yanıt bir dedektör tarafından toplanır (Saghiri ve ark 2012).

Endodontide SEM temel olarak kök kanalı içindeki bakteriyel sızıntıyı, bakteriyel biyofilm oluşumunu değerlendirmek ve ayrıca kök postları ve dolgu simanlarına ilişkin kırık paternlerini değerlendirmek için kullanılır. Farklı döner alet ve tekniklerden sonra dentin yüzeyinin topografik analizini de SEM ile yapmak mümkündür (Wang ve ark 2012), (Agrawal 2012) (Kuga ve ark 2012). SEM teknolojisinin kullanımı, odağı değiştirmeden kök/dentin yapılarının farklı yüksekliklerde görüntülenmesini sağlar. Ayrıca SEM figürleri gri skalada olduğundan, optik stereomikroskoplarda bulunan bir sınırlama olan dentinin rengi doğru bir odak elde etmede etkili değildir (Barkarmo ve ark 2013)

2.9.2 Enerji Dağılımlı X-ışını (EDX)

Enerji Dağılımlı X-ışını (EDX) mikroanalizi, numunelerde bulunan elementlerin varlığını ortaya çıkaran karakteristik X ışınlarının üretilmesine dayanan elektron mikroskobuyla ilişkili bir element analizi tekniğidir. EDX mikroanalizi, birçok araştırmacı ve klinisyen tarafından farklı biyomedikal alanlarda

kullanılmaktadır. EDX mikroanalizinin spektrumu hem yarı nitel hem de yarı nicel bilgileri içerir (Scimeca ve ark 2014). EDX ayrıca çevre kirliliği çalışmalarında ve dokularda biriken minerallerin karakterizasyonunda da kullanılmaktadır. Sonuç olarak, EDX, doku, hücre veya başka herhangi bir numunede endojen veya eksojen element tayini gerektiren tüm çalışmalarda yararlı bir araç olarak kabul edilebilir (Scimeca ve ark 2018).

2.9.3 XRD- X-ray diffraction, X ışını kristalografisi

XRD yöntemleri, kristallerin X-ışınlarını karakteristik bir şekilde kırınma kabiliyetine dayanır ve kristal fazların yapısının ayrıntılı çalışılmasına izin verir. Kaydedilen kırınım desenleri, bir numunenin çeşitli mikro ve makro yapısal özelliklerinin ek katkılarını içerir (Epp 2016). Pik yoğunluğuna bağlı olarak, kristal yapısı ile doku ve kantitatif faz analizleri hakkında bilgi alınabilir (Dinnebier ve Billinge 2008).

2.9.4 pH Ölçümü

pH'ın kısaltması “Power of Hydrogen” yani “Hidrojenin Gücü” olarak tanımlanır. pH çözeltinin baz veya asit derecesini gösteren bir ölçü birimidir ayrıca pH terimini oluşturan p harfi ; - (eksi) logaritmanın matematik sembolünden, H harfi ise kimyasal formülünden türetilmiştir.

Kısacası pH ‘ın tanımı Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritmasıdır

$$pH = -\log[H^+] / pH = -\log[H^+]$$

pH'ın asidik değer göstermesi, kemik doku rezorbsiyonu yapabilirken, bu değer alkalik değer göstermesi, alkalen fosfataz enzimlerini aktif hale getirerek, kemik dokularının tamiri için uygun bir ortam oluşturmaktadır (Torneck ve ark 1983),(Stashle ve ark 1989) (Pérez ve ark 2001).

pH düzeyi, farklı renk alan pH kağıtlarıyla saptanabilir fakat tip göstergelerin doğrulukları sınırlıdır ayrıca renkli örneklerde doğru sonuçları elde etmek zorlaşabilir.

2.9.5 Mikrosertlik Analizi

Mikrosertlik testleri, malzemelerin fiziksel özelliklerini ve dişlerin sertliğini incelemek için yaygın olarak kullanılır (Chunmuang ve ark 2007). Bu yöntem kolaydır, hızlıdır ve test için yalnızca küçük bir numune yüzeyi alanı gerektirir. Ayrıca bu tekniği kullanarak, numune yüzeyleri belirli bir süre boyunca belirli bir yükte bir elmas uç (bir Knoop veya bir Vickers) ile baskılanır (Attin ve ark 2003). Yükün kaldırılmasından sonra, girintinin köşegenleri bir optik mikroskopla ölçülür ve sertlik sayısı, girinti yükü ile girinti şekline bağlı olan kalıntı izlenim alanı arasındaki oran ile tanımlanır (Maia ve ark 2008). Daha sonra malzemelerin sertliği şu denklemler kullanılarak hesaplanır:

Knoop mikrosertliği için $HK = 14230 (F/d^2)$ veya

Vickers mikrosertliği için $HV = 1854 (F/d^2)$

Meydana gelen iz alanı ne kadar küçük ise, elde edilen Vickers sertlik değeri o kadar büyüktür ve bu sonuç materyalin daha sert olduğunu gösterir (O'brien 2002).

Biyoaktif cam ile yapılan çalışmalarda genellikle rejenerasyon potansiyeli, osseointegrasyon yeteneği, remineralize edici özelliği, hassasiyet tedavisi ve antibakteriyel özellikleri nedeniyle birçok farklı materyal ile kombine kullanımı araştırılmıştır. Ancak daha önce bu materyalin kalsiyum hidroksit ile kombine edildiği bir çalışmaya bilgimiz dahilinde rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı kalsiyum hidroksit ve biyoaktif cam kombinasyonunun kanal içi medikament olarak kullanımının iyon salınımı, pH değişimi ve kök dentini üzerine etkisini değerlendirmektir. Çalışma hipotezleri aşağıdaki gibidir:

- 1- Kalsiyum hidroksit ve biyoaktif cam kombinasyonlarının kullanımı kök dentinin biyolojik ve mekanik özellikleri üzerinde herhangi bir değişikliğe yol açmaz;
- 2- Kalsiyum hidroksit ve biyoaktif cam kombinasyonunun kalsiyum hidroksitin pH değişimi ve üzerine etkisi yoktur.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Örneklerin hazırlanması:

Bu çalışmanın deneyleri, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve Bezmialem Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde gerçekleştirilmiştir. Analizler Selçuk Üniversitesi İleri Teknolojik Araştırma ve Uygulama Merkezinde tamamlanmış ve tez projesi Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Merkezi BAP tarafından 21212044. numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu çalışma ayrıca Selçuk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Ve Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu tarafından 18.02.2021 tarihinde 2021/05 sayı ile onaylanmıştır.

Bu çalışmada ticari olarak ulaşılabilen kalsiyum hidroksit (KALSİN-TÜRKİYE) ve ağırlıkça %7 biyoaktif cam ve biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit kanal içi medikament olarak kullanılmıştır. Sonrasında 1., 7. ve 14. günlerde iyon salınımı, pH değişimi ve dentinin biyolojik ve mekanik özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

45S5 biyoaktif cam üretimi ve karakterizasyonu: Bu çalışmada kullanılan 45S5 biyoaktif cam numunelerinin üretimi, klasik ergitme yöntemi ile yüksek sıcaklık kül fırını (Protherm) kullanılarak gerçekleştirildi. Ergitme işlemi ile elde edilen biyoaktif cam yapısının içeriği ağırlıkça: %45 SiO₂, %24.5 CaO, %24.5 Na₂O, %6 P₂O₅ olarak belirlendi. Bu oranlardaki içeriğin oluşabilmesi için SiO₂, CaCO₃, Na₂HPO₄.2H₂O, NaHCO₃, kimyasallarından belirli miktarlarda tartılarak cam kavanoz içerisinde bir karışım elde edildi. Platin pota içerisine alınan bu karışım sırasıyla 1400 °C ve 1450 °C sıcaklıklarında 1 saat ve 2 saat süre ile ergitildi, ardından eriyik haldeki karışım demir tezgâh üzerine damlalar halinde dökülüp 550 °C 'de 24 saat boyunca tavlama işlemine tabi tutuldu. Elde edilen 45S5 biyoaktif cam numuneleri mekanik olarak parçalanıp agat havan yardımı ile partikül boyutları 100 µm altı olacak şekilde öğütüldü. Sol-jel yöntemiyle elde edilen biyoaktif cam partikülleri Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



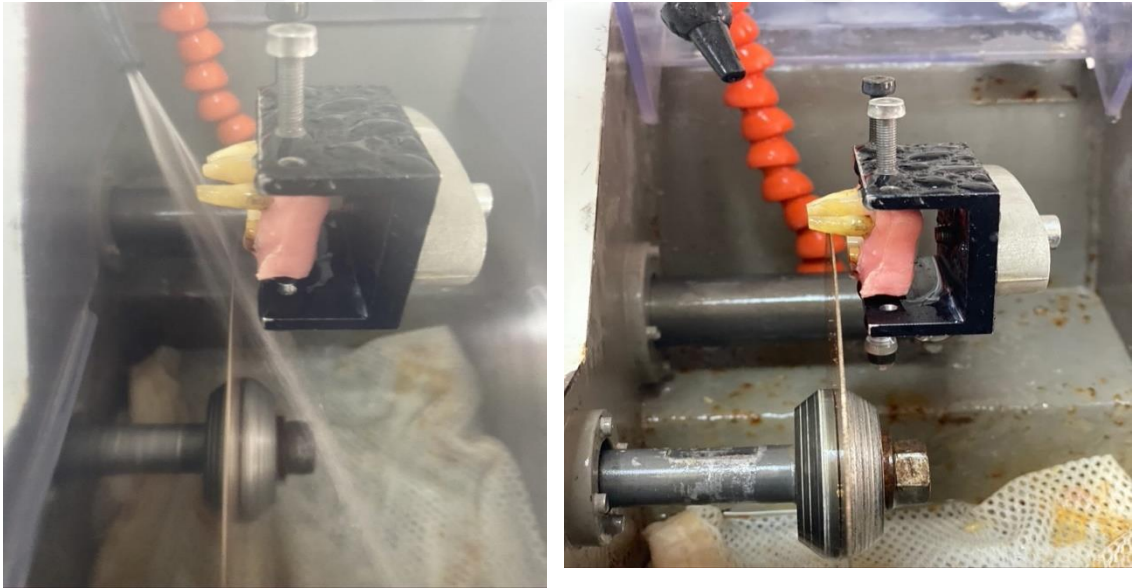
Şekil.3.1. Sol-jel yöntemiyle elde edilen biyoaktif cam partikülleri

Deneyde ortodontik ve periodontal sebeplerle çekilmiş, çürük, çatlak, kırık ve restorasyon bulunmayan 83 adet üst anterior diş kullanıldı. Kuronlar su soğutması altında cihaz yardımı ile (Metacome T180) (Şekil 3.2), servikal bölge seviyesinden uzaklaştırılıp DIMOS Ø100 19-100 kesme diski kullanılarak kök kısmından 4 mm yüksekliğinde dentin kesitleri oluşturuldu (Şekil 3.3; Şekil 3.4) ve bu kesitler üzerinde bir ISO O12 frez kullanılarak standart 1.2 mm çaplı kanallar oluşturuldu (Şekil 3.5; Şekil 3.6) .

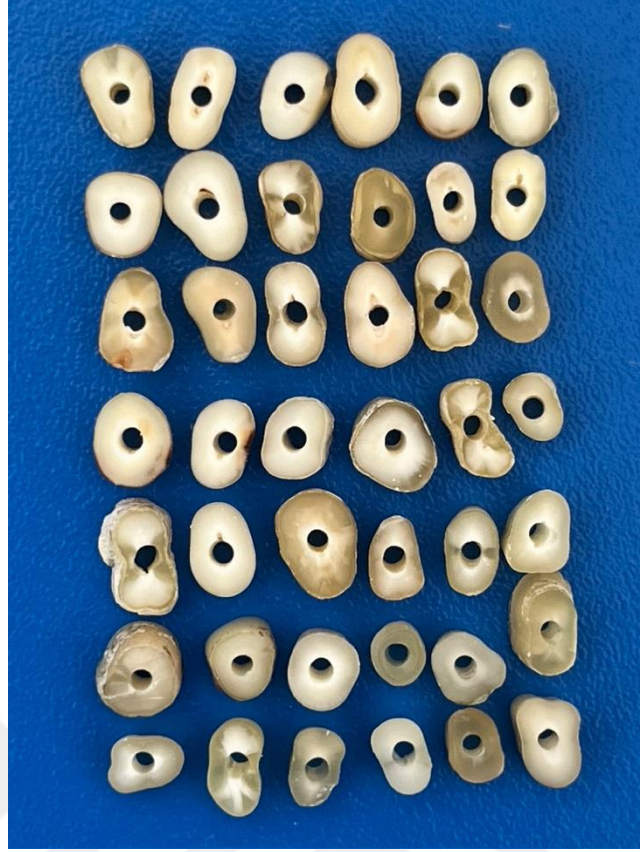
Oluşturulan kök dentin kesitlerden: 4 kök dentin kesiti SEM-EDX analizinde, 7 kök dentin kesiti XRD analizinde, 52 kök dentin kesiti pH ölçümünde ve 20 si mikrosertlik analizinde testlere tabi tutuldu. Disklerin her biri ayrı bir ependorf tüpüne yerleştirilip etüve konuldu, 37°C’ de %100 nemli ortamda deneyin yapıldığı 1.,7. ve 14. güne kadar bekletildi.



Şekil 3.2. Dentin bloklarının oluşturulduğu Mecatome T180 Cihazı



Şekil 3.3 -Şekil 3.4. Su soğutması altında (Metacome T180), kuronların servikal bölge seviyesinden uzaklaştırılıp DIMOS Ø100 19-100 kesme diski ile dentin blok oluşumu



Şekil 3.5- Oluşturulan dentin kesitleri



Şekil 3.6.- Oluşturulan dentin kesiti

Dentin kesitlerinde oluşturulan yapay boşluklara yerleştirilecek materyaller esas alınarak aşağıdaki 4 grup oluşturuldu:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Grup (n=13) | Kalsiyum hidroksit |
| 2. Grup (n=13) | Kalsiyum hidroksit +biyoaktif cam (%7) |
| 3. Grup (n=13) | Biyoaktif cam |
| 4. Grup -Kontrol (n=13) | Medikament yerleştirilmedi |

Dentin bloklarına medikament yerleştirilmesi:

Grup1: Dentin disklerinde hazırlanmış boşluklara kök kanallarına üretici firmanın önerileri doğrultusunda distile su karıştırılmış kalsiyum hidroksit (KALSİN,Türkiye) (Şekil 3.7), K tipi el eğelerinin (Denco, Çin) yardımı ile yerleştirildi. Bir fulvar yardımı ile kondensasyon sağlandı ve fazla kalan materyaller bir el aleti ile uzaklaştırıldı.



Şekil 3.7. Kalsiyum Hidroksit materyali Toz/Likit (KALSİN-Türkiye)

Grup 2: Dentin disklerinde hazırlanmış boşluklara (ilk gruptaki toz/su oranı ile aynı) distile su karıştırılmış kalsiyum hidroksit + 7% biyoaktif cam yerleştirildi (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kalsiyum Hidroksit + 7% biyoaktif cam

Grup 3: Dentin disklerinde hazırlanmış boşluklara (ilk gruptaki toz/su oranı ile aynı) distile su karıştırılmış biyoaktif cam yerleştirildi (Şekil 3.9).



Şekil 3.9.- %7 Biyoaktif Cam Materyali

Grup 4: Boş bırakıldı.

Diskler materyallerin sertleşmesinin gerçekleşmesi amacı ile önce oda sıcaklığında bekletildi ve daha sonra her biri ayrı bir ependorf tüpüne yerleştirilerek etüve kondu, 37°C' de %100 nemli ortamda deneyin yapılacağı güne kadar saklandı.

3.2. Materyallerin Karakterizasyonu

3.2.1.-Taramalı Elektron Mikroskobu analizi (SEM Ve EDX)

Araştırmamızdaki deney gruplarında kanal içi medikamentlerinin dentin duvarı ile ilişkisi öncelikle SEM altında incelendi.



Şekil.3.10.- Zeiss marka EVO LS 10 model görüntüleme cihazı

Örnek gruplarının yüzey morfolojilerinin değerlendirilmesi ve yapay vücut sıvısı çalışmaları sonrası örneklerin üzerindeki apatit oluşumunun gözlemlenmesi için SEM (Şekil 3.10) (Cihaz: Zeiss marka EVO LS 10 model görüntüleme cihazı) analizi, ayrıca örnek gruplarının yüzeyinde yarı kantitatif elementel incelemenin yapılabilmesi için EDS (Cihaz: EAX marka EDS ünitesi) analizi gerçekleştirildi.

Her gruptan 1er adet olmak üzere toplam 4 adet dentin diskine kanal içi medikamentler daha önce hazırlanan boşluklara yerleştirildi. Örneklerin yüzeyi, morfolojik görüntünün net bir şekilde elde edilebilmesi amacıyla SE dedektör aracılığıyla 15kV güç altında 5nm kalınlığında altın kaplama işlemine tabi tutuldu (Şekil 3.11), ardından sırasıyla düşük ve yüksek büyütme altında incelendi.



Şekil 3.11.- Kurutulan örneklerin incelenecek yüzeylerine havasız ortamda altın-paladyum tabaka kaplanması.



Şekil 3.12 Örneklerin altın-paladyum tabaka ile kaplanması için cihaz parçası üzerine dizilimleri.



Şekil 3.13. Altın-paladyum tabaka kaplanan örnekler.

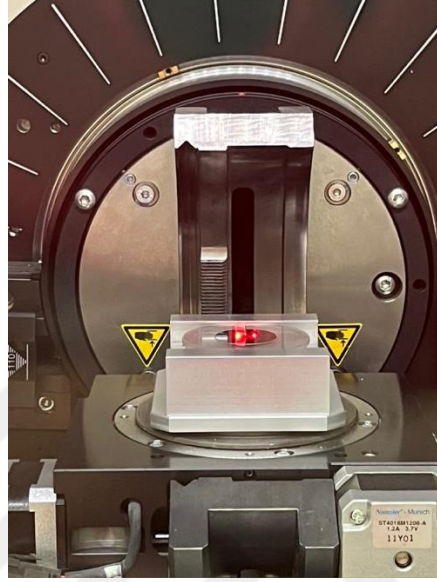
Yüzeysel görüntülerin değerlendirilmesi için ikincil elektron ve geri saçılma metotlarında çekimler gerçekleştirildi ve yorumlandı.

EDX analizleri, bir örnek için 4 bölgeden üçer nokta ve toplam 12 nokta olacak şekilde ve örnek yüzeylerinin elemental analizi yarı kantitatif olarak gerçekleştirildi. Analize başlamadan önce kurutulan örneklerin incelenecek yüzeyleri havasız ortamda ince bir tabaka altın-paladyum tabaka ile kaplandı (Şekil 3.12 ; Şekil 3.13). Multipoint EDX olarak adlandırılan bu yöntemde bilgisayar üzerinde 250X, 1000X, 3000X VE 10.000X büyütmede dentini kapsayacak şekilde dikdörtgen alanlar işaretlendi ve bu işaretli alandaki mineral içerikleri incelendi. Her örnek için seçilen alanda 12 farklı noktadan ölçümler yapıldı. Yapılan analizlerde % Ca, Cl, K, Zr, Na, Mg, Si, P, O, Na ve Si iyonlarının atomca ve ağırlıkça yüzdeleri (%at ve %wt) program tarafından hesaplandı.

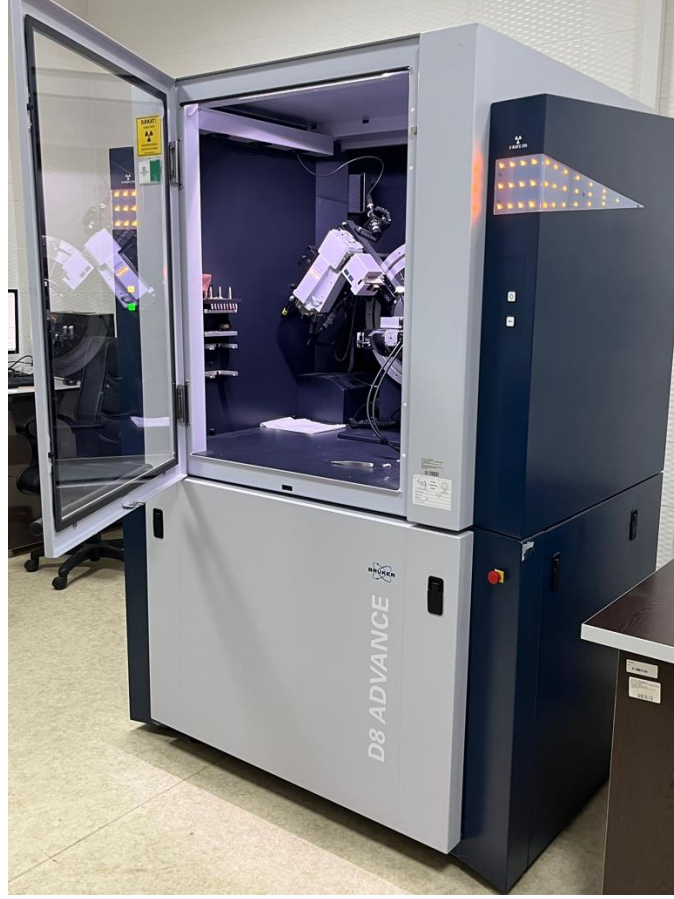
3.2.2. X Işınları Kırınım Difraktrometresi (XRD)

Proje kapsamında elde edilen örnek gruplarının yüzeyinde gerçekleşen mineral faz oluşumu XRD ölçümleri ile belirlendi. 1., 2.ve 3. gruptan 2'şer örnek, 4. gruptan ise 1 örnek seçildikten sonra toplam 7 örnek metal havanda dövülerek toz haline getirildi ve 1.,7. ve 14. günlerde ölçümleri yapıldı. Örnek yüzeylerindeki kristal fazların belirlenmesi amacıyla D8 ADVANCE BRUKER marka (Almanya)

(Şekil 3.14 ; Şekil 3.15) XRD cihazı kullanıldı. Ortam şartları 25°C olarak belirlenen CuK α anot tüpünden 40 mA ve 45 kV değerlerinde X-ışınlarının üretilmesiyle 2 θ =3-50 aralığında yapılan tarama (kaynak ışının tarama hızı dakikada 2°; 2°/dk) metodu kullanılarak analiz gerçekleştirildi. Elde edilen XRD grafikleri ve grafik içerisinde oluşması öngörülen mineral yapı kaynaklı kristal faz pikleri yorumlandı.



Şekil 3.14- D8 ADVANCE BRUKER marka (Almanya)



Şekil 3.15- D8 ADVANCE BRUKER XRD Cihazı

3.3 pH Ölçümü

Örnek gruplarının sıvı ortam içerisindeki inkübasyonuna bağlı ortamın pH değerini etkilemesinin incelenmesi için, zamana bağlı pH takibi analizleri gerçekleştirildi. Bu doğrultuda Dulbecco's- Phosphate Buffered Saline (dPBS) sıvı ortamında belirli periyotlarda (1. 7. ve 14. gün) inkübe edilen örnek gruplarının oluşturmuş olduğu pH değişimi, pH metre (WTW/pH 3310) (Şekil 3.16; Şekil 3.17) kullanılarak belirlendi.



Şekil 3.16 pH metre (WTW/pH 3310) ile pH ölçüm işlemi

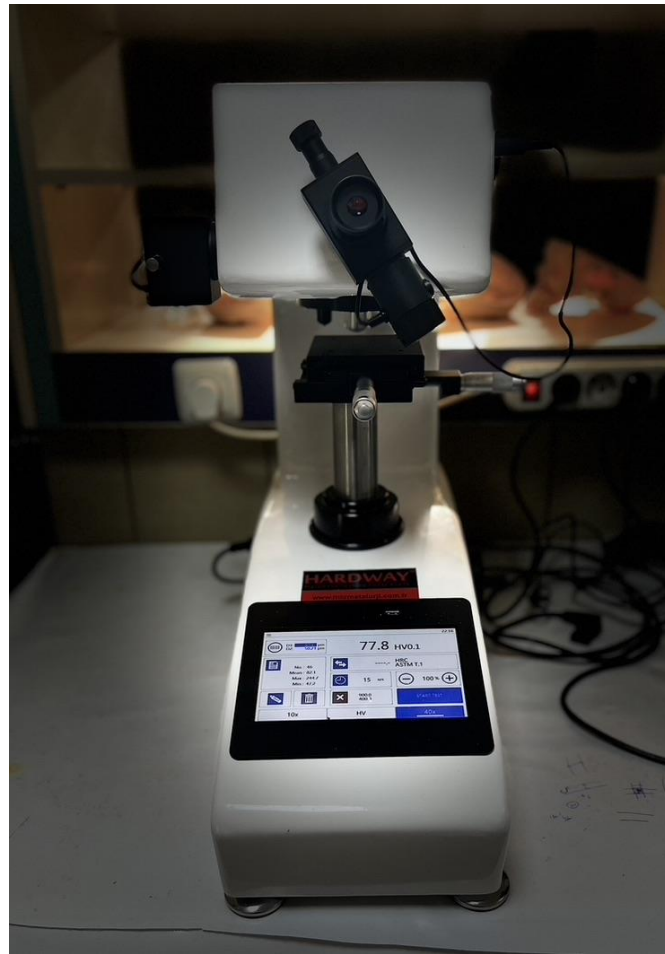


Şekil 3.17. - pH Metre Kalibrasyon Solusyonları

3.4 Mikrosertlik Analizi

Yirmi dentin kesitinden 4 grup hazırlandı ve 4 mm kalınlığına sahip dentin diskleri akrilik bloklara gömüldü. Numuneler zımpara kağıtlar ile parlatıldı

(Hardway -MHVS 1000 AD, Çin). Bu örnekler, dentin kesitlerin içerilerinde oluşturulmuş boşluklara 3 gruptaki farklı ilaçlar yerleştirildi. 4. grup ise kontrol grubu oluğu için boş bırakıldı ve hepsi ayrı ayrı yapay vucüt sıvısı ile doldurulmuş eppendorf tüplerine yerleştirildi. Kanal içi ilaç tedavisini takiben 1.,7.ve 14. günlerde Vickers sertlik indentasyon makinesi kullanılarak dentin kesitlerinde mikrosertlik testi yapıldı (Hardway -MHVS 1000 AD, Çin) (Şekil 3.18). Çalışmada kullanılan örneklerin yüzey mikrosertliği oda sıcaklığında her bir örneğin yüzeyinde rastgele seçilmiş bir noktadan 100 gr kuvvet uygulayarak ve 15 saniye bekleme süresi ile yapıldı. Değerler Vickers sertlik numarası (VHN) olarak kaydedildi.



Şekil 3.18- Vicker's sertlik cihazı (Hardway -MHVS 1000 AD, Çin)

Farklı bölgelerdeki diş grupları, dentinin yapısı ve kristal düzeni açısından da önemli ölçüde değişiklik gösterebilme ihtimaline karşı tüm tek köklü dişlerden oluşturuldu. Mikrosertlik deneyinin doğru sonuç verebilmesi için düzgün yüzeyde

durmasını sağlamak için ayrıca ölçümü kolaylaştırmak amacıyla diş örnekleri akril bloklar içine yerleştirildi. Kullanılan modellerin yüzeyleri 0 numaralı su zımparası ile zımparalanarak ölçümün hassasiyeti için gerekli düz, çatlaksız, deforme olmamış dentin yüzeyleri elde edildi ve böylece kanal içi ilaçların sadece dentin yüzeyine teması sağlandı.

3.5. Verilerin Toplanması ve İstatistiksel Değerlendirme

Çalışma kapsamında veri analizine geçilmeden önce normallik dağılımı için Shapiro-Wilk testinden yararlanıldı. Elde edilen sonuçlara göre; ölçümlerin tamamında p değeri 0,05'in altında bulundu ve dağılımın normal olmadığına karar verildi. Aynı zamanda örneklem büyüklüklerinin de non-parametrik testlerin uygulanmasına daha uygun olduğu tespit edildi.

Çalışmada 4 grup karşılaştırması için Kruskal Wallis testinden yararlanıldı. Zamana dayalı ölçüm karşılaştırması için ise Wilcoxon Signed Rank testi uygulandı. Çalışmada istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

4.BULGULAR:

4.1.Biyoaktif Cam Karakterizasyonu ile İlgili Bulgular

Biyoaktif cam ve kalsiyum hidroksit materyalleri ile ilgili kompozisyon bilgileri aşağıdaki tablo 4.1 'de belirtilmiştir:

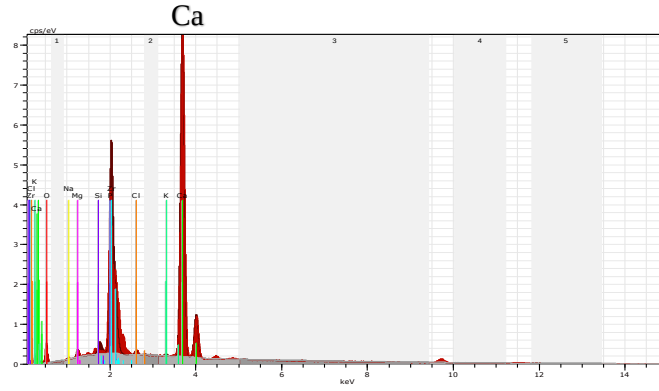
Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan materyallerin isim ve kompozisyonları

Materyalin Adı	Kompozisyon
Biyoaktif cam	58 mol. % SiO ₂ , 40 mol. % CaO, 5 mol. % P ₂ O ₅
Kalsiyum Hidroksit	Ca(OH) ₂

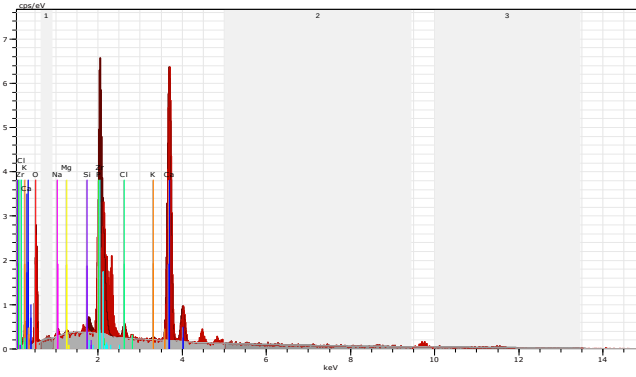
4.1.1. SEM-EDX Bulguları

Kalsiyum Hidroksit, biyoaktif cam ve biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit materyallerin SEM-EDX grafikleri ve elemental içeriklerinin ağırlıkça yüzde değerlerinin gösterildiği tablolar aşağıda verilmiştir.

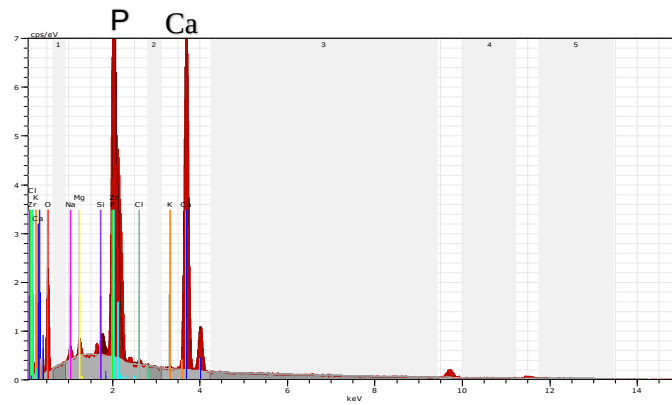
Kalsiyum hidroksit materyaline ait 1.,7. Ve 14. günlerde SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri (Şekil 4.1; Şekil 4.2; Şekil 4.3).



Şekil 4.1. 1.gün-Kalsiyum hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiğ

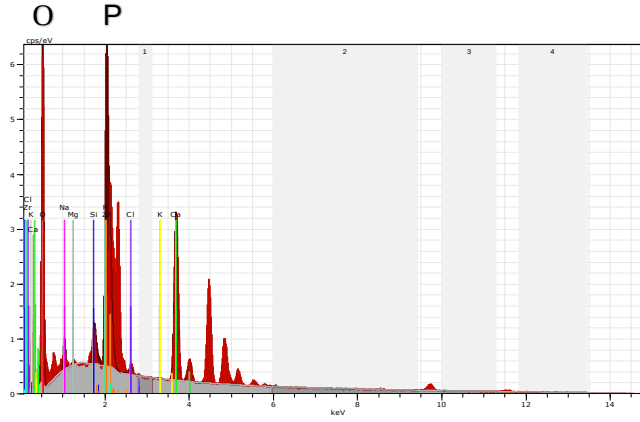


Şekil 4.2. 7.gün- Kalsiyum hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

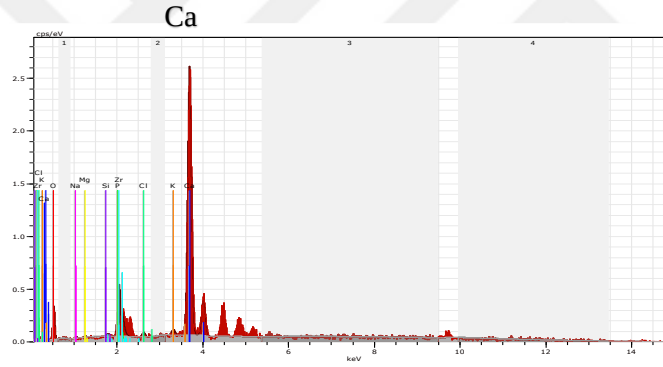


Şekil 4.3. 14.gün-Kalsiyum hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

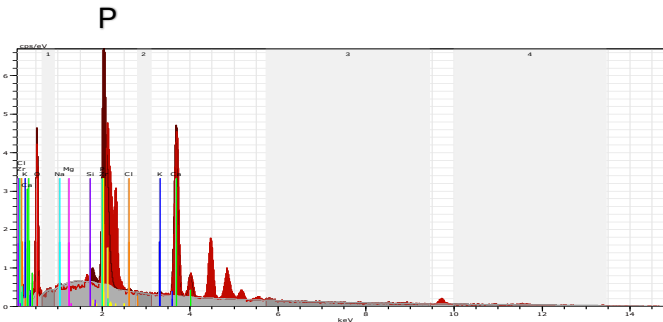
Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait 1.,7. Ve 14. Günlerde SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri (Şekil 4.4; Şekil 4.5; Şekil 4.6).



Şekil 4.4. 1.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ilave edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

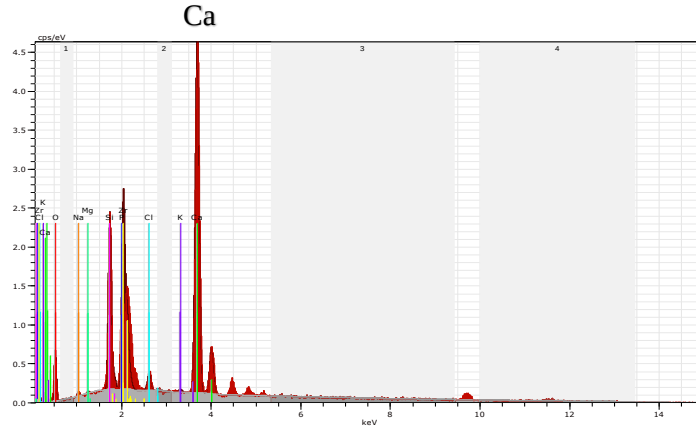


Şekil 4.5. 7.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile ilave edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

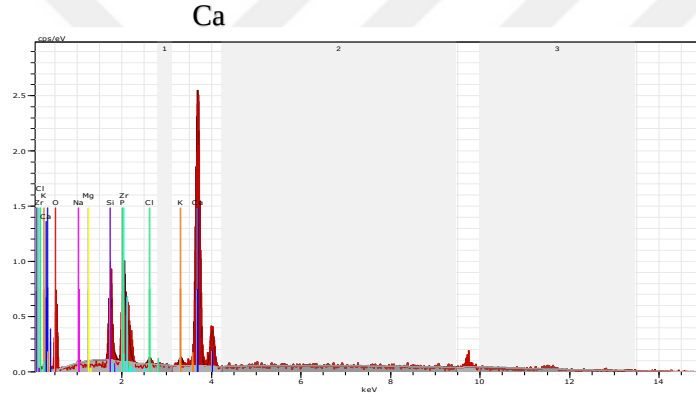


Şekil 4.6 14.gün-Ağırlıkça %7 biyoaktif cam materyali ile ilave edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX grafiği

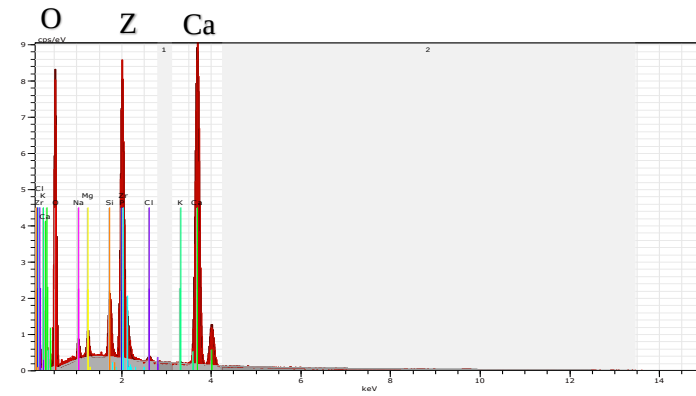
Biyoaktif cam materyaline ait 1.,7. Ve 14. Günlerde SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri (Şekil 4.7; Şekil 4.8; Şekil 4.9).



Şekil 4.7. 1.gün Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

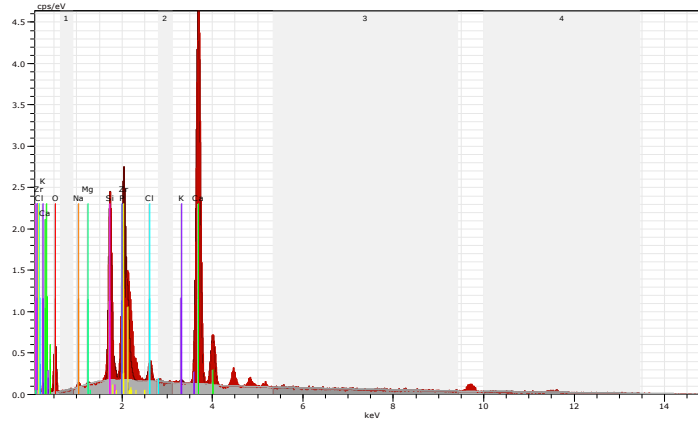


Şekil 4.8. 7.gün Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

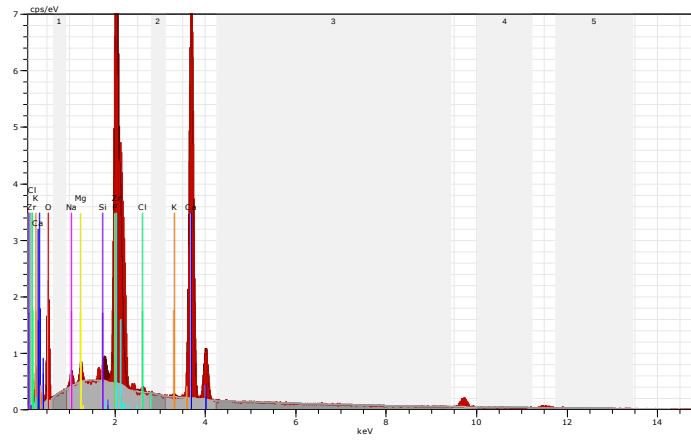


Şekil 4.9. 14.gün Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX grafiği

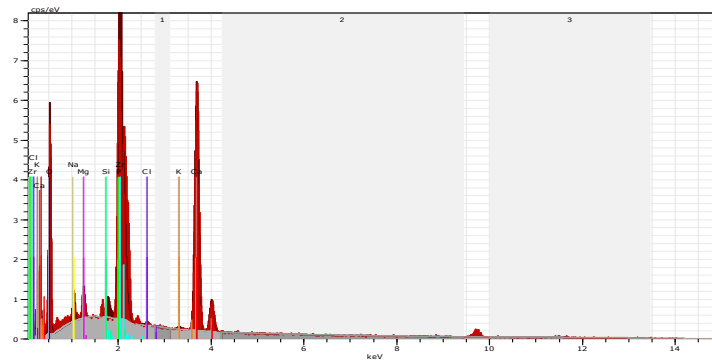
Kontrol Grubuna ait 1.,7. Ve 14. Günlerde SEM-EDX analizi sonucu elde edilen elemental içerik ve yüzdeleri (Şekil 4.10; Şekil 4.11. Şekil 4.12)



Şekil 4.10. 1.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği



Şekil 4.11. 7.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği



Şekil 4.12. 14.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX grafiği

4 farklı grubun 1.,7. Ve 14. Günlerde SEM-EDX analizinin elemental içerik ve yüzdeleri Tablo 4.2 den Tablo 4.13'e kadar gösterilmiştir

Tablo 4.2. 1.gün-Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri:

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	11.05	12.39	29.97	1.9
Calcium	K-series	42.51	47.68	46.02	1.3
Phosphorus	K-series	4.68	5.25	6.56	0.3
Zirconium	L-series	28.46	31.92	13.54	1.3
Magnesium	K-series	0.91	1.02	1.63	0.1
Sodium	K-series	0.32	0.35	0.60	0.1
Chlorine	K-series	0.41	0.46	0.50	0.0
Potassium	K-series	0.19	0.21	0.21	0.0
Silicon	K-series	0.63	0.71	0.97	0.1

Tablo 4.3. 1.gün-Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri.

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	17.23	20.51	42.60	3.3
Calcium	K-series	31.87	37.93	31.46	1.0
Phosphorus	K-series	0.59	0.70	0.75	0.2
Chlorine	K-series	1.04	1.24	1.16	0.1
Silicon	K-series	8.78	10.45	12.37	0.4
Zirconium	L-series	23.57	28.05	10.22	1.4
Sodium	K-series	0.54	0.64	0.92	0.1
Magnesium	K-series	0.17	0.20	0.27	0.0
Potassium	K-series	0.24	0.29	0.25	0.0

Tablo 4.4 1.gün-Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	32.55	35.67	65.01	5.9
Phosphorus	K-series	0.52	0.57	0.54	0.3
Calcium	K-series	28.07	30.77	22.39	0.9
Zirconium	L-series	27.98	30.66	9.80	1.8
Sodium	K-series	0.48	0.53	0.67	0.1
Magnesium	K-series	0.16	0.17	0.21	0.0
Potassium	K-series	0.24	0.26	0.19	0.0
Chlorine	K-series	0.95	1.05	0.86	0.1
Silicon	K-series	0.29	0.32	0.33	0.1

Tablo 4.5 1.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri:

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	30.00	34.30	58.91	7.2
Phosphorus	K-series	0.83	0.95	0.84	0.3
Calcium	K-series	36.73	41.98	28.79	1.2
Zirconium	L-series	13.50	15.43	4.65	1.6
Sodium	K-series	0.21	0.24	0.28	0.1
Magnesium	K-series	0.02	0.02	0.03	0.0
Potassium	K-series	0.93	1.06	0.75	0.1
Chlorine	K-series	0.53	0.61	0.47	0.1
Silicon	K-series	4.73	5.41	5.29	0.3

Tablo 4.6 7.gün -Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri:

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	35.24	55.46	81.70	4.3
Calcium	K-series	9.08	14.28	8.40	0.3
Silicon	K-series	0.68	1.07	0.90	0.1
Magnesium	K-series	0.11	0.18	0.17	0.0
Sodium	K-series	0.88	1.39	1.43	0.1
Potassium	K-series	0.05	0.08	0.05	0.0
Zirconium	L-series	17.13	26.95	6.96	0.8
Phosphorus	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
Chlorine	K-series	0.37	0.58	0.39	0.0
Total:		63.54	100.00	100.00	

Tablo 4.7. 7.gün -Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX içerik ve yüzdeleri:

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	30.56	36.48	64.14	4.6
Phosphorus	K-series	3.53	4.21	3.83	0.3
Zirconium	L-series	21.23	25.34	7.81	1.0
Calcium	K-series	27.51	32.83	23.04	0.9
Magnesium	K-series	0.24	0.29	0.34	0.0
Sodium	K-series	0.29	0.35	0.42	0.1
Potassium	K-series	0.22	0.26	0.19	0.0
Chlorine	K-series	0.09	0.10	0.08	0.0
Silicon	K-series	0.12	0.14	0.14	0.0
Total:		83.78	100.00	100.00	

Tablo 4.8 7.gün -Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	22.79	31.64	57.66	7.1
Phosphorus	K-series	0.00	0.01	0.01	0.0
Calcium	K-series	32.97	45.79	33.31	1.1
Zirconium	L-series	14.21	19.74	6.31	2.1
Sodium	K-series	0.46	0.64	0.81	0.1
Magnesium	K-series	0.27	0.37	0.44	0.1
Potassium	K-series	0.56	0.77	0.58	0.1
Chlorine	K-series	0.66	0.92	0.76	0.1
Silicon	K-series	0.09	0.13	0.13	0.1
Total:		72.02	100.00	100.00	

Tablo 4.9. 7.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX içerik ve yüzdeleri

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	26.94	30.63	57.97	4.1
Phosphorus	K-series	4.23	4.81	4.70	0.3
Calcium	K-series	29.61	33.67	25.43	0.9
Zirconium	L-series	25.38	28.85	9.58	1.2
Sodium	K-series	0.55	0.63	0.83	0.1
Magnesium	K-series	0.51	0.58	0.72	0.1
Potassium	K-series	0.19	0.21	0.17	0.0
Chlorine	K-series	0.22	0.25	0.22	0.0
Silicon	K-series	0.32	0.36	0.39	0.0
Total:		87.95	100.00	100.00	

Tablo 4.10. 14.gün -Kalsiyum Hidroksit materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri.

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Oxygen	K-series	26.94	30.63	57.97	4.1
Phosphorus	K-series	4.23	4.81	4.70	0.3
Calcium	K-series	29.61	33.67	25.43	0.9
Zirconium	L-series	25.38	28.85	9.58	1.2
Sodium	K-series	0.55	0.63	0.83	0.1
Magnesium	K-series	0.51	0.58	0.72	0.1
Potassium	K-series	0.19	0.21	0.17	0.0
Chlorine	K-series	0.22	0.25	0.22	0.0
Silicon	K-series	0.32	0.36	0.39	0.0
Total:		87.95	100.00	100.00	

Tablo 4.11. 14.gün -Kalsiyum Hidroksit ve %7 biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri.

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C	Error
		[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	K-series	30.87	51.56	79.39	4.7
Calcium	K-series	12.23	20.43	12.56	0.4
Potassium	K-series	0.21	0.35	0.22	0.0
Sodium	K-series	0.12	0.20	0.22	0.0
Magnesium	K-series	0.00	0.01	0.01	0.0
Zirconium	L-series	16.20	27.05	7.30	0.9
Chlorine	K-series	0.13	0.21	0.15	0.0
Phosphorus	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
Silicon	K-series	0.11	0.19	0.16	0.0
Total:		59.87	100.00	100.00	

Tablo 4.12 14.gün -Biyoaktif cam materyaline ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri.

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C	Error
		[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Oxygen	K-series	46.16	44.08	65.88	6.1
Calcium	K-series	35.01	33.43	19.95	1.1
Phosphorus	K-series	10.26	9.80	7.56	0.5
Zirconium	L-series	7.96	7.60	1.99	0.7
Sodium	K-series	1.21	1.16	1.20	0.1
Magnesium	K-series	1.18	1.13	1.11	0.1
Silicon	K-series	2.47	2.35	2.01	0.1
Potassium	K-series	0.14	0.13	0.08	0.0
Chlorine	K-series	0.34	0.32	0.22	0.0
Total:		104.73	100.00	100.00	

Tablo 4.13. 14.gün Kontrol grubuna ait SEM-EDX elemental içerik ve yüzdeleri:

Spectrum: Acquisition					
Element	Series	unn. C	norm. C	Atom. C	Error
		[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[%]
Calcium	K-series	25.05	30.42	23.25	0.8
Phosphorus	K-series	3.14	3.81	3.77	0.3
Oxygen	K-series	24.75	30.05	57.54	3.5
Zirconium	L-series	26.17	31.78	10.67	1.4
Magnesium	K-series	1.07	1.30	1.64	0.1
Sodium	K-series	1.33	1.62	2.16	0.1
Potassium	K-series	0.25	0.30	0.24	0.0
Silicon	K-series	0.37	0.45	0.49	0.1
Chlorine	K-series	0.22	0.27	0.23	0.0

SEM-EDX analizinde elde edilen elementlerin gruplara göre dağılımı ve istatistik analizleri Tablo 4.14; ile Tablo 4.22’arasında de verilmiştir:

Tablo 4.14. Grupların oksijen ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular:

	Grup 1 Ca(OH)₂	Grup 2 Ca(OH)₂+BAC	Grup 3 BAC	Grup 4 Kontrol
<i>Oksijen 1.gün</i>	28,41±7,75 ^{a1}	28,14±4,87 ^{a1}	24,75±7,31 ^{b1}	30,02±3,83 ^{c1}
<i>Oksijen 7.gün</i>	29,40±4,51 ^{a1}	29,42±5,32 ^{a2}	28,12±8,12 ^{b2}	27,01±4,72 ^{c2}
<i>Oksijen 14.gün</i>	33,63±17,01 ^{a2}	31,96±3,87 ^{b3}	24,33±11,26 ^{c1}	32,55±8,57 ^{a3}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0.05)

Grupların 1. gün oksijen ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında oksijen ölçümleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek oksijen ölçümü Medikament yerleştirilmeyen örneklerde en düşük oksijen ölçümü ise Biyoaktif cam örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün oksijen ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında oksijen ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek oksijen ölçümü Kalsiyum hidroksit örneklerinde en düşük oksijen ölçümü ise Medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün oksijen ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında oksijen ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek oksijen ölçümü Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerinde en düşük oksijen ölçümü ise Biyoaktif cam örneklerde bulundu.

Kalsiyum hidroksit ve Medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 4.15. Grupların fosfor ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular:

	Grup 1 Ca(OH)₂	Grup 2 Ca(OH)₂+ BAC	Grup 3 BAC	Grup 4 Kontrol
<i>Fosfor 1.gün</i>	2,70±1,75 ^{a1}	1,59±1,60 ^{b1}	2,86±2,62 ^{a1}	3,82±0,41 ^{c1}
<i>Fosfor 7.gün</i>	5,02±8,27 ^{a2}	2,23±1,34 ^{b2}	2,75±1,46 ^{c1}	3,33±1,54 ^{d1}
<i>Fosfor 14.gün</i>	1,93±1,88 ^{a3}	1,89±1,67 ^{a1}	3,24±2,42 ^{b2}	3,59±2,73 ^{b1}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0.05)

Grupların 1. gün fosfor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında fosfor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek fosfor ölçümü Medikament yerleştirilmeyen örneklerde en düşük fosfor ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Biyoaktif cam örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün fosfor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında fosfor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek fosfor ölçümü Kalsiyum hidroksit örneklerinde en düşük fosfor ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün fosfor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında fosfor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek fosfor ölçümü Medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük fosfor ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum

hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) arasında ve 45S5 Biyoaktif cam ile medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 4.16. Grupların kalsiyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Kalsiyum 1.gün</i>	29,92±5,35 ^{a1}	25,31±9,82 ^{b1}	26,12±6,06 ^{b1}	29,39±6,85 ^{a1}
<i>Kalsiyum 7.gün</i>	24,70±10,63 ^{a2}	25,87±5,45 ^{b1}	26,23±4,62 ^{b1}	28,30±4,13 ^{c2}
<i>Kalsiyum 14.gün</i>	25,35±9,01 ^{a2}	23,23±6,99 ^{b2}	28,49±3,28 ^{c2}	28,49±5,65 ^{c2}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0.05)

Grupların 1. gün kalsiyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında kalsiyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek kalsiyum ölçümü kalsiyum hidroksit örneklerde en düşük kalsiyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında ve Biyoaktif cam ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün kalsiyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında kalsiyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi (p<0,05). En yüksek kalsiyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük kalsiyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit örneklerde bulundu. 45S5 Biyoaktif

cam ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün kalsiyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında kalsiyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek kalsiyum ölçümü Medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük kalsiyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Biyoaktif cam ile medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 4.17. Grupların zirkonyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular:

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Zirkonyum 1.gün</i>	21,33±6,39 ^{a1}	21,94±6,32 ^{a1}	23,18±4,42 ^{b1}	22,85±1,80 ^{b1}
<i>Zirkonyum 7.gün</i>	22,40±3,40 ^{a2}	19,97±5,37 ^{b2}	22,97±5,70 ^{a1}	24,23±3,80 ^{c2}
<i>Zirkonyum 14.gün</i>	21,16±3,19 ^{a1}	18,61±6,34 ^{a3}	26,74±7,48 ^{c2}	23,48±5,04 ^{d3}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

Grupların 1. gün zirkonyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında zirkonyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek zirkonyum ölçümü Biyoaktif cam örneklerde en düşük zirkonyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) ile Biyoaktif cam ve medikament yerleştirilmeyen örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün zirkonyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında zirkonyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi

($p<0,05$). En yüksek zirkonyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük zirkonyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Biyoaktif cam örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün zirkonyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında zirkonyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek zirkonyum ölçümü Biyoaktif cam örneklerinde en düşük zirkonyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu.

Tablo 4.18. Grupların magnezyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular:

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Magnezyum 1.gün</i>	0,34±0,25 ^{a1}	0,26±0,24 ^{b1}	0,23±0,29 ^{b1}	0,35±0,16 ^{a1}
<i>Magnezyum 7.gün</i>	0,28±0,18 ^{a1}	0,16±0,11 ^{b2}	0,32±0,31 ^{a2}	0,46±0,28 ^{c2}
<i>Magnezyum 14.gün</i>	0,16±0,13 ^{a2}	0,18±0,17 ^{a2}	0,40±0,31 ^{b3}	0,51±0,36 ^{c3}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

Grupların 1. gün magnezyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında magnezyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek magnezyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerde en düşük magnezyum ölçümü ise Biyoaktif cam örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve medikament yerleştirilmeyen ile Biyoaktif cam ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün magnezyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında magnezyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek magnezyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen

örneklerinde en düşük magnezyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Biyoaktif cam örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün magnezyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında magnezyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek magnezyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük magnezyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 4.19. Grupların sodyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

	<i>Grup 1</i>	<i>Grup 2</i>	<i>Grup 3</i>	<i>Grup 4</i>
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Sodyum 1.gün</i>	0,26±0,11 ^{a1}	0,41±0,31 ^{b1}	0,36±0,21 ^{b1}	0,41±0,18 ^{b1}
<i>Sodyum 7.gün</i>	0,50±0,11 ^{a2}	0,24±0,11 ^{b2}	0,35±0,18 ^{c1}	0,44±0,21 ^{a1}
<i>Sodyum 14.gün</i>	0,38±0,19 ^{a3}	0,27±0,09 ^{b2}	0,42±0,28 ^{a1}	0,59±0,44 ^{c2}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

Grupların 1. gün sodyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında sodyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek sodyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerde en düşük sodyum ölçümü ise kalsiyum hidroksit örneklerde bulundu. Medikament yerleştirilmeyen, Biyoaktif cam ve Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün sodyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında sodyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi

($p<0,05$). En yüksek sodyum ölçümü Kalsiyum hidroksit örneklerinde en düşük sodyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün sodyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında sodyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek sodyum ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerinde en düşük sodyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve Biyoaktif cam örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

0,05'ten küçük bir p-değerinin tipik olarak istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilir, bu durumda sıfır hipotezi reddedilmelidir. 0,05'ten büyük bir p değeri, sıfır hipotezinden sapmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ve sıfır hipotezinin reddedilmediği anlamına gelir.

Tablo 4.20 Grupların klor ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Klor 1.gün</i>	0,23±0,11 ^{a1}	0,58±0,42 ^{b1}	0,25±0,27 ^{a1}	0,11±0,03 ^{c1}
<i>Klor 7.gün</i>	0,42±0,32 ^{a2}	0,39±0,23 ^{a2}	0,37±0,13 ^{a2}	0,28±0,13 ^{b2}
<i>Klor 14.gün</i>	0,36±0,42 ^{a2}	0,38±0,18 ^{a2}	0,38±0,18 ^{a2}	0,27±0,14 ^{b2}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

Grupların 1. gün klor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında klor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$).

En yüksek klor ölçümü Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde en düşük klor ölçümü ise medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulundu. Biyoaktif cam ve Kalsiyum hidroksit örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün klor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında klor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek klor ölçümü Kalsiyum hidroksit örneklerinde en düşük klor ölçümü ise medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit, Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) ve Biyoaktif cam örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün klor ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında klor ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek klor ölçümü Biyoaktif cam örneklerinde en düşük klor ölçümü ise medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit, Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) ve Biyoaktif cam örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Tablo 4.21. Grupların potasyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Potasyum 1.gün</i>	0,19±0,10 ^{a1}	0,19±0,21 ^{a1}	0,21±0,12 ^{a1}	0,23±0,14 ^{a1}
<i>Potasyum 7.gün</i>	0,27±0,10 ^{a1}	0,23±0,14 ^{a1}	0,30±0,22 ^{a1}	0,27±0,09 ^{a1}
<i>Potasyum 14.gün</i>	0,23±0,12 ^{a1}	0,29±0,16 ^{a1}	0,27±0,10 ^{a1}	0,31±0,18 ^{a1}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

Grupların 1. gün potasyum ölçümleri karşılaştırıldığında ise; 4 grup arasında potasyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$).

Grupların 7. gün potasyum ölçümleri karşılaştırıldığında ise; 4 grup arasında potasyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$).

Grupların 14. gün potasyum ölçümleri karşılaştırıldığında ise; 4 grup arasında potasyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$).

Tablo 4.22. Grupların silisyum ölçümlerine dayalı karşılaştırılması sonucunda elde edilen bulgular:

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+ BAC	BAC	Kontrol
<i>Silisyum 1.gün</i>	0,23±0,16 ^{a1}	0,36±0,25 ^{b1}	3,84±4,81 ^{c1}	0,19±0,10 ^{a1}
<i>Silisyum 7.gün</i>	0,26±0,22 ^{a1}	0,16±0,08 ^{b2}	3,01±3,04 ^{c2}	0,33±0,16 ^{a1}
<i>Silisyum 14.gün</i>	0,16±0,08 ^{a1}	0,15±0,05 ^{a2}	3,01±3,68 ^{b2}	0,25±0,16 ^{a1}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir ($p<0,05$)

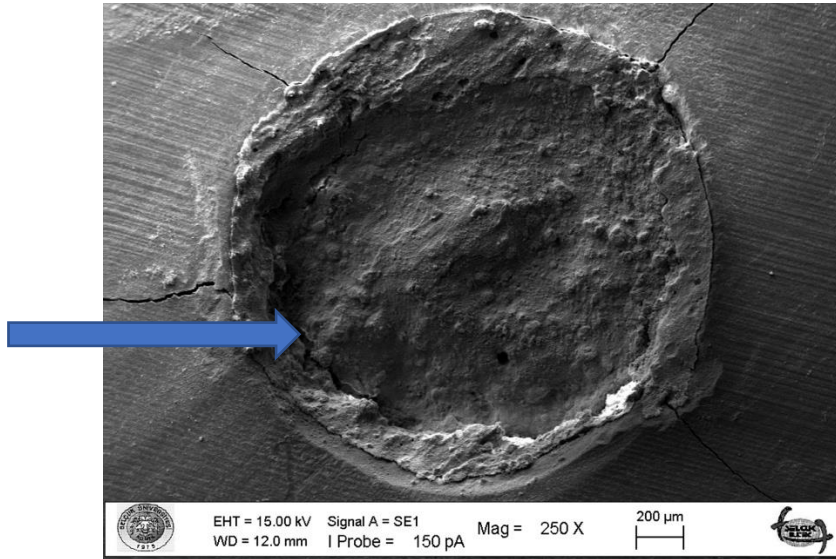
Grupların 1. gün silisyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında silisyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek silisyum ölçümü Biyoaktif cam örneklerde en düşük silisyum ölçümü ise medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 7. gün silisyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında silisyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi($p<0,05$). En yüksek silisyum ölçümü Biyoaktif cam örneklerde en düşük silisyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Grupların 14. gün silisyum ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında silisyum ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edildi ($p<0,05$). En yüksek silisyum ölçümü Biyoaktif cam örneklerde en düşük silisyum ölçümü ise Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) örneklerde bulundu. Kalsiyum hidroksit, Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam (%7) ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

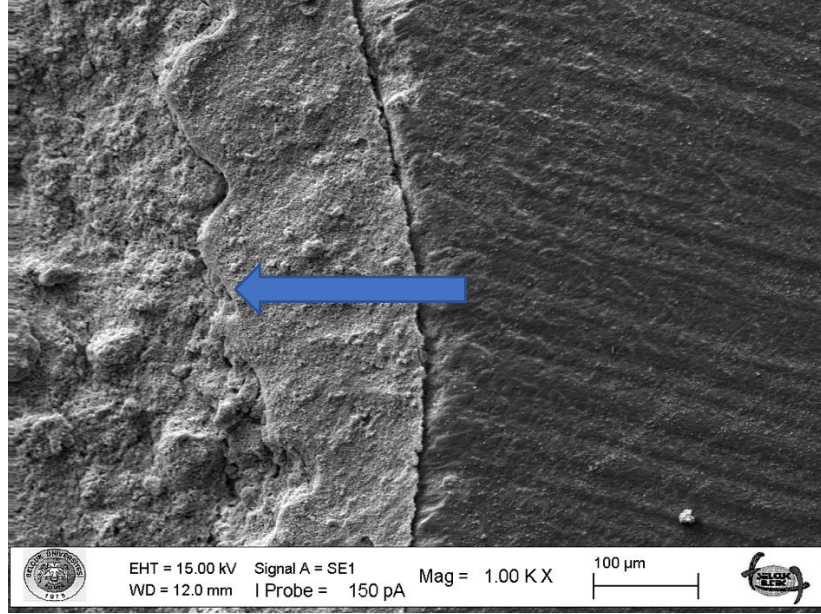
4.1.2. SEM Analizi Görüntüleri

Kalsiyum hidroksit, biyoaktif cam ve ağırlıkça farklı yüzdelerde biyoaktif cam ile modifiye edilmiş kalsiyum hidroksit materyallerinin dentin disklerinde hazırlanmış boşluklara yerleştirildiği örneklere ait SEM analizi görüntüleri gösterilmiştir (Şekil 4.13; ile Şekil 4.22)

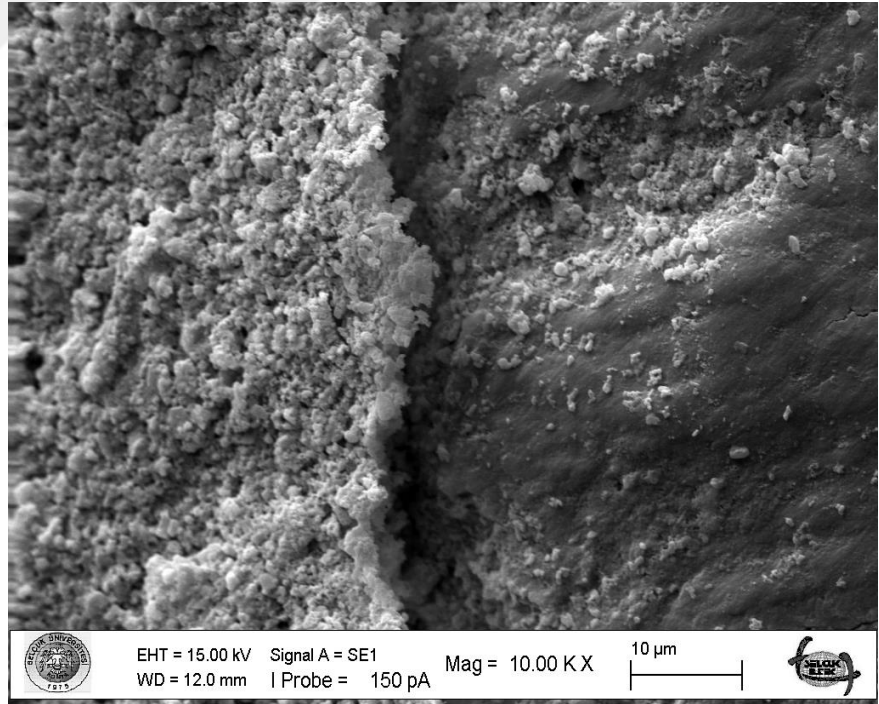


Şekil 4.13. Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüsü (x250).

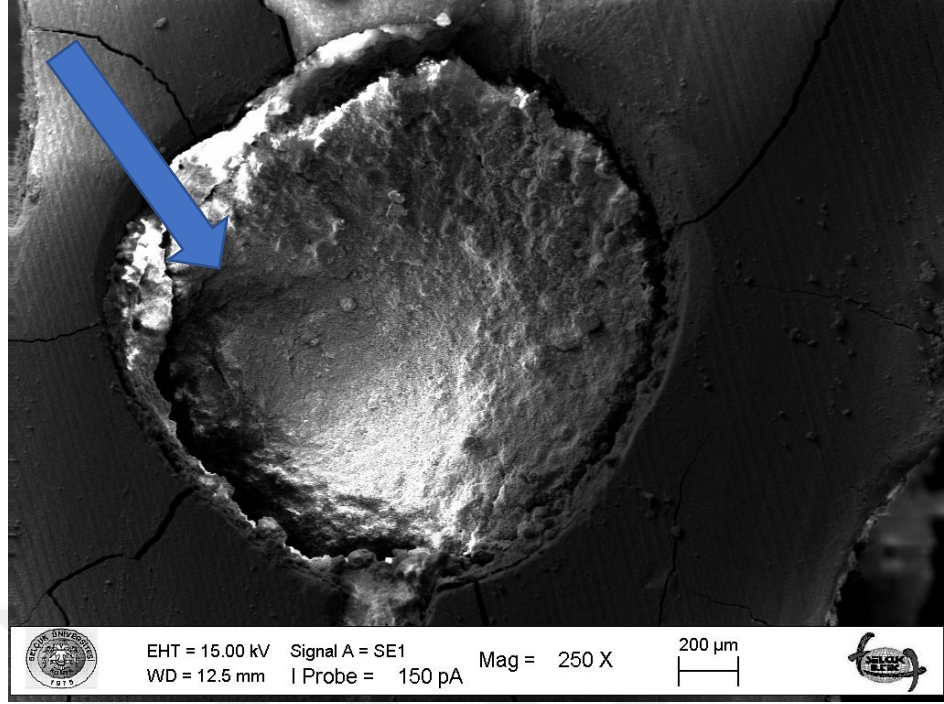
*Ok ile işaretli bölgede dentin diski içerisinde kalsiyum hidroksit materyali izlenmektedir



Şekil 4.14. Kalsiyum Hidroksit materyalinin kök dentin ara yüzündeki görüntüsü (X1000). *Ok ile işaretli bölgede kalsiyum hidroksit ile diş dentini arasındaki sınır izlenmektedir

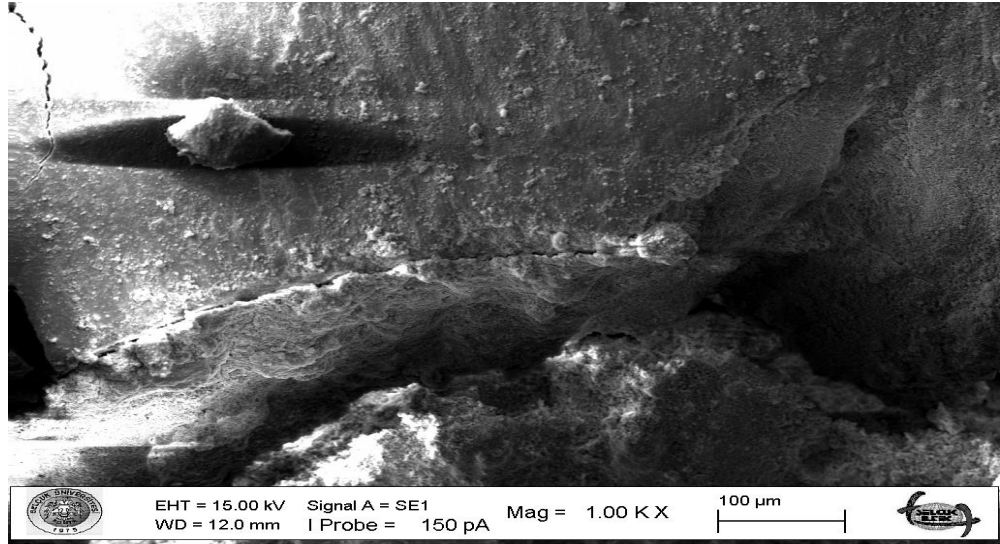


Şekil 4.15. Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüsü (X10.000)

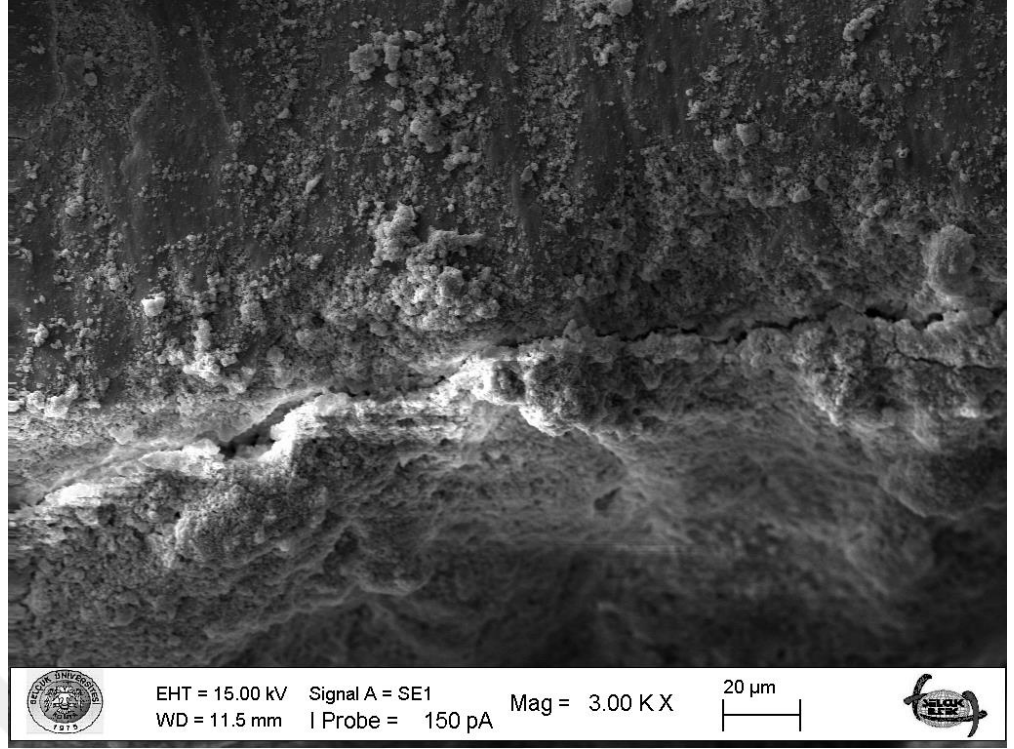


Şekil 4.16. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X250)

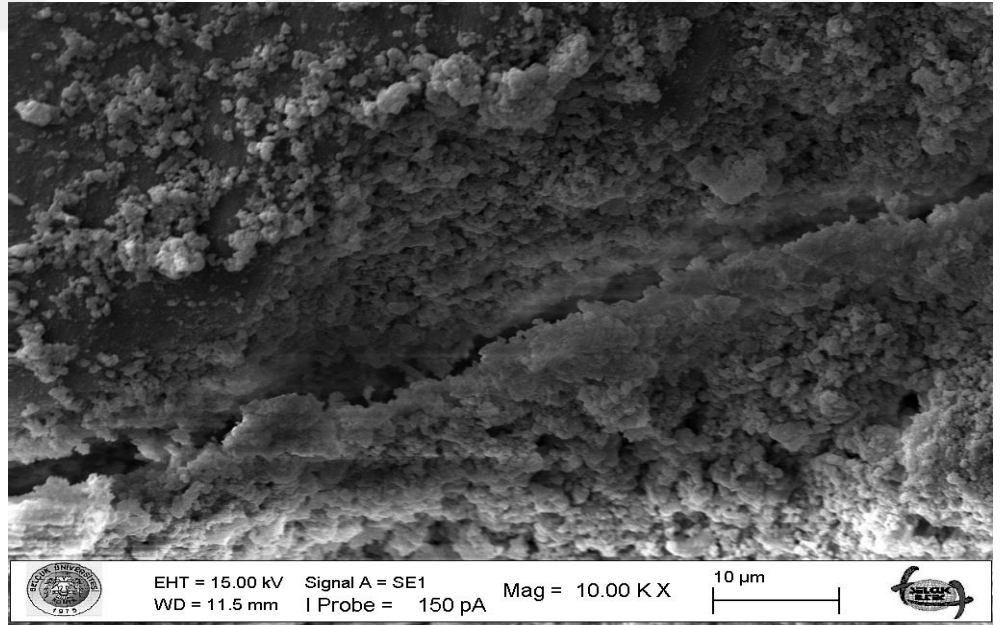
*Ok ile işaretli bölgede dentin diski içerisinde %7 biyoaktif cam ile modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyali izlenmektedir



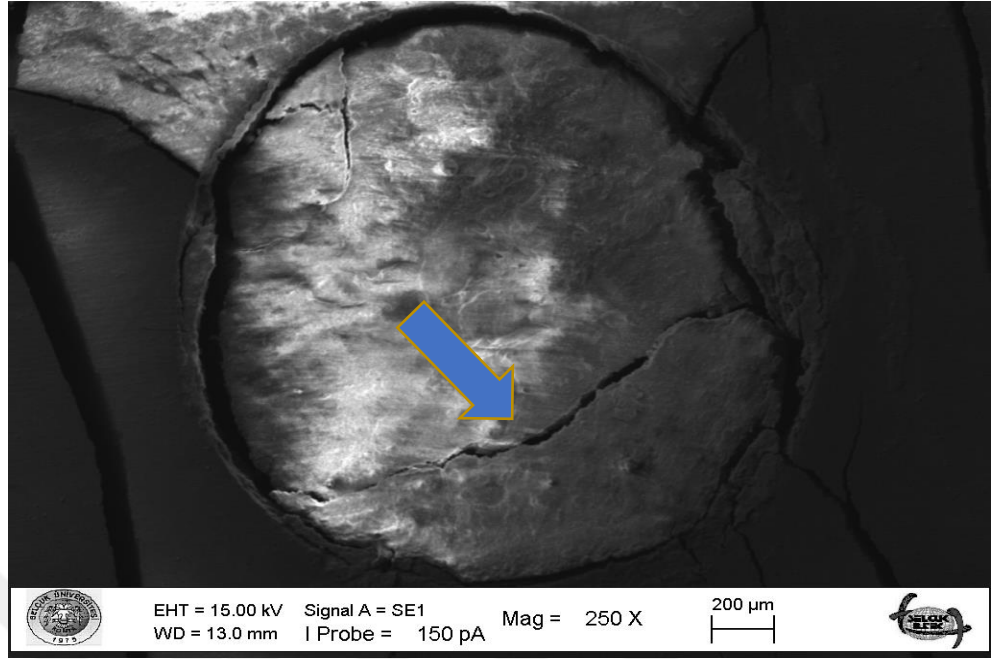
Şekil 4.17. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X1000)



Şekil 4.18. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin ara yüz (X3000)

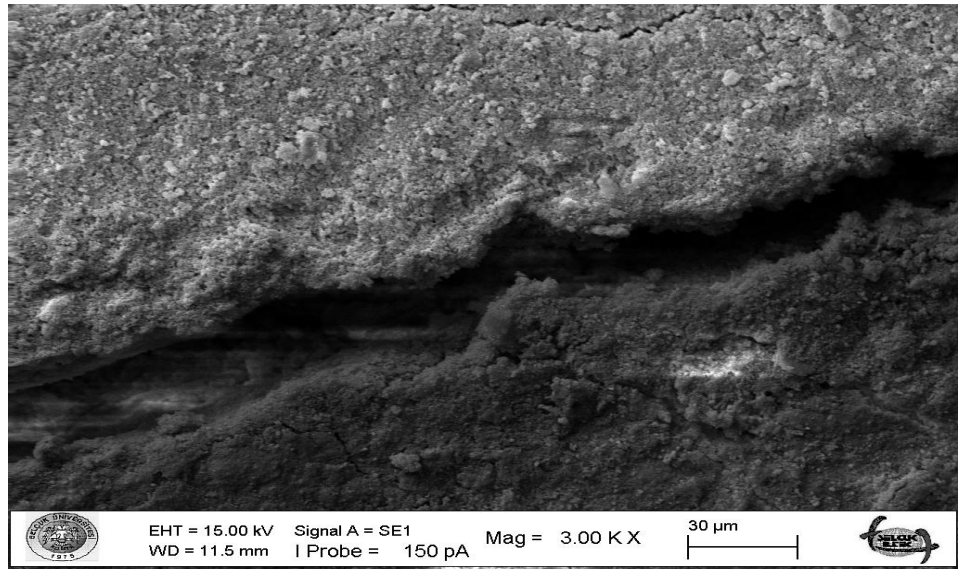


Şekil 4.19. Ağırlıkça %7 biyoaktif cam partikülleriyle modifiye edilmiş Kalsiyum Hidroksit materyalinin SEM görüntüleri (X10.000)



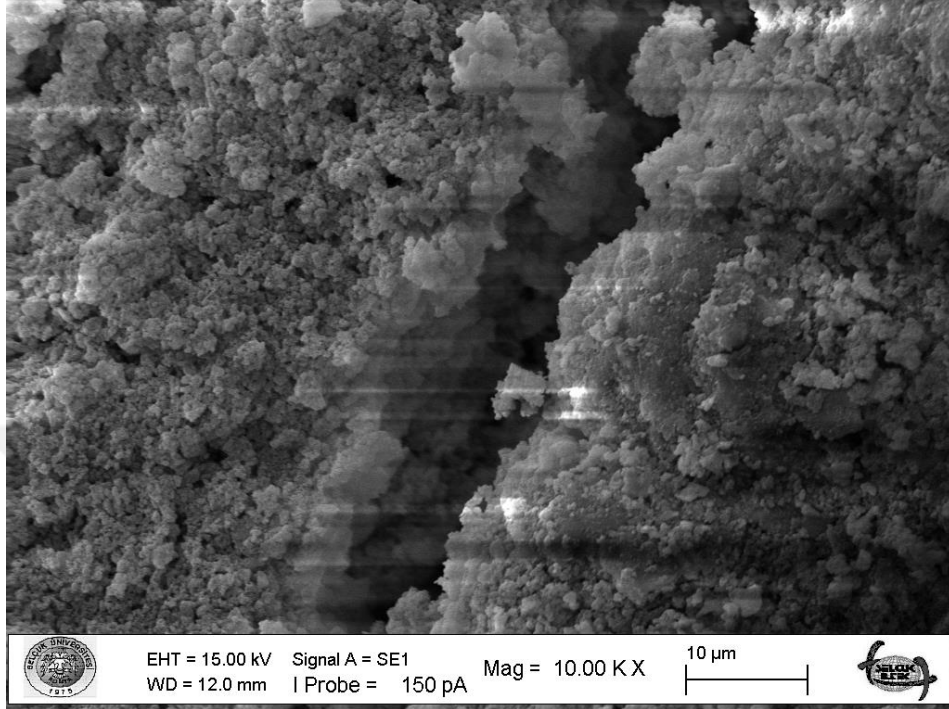
Şekil 4.20 Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X250)

*Ok ile işaretli alanda biyoaktif cam materyalin bütünlüğünde bozulma izlenmektedir.



Şekil 4.21. Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X3000)

*Ok ile işaretli bölgelerde biyoaktif cam materyali ile dentin duvarı arasında aralanma izlenmektedir.



Şekil 4.22. Biyoaktif cam partiküllerinin SEM görüntüleri (X10.000)

*Ok ile işaretli bölgelerde biyoaktif cam materyalinin partikülleri izlenmektedir

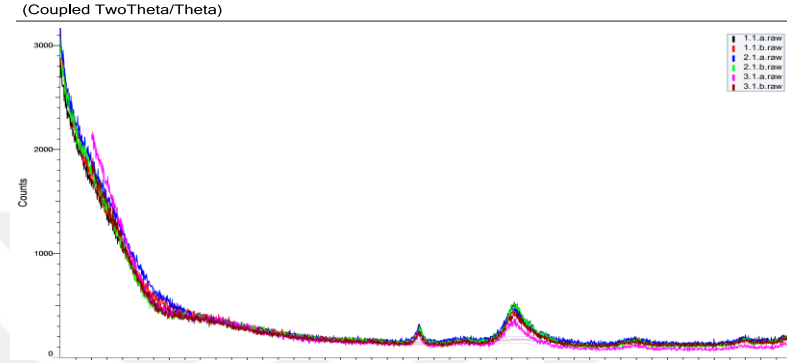
4.1.3. XRD Analizi Bulguları

XRD analizi yapılan 21 adet dentin diskin hepsi için X-ışını kırınım deseni elde edildi. Kristalite ile katı numunelerin yapısal düzenleri direkt olarak birbirleri ile ilgilidirler. Kristal örgü ve kristal boyutu gibi özellikler dişlerin kimyasal ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi vermektedirler (Al-Hiyasat ve ark 2021).

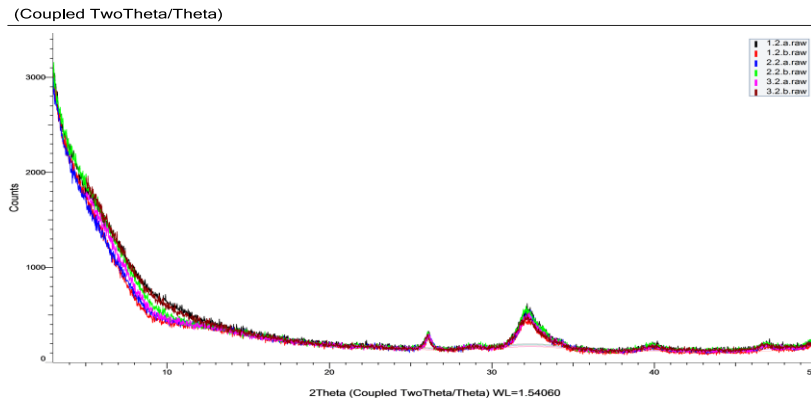
Ca-Si-P atomlarından oluşması beklenen kristale ait kırınım pikleri 26, 32 ve 46 derecelerde karakteristik olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada XRD kırınım desenlerinden görüldüğü üzere yaklaşık 26 derecedeki (002) bandı dişlerdeki kristallliği saptamak için kullanılmıştır (Reyes-Gasga ve ark 2015).

(002) bandının yarı maksimumdaki (FWHM) tam genişliği, mineral kristalitesi ile ters orantılıdır (Şekil 4.26). Bu büyük bir bant genişliğinin düşük mineral kristalliliğini temsil ettiğini göstermektedir ve bu durum XRD analizlerinde kullanılmıştır (Farlay ve ark 2010) .

Grupların 1.7. ve 14.gün XRD analiz sonuçları (Şekil 4.23; Şekil 4.24 ve Şekil 4.25)

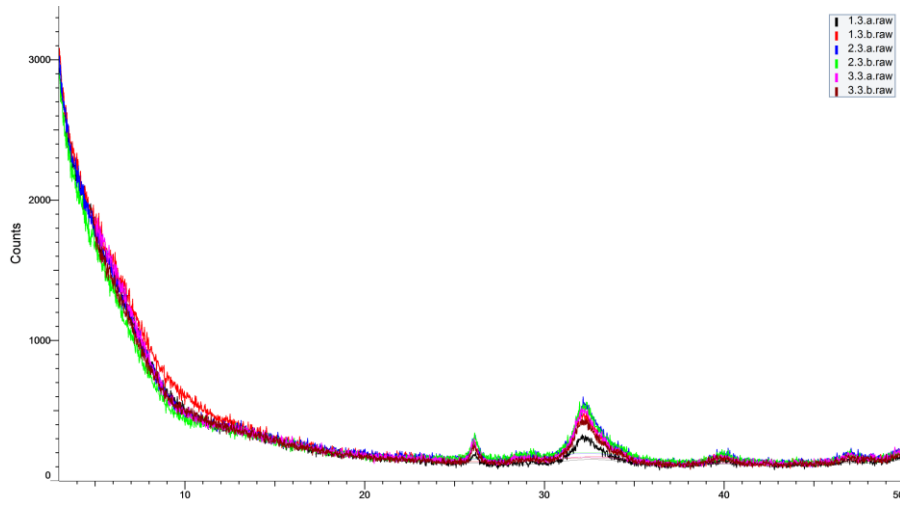


Şekil 4.23 Kalsiyum hidroksit materyalinin 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.



Şekil 4.24 Kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam kombinasyonunun 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.

(Coupled TwoTheta/Theta)



Şekil 4.25 Biyoaktif cam materyalinin 1.7. ve 14.güne ait XRD verileri yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. XRD grafiğindeki ilk rakam deneyin yapıldığı günü (1.-1 gün; 2.-7.gün ve 3.-14günü), ikinci rakam grubu, harf ise örnek sayısını göstermektedir.

Üst kısımdaki grafiklerden kalsiyum hidroksit, kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam ve biyoaktif cam gruplarının 1.7. ve 14. günlere ait FWHM değerleri tablo haline dönüştürülmüştür ve aşağı kısımda sunulmuştur (Tablo 4.23; Tablo 4.24; ve Tablo 4.25)

Tablo 4.23. 1., 7. ve 14. günlerin kalsiyum hidroksit grubuna ait bulguları

Ca(OH)₂ 1. gün	Net İntensity	FWHM
26.074°	151	0.300
32.143°	324	0.160
46.865°	52.9	0.191

Ca(OH)₂ 7. gün	Net İntensity	FWHM
26.107°	120	0.356
32.176°	330	0.160
46.967°	42.7	0.376

Ca(OH)₂ 14. gün	Net İntensity	FWHM
26.027°	98.6	0.335
32.174°	184	0.160
33.915°	47.3	0.328
42.424°	24.7	0.222
42.735°	28.2	0.379

Tablo 4.24 1., 7. ve 14. günlerin biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit grubuna ait bulguları

Ca(OH)₂+BAC 1. gün	Net İntensity	FWHM
26.098°	170	0.302
32.223°	344	0.160
39.967°	52.6	0.375
46.930°	35.4	0.191

Ca(OH)₂+BAC 7. gün	Net İntensity	FWHM
26.063 °	159	0.354
32.162°	360	0.160
33.023°	172	0.160
39.942°	34.2	0.339
46.877°	48.5	0.388

Ca(OH)₂+BAC 14. gün	Net İntensity	FWHM
26.092°	129	0.374
32.230°	341	0.160
39.983°	48.3	0.446

Tablo 4.25. 1., 7. ve 14. günlerin biyoaktif cam grubuna ait bulguları

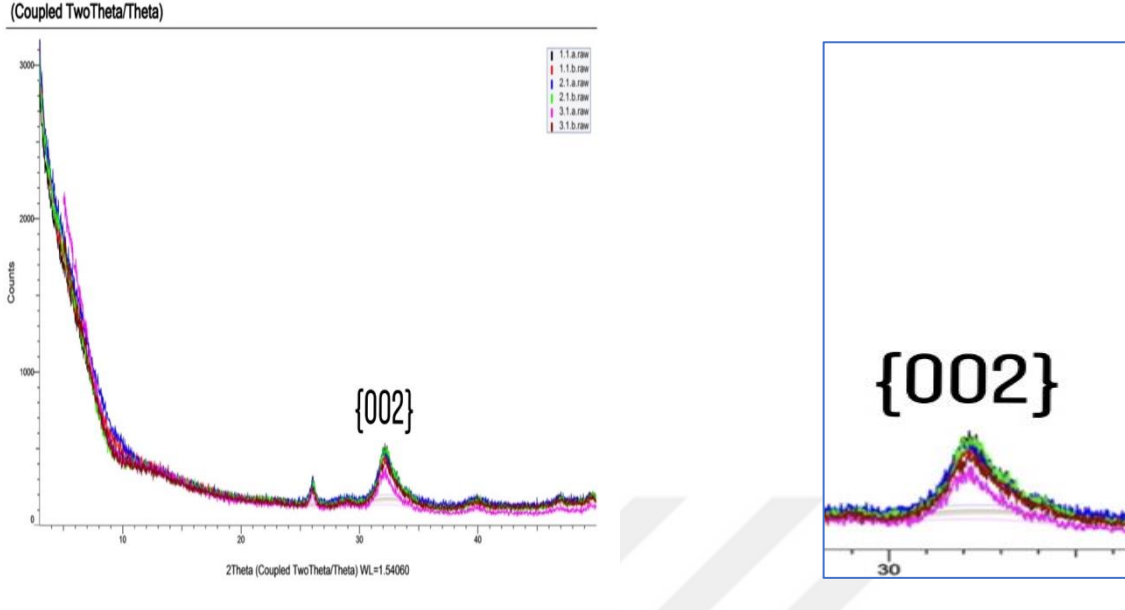
BAC 1. gün	Net İntensity	FWHM
26.112°	130	0.395
32.205°	316	0.160
46.891°	48.7	0.332

BAC 7. gün	Net İntensity	FWHM
26.123°	177	0.331
32.281°	302	0.160
46.942°	34.3	0.167

BAC 14. gün	Net İntensity	FWHM
26.074°	154	0.325
32.185°	324	0.160
46.001°	35.1	0.472

Tablo 4.26 Kontrol grubuna ait bulguları

Kontrol Grubu	Net İntensity	FWHM
26.082	81.5	0.301
32.124	165	0.160



Şekil 4.26 (002) pikinin maksimum yarısında (FWHM) tam genişlikte bir insan dişinin radiküler dentinin X-ışını kırınım spektrumu, hidroksiapatitin kristallliğini yansıtabilir.

Her numune grubu için yarı maksimumda tam genişlik (FWHM) değerleri birbirinden farklı bulundu. 3.grubun yani biyoaktif cam'ın FWHM'si, diğer gruplarda görülenden daha fazla apatit kafesinin kristallliğini gösteren en düşük değeri gösterdi. Öte yandan, 14 günlük maruz kalma grubunun, daha az kristallik gösteren en yüksek FWHM değerine sahip olan 2.grup biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit olduğu saptandı. Genel olarak, FWHM değerinin biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksite maruz kalma süresindeki artışla arttığı bulundu, bu da dentinin kristalliliğinde aşamalı bir azalmayı gösterir.

4.1.4. PH Analizi

pH analizinin 1.,7. Ve 14. Günlerinden elde edilen veriler(Tablo 4.27; Tablo 4.28; Tablo 4.29) ve istatistik sonuçları (Tablo 4.30).

1.gün pH Analiz Bulguları

Tablo 4.27. 1.gün pH Analiz Bulguları

Örnek	GRUP 1: Ca(OH) ₂	GRUP 2: Ca(OH) ₂ + BAC	GRUP 3: BAC	GRUP 4: Kontrol
1	7.08	7.30	6.98	7.00
2	7.03	7.11	7.00	7.00
3	7.07	7.27	7.00	7.00
4	7.05	7.18	6.97	7.08
5	7.13	7.40	7.07	6.99
6	7.13	7.10	6.97	7.00
7	7.09	7.14	6.97	6.99
8	7.06	7.67	6.97	6.96
9	7.14	7.23	6.98	6.94
10	7.20	7.17	6.99	6.97
11	7.19	7.08	6.97	6.93
12	7.05	7.26	6.98	6.93
13	7.11	7.37	6.97	6.94

7.gün- pH Analiz Bulguları

Tablo 4.28. 7.gün- pH Analiz Bulguları

Örnek	GRUP 1: Ca(OH) ₂	GRUP 2: Ca(OH) ₂ + BAC	GRUP 3: BAC	GRUP 4: Kontrol
1	7.27	7.80	7.04	7.01
2	7.26	7.37	7.02	6.99
3	7.27	8.08	7.04	7.02
4	7.15	7.55	7.00	7.23
5	7.22	8.55	7.24	7.04
6	7.37	7.38	7.01	7.05
7	7.22	7.60	7.00	7.02
8	7.27	10.92	7.01	7.01
9	7.28	7.75	7.02	6.99
10	7.56	7.72	7.0	7.05
11	7.70	7.44	7.01	7.00
12	7.21	8.52	7.02	7.01
13	7.46	9.34	7.00	6.98

14.gün pH Analiz Bulguları

Tablo 4.29. 14.gün- pH Analiz Bulguları

Örnek	GRUP 1: Ca(OH)_2	GRUP 2: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{BAC}$	GRUP 3: BAC	GRUP 4: Kontrol
1	7.35	8.60	7.07	7.09
2	7.34	7.56	7.07	7.04
3	7.35	8.90	7.10	7.07
4	7.35	7.73	7.07	7.34
5	7.40	8.30	7.49	7.07
6	7.53	7.50	7.04	7.07
7	7.39	7.71	7.05	7.05
8	7.42	11.30	7.06	7.02
9	7.87	7.83	7.07	7.04
10	8.09	7.92	7.07	7.08
11	8.54	7.07	7.10	7.04
12	7.36	8.41	7.04	7.07
13	8.30	10.40	7.03	7.05

Tablo:4.30 Tüm grupların pH ölçümleri ile ilgili istatistik analiz sonuçları:

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+BAC	BAC	Kontrol
<i>pH 1. gün</i>	7,10±0,05 ^{a1}	7,25±0,16 ^{b1}	6,99±0,03 ^{c1}	6,98±0,04 ^{c1}
<i>pH 7. gün</i>	7,33±0,16 ^{a2}	8,16±1,01 ^{b2}	7,03±0,06 ^{c1}	7,03±0,06 ^{c1}
<i>pH 14. gün</i>	7,64±0,42 ^{a3}	8,40±1,21 ^{b3}	7,10±0,12 ^{c1}	7,08±0,08 ^{c1}

Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0.05)

Grupların 14. gün pH ölçümleri karşılaştırıldığında; 4 grup arasında pH ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (p<0,05). En yüksek pH ölçümü Kalsiyum hidroksit +Biyoaktif cam (%7) örneklerinde en düşük pH ölçümü ise medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulunmuştur. Biyoaktif cam ve medikament yerleştirilmeyen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

4.1.5. Mikrosertlik Analiz Bulguları

Tüm gruplarda 1.,7. ve 14. Gün dentin mikrosertlik değerlerine ait tablo (Tablo 4.31; Tablo 4.32 ve Tablo 4.33)ve sertlik analizine ait görüntü aşağıda verilmiştir (Şekil 4.27; Şekil 4.28 ve Şekil 4.29).

4.3.1 1.Gün Dentin Disklerine Uygulanan Materyallerin Dentin Üzerine Oluşturdukları Sertlik Değerleri:

Tablo 4.31. 1.gün mikrosertlik analiz sonuçları:

ÖRNEK	<i>Grup 1</i> <i>Ca(OH)₂</i>	<i>Grup 2</i> <i>Ca(OH)₂+BAC</i>	<i>Grup 3</i> <i>BAC</i>	<i>Grup 4</i> <i>Kontrol</i>
1.	76.8	77.5	68.5	54.0
2.	79.7	76.7	54.3	52.2
3.	73.0	64.8	59.9	56.4
4.	82.4	72.3	62.8	50.3
5.	76.7	89.7	86.4	54.5

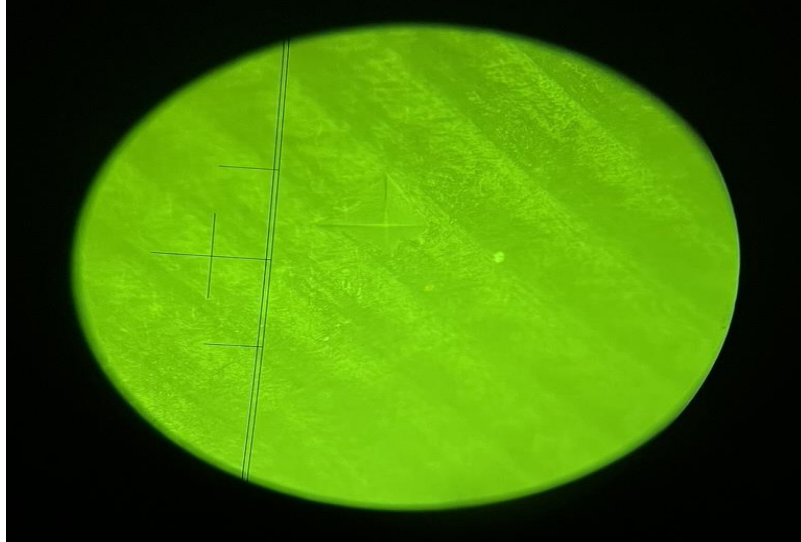


Şekil 4.27. 1.gün Mikrosertlik Analizinden Görüntü

4.3.2 7.Gün Dentin Disklerine Uygulanan Materyallerin Dentin Üzerine Oluşturdukları Sertlik Değerleri:

Tablo 4.32. 7.Gün mikrosertlik analiz sonuçları:

ÖRNEK	Grup 1 Ca(OH) ₂	Grup 2 Ca(OH) ₂ +BAC	Grup 3 BAC	Grup 4 Kontrol
1.	79.8	53.2	56.5	52.6
2.	72.5	75.3	50.4	58.0
3.	79.8	67.3	54.2	55.5
4.	73.0	72.0	52.4	50.9
5.	58.6	79.0	54.2	58.5

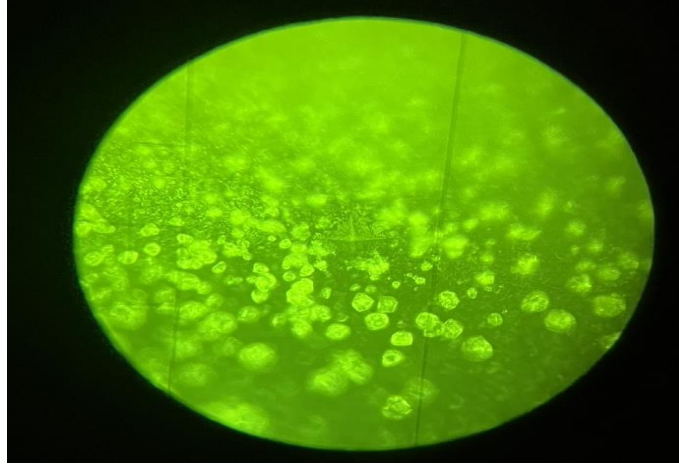


Şekil 4.28. 7.gün. Mikrosertlik Analizinden Görüntü

4.3.3 14.Gün Dentin Disklerine Uygulanan Materyallerin Dentin Üzerine Oluşturdukları Sertlik Değerleri:

Tablo 4.33. 14.Gün mikrosertlik analiz sonuçları

ÖRNEK	Grup 1 Ca(OH)₂	Grup 2 Ca(OH)₂+BAC	Grup 3 BAC	Grup 4 Kontrol
1	66.2	66.5	56.7	53.2
2	67.8	74.5	60.4	54.4
3	63.3	79.2	58.7	56.9
4	68.0	79.9	59.9	50.2
5	67.0	62.5	62.8	59.2



Şekil 4.29. 14.gün. Mikrosertlik Analizinden Görüntü

Mikrosertlik analizine ait bulguların değerlendirildiği istatistik tablosu aşağıda verilmiştir:

Tablo 4.34. Tüm grupların mikrosertlik ölçümlerine dayalı karşılaştırılması

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
	Ca(OH)₂	Ca(OH)₂+BAC	BAC	Kontrol
<i>Mikrosertlik 1.gün</i>	77,72±3,54 ^{a1}	76,20±9,07 ^{a1}	66,38±12,3 ^{b1}	53,48±2,32 ^{c1}
<i>Mikrosertlik 7.gün</i>	72,74±8,66 ^{a2}	69,36±10,0 ^{a2}	53,54±2,28 ^{b2}	55,10±3,32 ^{b1}
<i>Mikrosertlik 14.gün</i>	66,46±1,90 ^{a3}	72,52±7,74 ^{b2}	59,70±2,24 ^{c3}	54,78±3,45 ^{d1}

*Bu tabloda aynı satırda farklı harfler, aynı sütunda farklı rakamlar istatistiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0.05)

Grupların 14. gün mikrosertlik ölçümleri karşılaştırıldığında 4 grup arasında mikrosertlik ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir(p<0,05). En yüksek mikrosertlik ölçümü Kalsiyum hidroksit + Biyoaktif cam(%7) örneklerinde en düşük mikrosertlik ölçümü ise Medikament yerleştirilmeyen örneklerde bulunmuştur.

5.TARTIŞMA

Bu çalışma sonuçlarına göre çalışmanın her iki hipotezi de reddedilmiştir. Kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam kombinasyonun dentinin biyolojik ve mekanik özellikleri üzerinde değişikliklere yol açmaktadır ve kalsiyum hidroksit ve biyoaktif cam kombinasyonunun pH değişimi üzerine etkisi vardır.

Bakteriler ve yan ürünleri, pulpa ve periapikal hastalıkların başlangıç ve devamında önemli bir rol oynar (Almyroudi ve ark 2002). Endodontik tedavinin başarılı olması iyi bir kök kanal dezenfeksiyonuna bağlıdır (Atila-Pektaş ve ark 2013). Kemomekanik preparasyonun önemli bir temizleme etkisi olmasına rağmen kök kanal sisteminden tüm bakterileri yok edemez. Kalan bu bakteriler kök kanalı içinde büyür, çoğalır ve endodontik seanslar arasında antibakteriyel pansuman yapılmadığı takdirde tedavinin başlangıcından önce mevcut olan seviyeye ulaşabilir (Almyroudi ve ark 2002). Bu nedenle kanal içi ilaç tedavisi, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda kemomekanik preparasyona değerli bir yardımcıdır.

Kök kanal sisteminde medikamentlerin etkisini inceleyen çalışmalarda genellikle laboratuvar ortamının kliniği yansıtması amacı ile çekilmiş dişler kullanılmıştır (Retief ve ark 1989). Yapılan birçok çalışmada tek köklü ve insan dişlerinin tercih edildiği bildirilmiştir (Shokouhinejad N. ve ark. 2012; Han L. ve ark. 2013; Kim J.R. ve ark. 2015). Bu çalışmada düz, tek köklü ve tek kanallı; çürük, çatlak, kırık ve restorasyon bulunmayan; ortodontik ve periodontal sebeplerle çekilmiş üst anterior insan dişleri seçildi ve bu dişlerden hazırlanan dentin kesitleri kullanıldı (Prabhakar ve ark 2012). Deneye dahil edilen dişlerin seçilme kriterleri arasında herhangi bir yaş ve cinsiyet sınırlaması yapılmadı. Çekilmiş dişlerin saklama koşulları analiz sonuçlarını etkileyebilmektedir. Yapılan benzer deneylerde çekilmiş dişler serum fizyolojik içinde muhafaza edilmişlerdir (URAPEPON ve ark 2003). Bu çalışmada da deneyde kullanılmak amacıyla seçilen dişler, deneyde kullanılacakları zamana kadar fizyolojik serum içerisinde bekletildi. Bekleme süresi 2 ayı aşmayacak şekilde saklanıp saklama solüsyonu her hafta yenilendi (Hanada ve ark 2010). Testler başladıktan sonra tüm dişler PBS solüsyonuna transfer edildi.

Kalsiyum hidroksit antibakteriyel aktivitesi nedeniyle kanal içi ilaç olarak diğer materyallerden daha üstündür ve altın standart olarak kabul edilmiştir (Zehnder ve ark 2004). Kim ve Kim (2014) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in yaygın endodontik patojenlere karşı geniş bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu ancak *E. faecalis* ve *Candida albicans*'a karşı daha az etkili olduğunu bildirmiştir (Kim ve Kim 2014). Roças ve arkadaşları da (2004) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kök kanal sisteminde bulunan tüm mikroorganizmalara karşı eşit derecede etkili olmadığını bildirmişlerdir (Rôças ve ark 2004). *E. faecalis* yüksek pH'a direnç gösterir, dentin tübüllerine nüfuz etmeye ve farklı çevresel koşullara uyum sağlama yeteneği vardır (Love 2001). Bu nedenle, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'e daha iyi bir alternatif bulmak amacıyla yeni antimikrobiyal ajanlar ve taşıyıcılar araştırılmıştır (Gubler ve ark 2008). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda: gliserin, %2 klorheksidin jel, %2'lik klorheksidinglukonat, oktenidin hidroklorit, %15'lik setrimit + %1.5'luk klorheksidinglukonat, %5.25'lik sodyum hipoklorit gibi materyaller kalsiyum hidroksit ile birlikte taşıyıcı olarak kullanılmıştır (İsmail ve ÖZDEMİR , Akbulut 2017).

Yasen ve ark. (2013) antibiyotik patlarının ve kanal içi medikamentlerin dentinin kimyasal yapısını değiştirebileceğini bildirmiştir (Yasin et al 2013). Kalsiyum hidroksitin dentin yapısını değiştirdiğiyle ilgili literatürde çalışmalar mevcuttur (Sara Eryürük 2014). Bu çalışmada kalsiyum hidroksite biyoaktif cam ilave edilmesi ile elde edilen karışımın gerek kalsiyum hidroksit materyalinin özellikleri ve gerekse kök dentini üzerine etkilerini araştırmak hedeflendi. Biyoaktif camlar, son dönemde diş hekimliği alanında oldukça popüler ve yaygın kullanım alanına sahip biyoseramik grubunda yer alan materyallerdir. Ancak biyoaktif camın kalsiyum hidroksit ile birlikte kullanıldığında dentine etkileri konusunda literatürde yeterli çalışma yoktur.

Biyoaktif camlar, 1969 yılında Florida Üniversitesinde, Hench tarafından tanıtılmışlardır ve o zamandan beri çeşitli tıbbi durumları tedavi etmek için kullanılmışlardır (Goel ve ark 2015). Materyal fosfat ve silika esaslı olmasına rağmen yeterince biyouyumludur, ayrıca kemik dokularıyla kimyasal bağlantı oluşturma kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Jones 2015). Bu kabiliyetin

yapısındaki silikanın, vücut sıvılarında fosfor ve kalsiyum iyonları ile yer değiştirmesi sayesinde oluştuğu bildirilmiştir (Jones 2015).

Çalışmada biyoaktif cam, kalsiyum hidroksit ve biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit kullanıldı. Homojen karışım elde etmek için materyaller distile su ile 1/1 oranda siman spatülü ile karıştırıldı ve toplam 4 grup oluşturuldu. Bu materyallerin etkileri farklı yöntemlerle incelendi.

SEM yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların, örnekler üzerine odaklanması ile görüntünün oluşabilmesi için olanak sağlarlar (Comar ve ark 2017). Bu elektron demetleri ile örnek yüzeylerinin taratılması sürecinde elektronlar ve örnek atomların arasında farklı girişimler sonucunda meydana gelen etkiler uygun alıcılarda toplanmaktadırlar.

EDX (enerji dağılımlı X ışın analizi), materyalin element miktarı ve kimyasal yapısı üzerine veriler elde etmede uygulanan analitik bir yöntemdir. SEM-EDX analizi istenen bölgedeki element analizini yapabilen bir metdodur (Laskin ve Cowin 2001). Bu metot ile elemental haritalama yaparken aynı zamanda dışın kök dentininde istenilen alana işaret eklenerek yüzeysel görüntü de alınabilir. SEM-EDX analiz tekniği ile istenen bütün element değerlerini bir grafik üzerinde ortaya koyması ayrıca net sonuçlar elde edilmesi gibi olumlu avantajlara sahiptir (Gandolfi ve ark 2010). Bu sebeple bu çalışmada kullanılması uygun görülmüştür.

Dentin, ağırlıkça %70 mineral, %20 organik bileşen ve %10 sıvıdan oluşan kompleks mineralize bir dokudur (de Dios Teruel ve ark 2015). Dentindeki ana elementler, hidroksiapatit formunu oluşturan Ca, Mg ve P' dur (Teruel et al., 2015). Diğer önemli elementler arasında dentinin mineralizasyonunda önemli olan Na ve K bulunur (Ten Nanci 2012). Dentin yüzeyine farklı kimyasal ajanların uygulanması sonucunda dentinin mineral içeriği değişebilir (Poggio ve ark., 2015). Mineral oranındaki değişim, özellikle Ca/P oranı, dentinin geçirgenliğini, çözünürlüğünü ve demineralizasyon özelliklerini etkileyebilir (Rotstein ve ark 1996),(Yassen ve ark 2013).

Biyoaktif cam, temel olarak SiO_2 , Na_2O , CaO ve P_2O_5 içeren 4 bileşenli bir oksit sistemidir. Mineral depozisyonunu indüklemeye kapasitesine sahip oldukları ve köklerin kanallarının içinde ve apikal kısımda biyolojik kapatmayı sağladıkları için biyoaktif camlar endodontik kanal tedavi uygulamalarında kullanılırlar (Salonen 1999). Çalışmamızın SEM/EDX bulguları, biyoaktif cam içeriğinde K, Zr, Ca, O, Cl, Na, Mg, Si ve P iyonlarına sahip olduğunu doğrulamıştır. 14.günü takiben en yüksek O değeri kalsiyum hidroksit+biyoaktif cam medikament karışımında gösterirken en düşük sonuçları ise biyoaktif cam medikamentinde göstermiştir (Tablo 4.14).

Biyoaktif camdan Si, Ca, PO_4 iyonlarının salınması sonucunda apatit oluşumu gerçekleştiği ve materyal çevre dokularında mineralizasyonu sağlayan bir araç olarak kabul edildiği için çürük diş profilaksilerinde ve hassasiyet tedavilerinde (dentin tübüllerini tıkayarak), mineralize edici ve desentize edici ajan olarak kullanım potansiyeline sahiptir (Walker ve ark 2013). Yapılan araştırmalarda Ca, P ve F minerallerinin, mine yüzeyinde demineralizasyonun inhibisyonu ve remineralizasyonun stimülasyonu için gerekli olan ayrıca aside dirençli floroapatit bileşiklerinin temel yapısını oluşturan mineraller oldukları bildirilmiştir (Mehta ve ark 2013). Kalsiyum iyonları, mineralize edici hücrelerin farklılaşması ve mineralizasyonu için gereklidir.

Ca/P oranındaki herhangi bir değişim organik ve inorganik bileşenlerin oranını etkilemekte bu da dentinin geçirgenliğini ve çözünürlüğünü artırmaktadır (Dik 2017). Ayrıca yüksek P element düzeyinin, bu materyaller içerisinde yer alan yüksek Ca/P miktarına bağlandığı belirtilmiştir (2017). Bu çalışmada Ca mineralleri açısından 14 gün bekleme süresini takiben en yüksek Ca ve P mineral içeriğini medikament yerleştirilmeyen 4.grup gösterirken, en düşük Ca ve P içeriği 2.grup olan kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam kombinasyonunda gözlemlendi (Tablo 4.15, Tablo 4.16). Dentinin Ca emilimi göstermesi, sert dokunun kimyasal ve yapısal modifikasyona uğrayarak dokunun daha yüksek asit direnci kazanmasının yanında fiziksel direncinin de artmasını sağlamaktadır (Patel ve ark 2002).

Hossain ve arkadaşlarının (2011) yaptığı bir çalışmada Ca, P ve Mg değerlerinde artış gözlemlenmiştir ve bu artışın dentinin çözünme direncine olumlu

etkisi olabileceği bildirilmiştir (Hossain ve ark 2001). Yapılan farklı bir çalışmada ise CO₂ lazer uygulanan dişlerin asit uygulaması sonrasında lazer uygulanmayan gruba göre daha az Ca salınımı gösterdiğini ve bu durumda da Ca salınımının azalması ile dişlerin çürüklere karşı direncinin artabileceği bildirilmiştir (HOSSAIN ve ark 1999).

P mineralleri açısından çalışmamızda 14 günü takiben en yüksek P mineral içeriği medikament yerleştirilmeyen 4.grup gösterirken, en düşük Ca ve P içeriği ise 2.grup olan kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam kombinasyonu gösterdi (Tablo 4.15, Tablo 4.16). 14.günü takiben en yüksek Mg ölçümü medikament yerleştirilmeyen örneklerde gözlenirken en düşük Mg ölçümü ise kalsiyum hidroksit içeren örneklerde gözlendi (Tablo 4.18). Mg vücutta en bol bulunan dördüncü katyondur; dentindeki ortalama Mg konsantrasyonu yaklaşık %1'dir (ağırlık/ağırlıkça) (Wiesmann ve ark 1997). Mg, sinyal iletiminin modülasyonu, enerji metabolizması, hücre çoğalması ve farklılaşma dahil olmak üzere birçok hücrel işlevi etkiler (Romani ve Scarpa 1992). Mg ayrıca kemik ve dişin biyomineralizasyonu ile ilişkilidir ve örneğin alkalın fosfatın (ALP) aktivasyonu yoluyla mineral metabolizmasını dolaylı olarak etkiler (Salem ve ark 2021). Ek olarak Mg, inorganik mineral fazının kristalizasyon süreçlerini ve model oluşumunu doğrudan etkiler (Saris ve ark 2000).

Çalışmamızda gün sayısının artmasıyla 14.günü takiben en yüksek Si ölçümü Biyoaktif cam örneklerde gözlenirken en düşük Si ölçümleri ise kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam örneklerinde görülmüştür. Si'un sert doku mekanizması üzerine rolü kesin belli olmamakla beraber, kemik kalsifikasyonunun erken evresinde rol alabileceği bildirilmiştir (Patel ve ark 2002). Biyoaktif cam materyallerden ise kök dentinine Si salınımının, yeni kemik oluşumunu artırdığı bildirilmiştir (Patel N. ve ark. 2002). Aynı zamanda Si'un demineralize olan kök dentininde remineralizasyona katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Han L. ve ark. 2013).

Si, dentin köprüleri ve dokularının oluşumunda da önemli rollere sahiptir ayrıca mineralizasyon ve kollajen oluşumundaki önemini ortaya koyarak, onu diş hekimliği alanında faydalı kılmaktadır (ERGÖZ ve Karasu 2020). Bu nedenle,

yukarıda belirtilen unsurların dentin apatit bağlamında incelenmesinin önemi giderek artmaktadır (Saghiri ve ark 2022).

Ca, O ve Si miktarının bir materyalde yüksek olması, bu materyallerin biyomineralizasyonu veya biyoaktiviteyi destekleyeceğini anlamına gelmektedir (Saghiri ve ark 2022). Si iyonunun birikimi biyolojik açıdan öneme sahip olabilir çünkü Si biyoaktif materyaller tarafından *in vivo* ortamlarda salındığı zaman yeni kemik oluşumu hızını artırır (Patel ve ark 2002). *In vitro* ortamda ise demineralize dentinin remineralizasyonunu indükler (Saito ve ark 2003). Farklı bir çalışmada S53P4 biyoaktif camların kendi kendine Si zengin yüzeyde Ca/P tabakası oluşturduğu ve böylece biyomineralizasyon için yeterli bir silika ve kalsiyum kaynağı olduğu belirlenmiştir (Forsback ve ark 2004).

Dentin kompozisyonunda yer alan bir diğer iyon ise K'dur. Bizim çalışmamızda, 4 grup arasında K ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Klor ölçümlerinde ise en yüksek sonuçlar Biyoaktif cam örneklerinde bulunmuştur, en düşük ise kontrol grubunda saptanmıştır.

XRD Analizi: X-ışını kırınımı, kristal malzemeyi analiz etmek için kullanılan analitik bir tekniktir ve yapıları, bileşimleri ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar. XRD ayrıca dentin yüzeyinde biriken minerallerin mineral fazını belirlemek ve tedavi öncesi ve sonrası numuneler arasındaki kristallik farklılıklarını gözlemlemek için de kullanılır. Ca, P, O ve C ile Mg ve Na eser elementleri dentinin çoğunluğunu oluşturur (Hanlie ve ark 2006). Literatür, dentinin mineral fazını apatit yapılı bir kalsiyum fosfat olarak tanımlamıştır (LeGeros 1991).

Dentinin hidroksi apatit ve minör minerallerden (whitlockit) oluştuğu belirtilmiştir (Hanlie ve ark 2006). Bununla birlikte, birçok küçük ve eser elementin biyolojik açıdan ilişkisi, daha fazla araştırma ve farklı bakış açılara yol açmıştır. Kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam ilave edilmiş grupların kristalliliğindeki azalma, kristal özelliklerini etkileyebilecek olan hidroksiapatit kafesindeki kayıp veya olası ikame nedeniyle olabilir. Bu çalışmada XRD sonuçları, biyoaktif cam grubunun, hidroksiapatit kafesinin daha yüksek kristalliğini gösteren daha düşük bir FWHM

(XRD profillerinin maksimum yarı genişliğinde FWHM tam genişliği) değerine sahip olduğunu gösterdi. Buna karşılık, 14 gün boyunca kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam'a maruz bırakılan numuneler, daha düşük kristallik ve hidroksiapatit kafesinde meydana gelen daha fazla ikameyi gösteren en yüksek FWHM değerini gösterdi; bu, kalsiyum hidroksitin alkalinitesinin etkisine bağlı olabilir. Kalsiyum hidroksit kök dentininin mineral yapısında değişikliğe neden olabileceği Rosenberg ve arkadaşlarına ait olan "güçlü alkalinitesi nedeniyle, kalsiyum hidroksit karboksilat ve fosfat gruplarını denatüre ederek dentin yapısında çökmeye neden olabilir" hipotezlerini de desteklemektedir (Rosenberg ve ark 2007). Bu çalışmada kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam'a maruz kalmanın radiküler dentinin mineral/matriks oranını ve mineral kristalligindeki azalmaya sebep olduğu gözlemlendi. Genel olarak bu bulgular, kök kanalının uzun süre kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam'a maruz kalmasının dentinin kimyasal bileşimini değiştireceği, böylece kökü zayıflatacağı ve onu kırılmaya daha yatkın hale getireceği anlamına gelebilir. Bu nedenle, klinik ortamlarda kök kanalının kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam ile medikasyon süresinin en aza indirilmesi gerekmektedir.

Biyoaktif camın distile su ile kombinasyonundan oluşan patin kullanıldığı bir *in vivo* çalışmada, dentin tübülleri üzerinde oluşturduğu mineralizasyon ve kimyasal farklılıklarla, dişin yapısal bütünlüğüne katkıda bulunduğundan söz edilmiştir. Bunun sonucunda ise biyoaktif camların umut vaat eden materyaller olarak kullanılabilecekleri bildirilmiştir (Efflandt ve ark 2000).

Biyoaktif camlar kanal içi ilaç olarak önerilmişlerdir ve bu biyomateriyaller doku sıvıları ile temas ettiklerinde aktive olabilir, kalsiyum hidroksit bazlı ilaçlara benzer bir alkali pH'ı indükleyebilir ve ayrıca kemik dokusunun proliferasyonunu uyarıp, onarım süreçlerini etkileyebilirler (Gubler ve ark 2008). Bu davranış, camların kimyasal bileşimine ve yüzey dokusu ile alakalı bulunmuştur (Saravanapavan ve ark 2003). Biyoaktif camların antimikrobiyal etkisi tam olarak anlaşılmassa da bu mekanizmanın sulu süspansiyonlarda pH artışı ve dentin ortamındaki ozmotik etkiler veya Ca^{2+} konsantrasyonu ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (Stoor ve ark 1998).

Biyoaktif camlar ayrıca ortamın pH'sını yükselterek kök kanallarının sistemlerinde mikroorganizmalara karşı dezenfeksiyon ajanı olarak kullanılabilme yeteneğine sahiptir (Nakamura 2009). Antibakteriyel etkiye sahiptirler ve bu etki indirekt ve direkt olarak pH ile bağlantılıdır (Zehnder ve ark 2004). Direkt pH'a bağlı olmayan etkisi ise iyon salınımı kaynaklıdır (Gubler ve ark 2008). Yapılan bir çalışmada Mohn ve arkadaşları biyoaktif cam ilave edilmiş %50 bizmut oksit içeren partiküllerin kök kanal dolgu materyalleri olarak kullanılabilceğini, yüksek pH'a sahip olduğu ve radyoopasite değerinin 4,94 mm alüminyuma eşdeğer olduğunu rapor etmişlerdir (Mohn ve ark 2010).

Yapılan çalışmalarda kanal içi ilaçların sinerjik etkisinin, yalnızca ilaçların karışımından daha karmaşık etkileşimler içerebileceği bildirilmiştir. Herhangi bir kimyasal bileşiğin etkisi için en uygun koşullar olduğundan, bunların tek başına veya kombine halinde kullanımlarında pH belirleyici bir rol oynar. Bu nedenle, bu çalışmada biyoaktif cam ve kalsiyum hidroksitin pH'ı tek başına veya kombinasyon halinde farklı anlarda çalışıldı ve dentinin pH üzerindeki etkisi de değerlendirildi. Kullanılan tüm kanal içi ilaçlar arasında, 1., 7. Ve 14. günlük zamanlarda en yüksek pH değerlerini kalsiyum hidroksit+biyoaktif cam kombinasyonu gösterdi. En düşük pH ise medikament yerleştirilmeyen örnek grubunda saptandı.

Bu çalışmada, değerlendirilen kanal içi ilaçların test edilen zaman periyotlarının herbirinde farklı pH değerleri gözlemlendi (Tablo4.30). *In vitro* çalışmanın bulgularını klinik bir duruma uygularken, ağız ortamında sıcaklık, hücre dışı sıvı, dentinin tamponlama kapasitesi gibi dikkate alınması gereken birçok faktör vardır. Bu nedenle, daha fazla *in vivo* çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Alaçam ve ark. yaptığı bir çalışmada, kalsiyum hidroksit gliserin, klorheksidinglukonat, oktenidinhidroklorit, setrimit, sodyum hipoklorit gibi farklı taşıyıcılar ile kombine etmiştir ve bu kombinasyonların kanal içine yerleştirilmesinden sonra dentinde meydana gelen pH değişiklikleri değerlendirilmiştir (Alaçam ve ark 1998).Sonuç olarak kalsiyum hidroksit + gliserin kombinasyonu, kalsiyum hidroksit + distile su kombinasyonundan önemli ölçüde daha yüksek pH değerleri göstermiştir (Alaçam ve ark 1998).

Carvalho ve arkadaşlarının çalışmasında %2 klorheksidin jel; %2 klorheksidin jel + kalsiyum hidroksit; kalsiyum hidroksit+ propilen glikol 600; deneysel niyobyum fosfat biyoaktif cam (NPBG) + distile su; biyoaktif cam + distile su kombinasyonları kıyaslanarak dentinin pH'ı değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda 30 günde kalsiyum hidroksitin pH'ı diğer gruplarla karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek sonuçlar göstermiştir. Biyoaktif camlar ise 30 gün sonra alkali bir pH sunmuştur (Carvalho ve ark 2016). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde 14 günün sonunda tüm guruplar alkali pH sunmuştur. Ancak analiz edilen tüm deneysel zaman aralıkları için diğer gruplarla karşılaştırıldığında, biyoaktif cam ilave edilmiş kalsiyum hidroksit pH bakımından daha daha yüksek sonuçlar gösterdi (Tablo 30 ;p<0.05).

Biyoaktif cam, doku sıvıları ile temas ettiğinde aktive olan ve kalsiyum hidroksit bazlı ilaçlara benzer şekilde alkali pH'ı indükleyen bir malzemedir (Gubler ve ark 2008). Ortamdaki pH'ın artmasının, dokulardaki onarımın ve kalsifikasyonu sağlanması için uygun bir ortam oluşturduğu belirtilmiştir (Stashle ve ark 1989), (Tronstad ve ark 1981). Alkali pH, iltihabın asidik reaksiyonlarına karşı lokal bir tampon görevi yapmakta, osteoklastlar tarafından salgılanan laktik asidi nötralize ederek mineralize dokuların daha fazla parçalanmasını önlemektedir (Anthony ve ark 1982). Kalsiyum ve hidroksil iyonları ile birlikte yüksek pH'ın, sert doku oluşumunda önemli bir rol oynayan alkali fosfataz enzimini aktive ettiği bildirilmiştir (Anthony ve ark 1982),(Torneck ve ark 1983). Çalışmamızda 14 gün sonunda kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam grubunun yüksek pH sonucu göstermesi, biyoaktif camın alkali pH'ı indükleyen bir malzeme olmasından kaynaklı olabilir.

Dentinin fizyolojik özelliklerinden biri de mikrosertliktir. Mikrosertlik, kalsiyum içeriği remineralizasyon, mineralizasyon ve demineralizasyon, bakımından önemli bir parametredir (Davidson ve ark 1974). Bir malzemenin mikrosertliği tek bir özelliğin ölçüsü olmadığı için dişlerin gücünü değerlendirmek için bir parametre olarak kullanılmıştır. Akma ve çekme kuvveti, elastikiyet modülü ve kristal yapı stabilitesi gibi malzemenin diğer temel özelliklerinden önemli ölçüde etkilenir. Bu nedenle, temel bilgilerle karşılaştırıldığında, genel kuvvet veya deformasyona karşı direncin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Namazikhah ve ark 2008). Hâlihazırda

iki tür mikrosertlik test metodu mevcuttur; Knoop ve Vickers (Gümüş 2021). Ancak bu çalışmada, ölçüm hatalarına daha duyarlı olduğu, yüzey koşullarına daha az duyarlı olduğu ve küçük numuneler iyi bir doğrulukla test edilebildiği için Vickers mikrosertlik testi kullanıldı.

Dentinin mikrosertliği, kullandığımız kanal içi ilaçların pH'ından, dentinin tamponlama kapasitesinden ve dentin tübül yoğunluğunun farklılığından etkilenebilir. Mikrosertlik ve dişin mineral yapısı arasında pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Mikrosertlikteki azalmanın, dentindeki mineral kaybına bağlı olarak, diş yapısını zayıflattığı, çürüğe yatkınlığını ve dolayısıyla dişlerde kırılabilirliği arttırdığı bildirilmiştir (Arends ve Ten Bosch 1992).

Dentin mikrosertlik değerlerinin düşük sonuçlar göstermesi kök kanal dolgu materyallerinin adezyon ve tıkama etkinliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği, ayrıca kök kanal dolgularının kanal duvarlarındaki adaptasyonunda güçlüklerle sebep olabileceğini bildirilmiştir (Perdigão ve ark 2001). Kanal içi medikamentlerin kullanımı sonucunda kök kanal dentin mikrosertliğinde oluşabilecek azalma sonucunda diş eğilme kuvvetini düşürerek dişin kırılmaya karşı direncini azalttığı bildirilmiştir (Pashley, Okabe ve Parham, 1985). Dentin mikrosertliğinde azalma, mekanik kuvvete azalmaya ve dentin mikro çatlaklarının yayılmasına neden olabilir (Yılmaz ve ark 2016). Dentin mikrosertliğini artıran materyaller, özellikle dentinin zayıfladığı durumlarda faydalı olabilir (Andreasen ve ark 2002, Yassen ve ark 2013). Yapılan bir çalışmada kanal içi medikament olarak zerdeçal ekstraktının *E.faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliğini ve kalsiyum hidroksit ve %2 klorheksidin jeli ile karşılaştırıldığında kök dentininin mikrosertliği üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Sonucunda mikrosertlikteki en yüksek azalma Ca(OH)_2 ile gösterilmiş olup bunu %2 CHX jel izlemiştir ve zerdeçal ekstraktının hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Prabhakar ve ark 2013).

Çalışmamızın sonucunda 1. ve 7. gün olan ölçümlerde en yüksek mikrosertlik ölçümü 1.grup (kalsiyum hidroksit) örneklerinde bulundu, 14 günün sonunda ise 2.grup (kalsiyum hidroksit + biyoaktif) cam örnekleri daha yüksek sonuçlar verdi (Tablo 4.34). Deney süresini takiben değişmeyen veri ise medikament

yerleştirilmeyen örneklerin düşük mikrosertlik ölçümlerine sahip olmaları oldu. Mikrosertlik lmlerinin yüksek çıkması kalsiyum hidroksite ilave edilmiş biyoaktif cam materyalin bu açıdan avantaj sağlayıp dentin yapısına olumlu etki edeceğini söyleyebiliriz.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER:

Kalsiyum hidroksit, biyoaktif cam ve biyoaktif cam ile modifiye edilen kalsiyum hidroksit materyallerinin dentin üzerine etkisinin değerlendirildiği bu *in vitro* çalışmanın sınırlılıkları dahilinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşmak mümkündür;

1. Kalsiyum hidroksite %7 biyoaktif cam partiküllerinin eklenmesi bu materyalin etkinliğini değiştirmektedir. Bu etkinliğin olumlu tarafları geliştirilmelidir.

2. Kalsiyum hidroksite %7 biyoaktif cam partiküllerinin eklenmesi sonucunda dentin özelliklerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Dentin yapısında meydana gelen değişikliklerin sınıflandırılabilmesi, klinik olarak yansımalarının tespit edilebilmesi için daha çok çalışma yapılmalıdır.

3. Kalsiyum hidroksite %7 biyoaktif cam partiküllerinin eklenmesinin Ph üzerinde etkisi olduğu gözlemlendi. 14. günün sonunda en yüksek pH değeri kalsiyum hidroksit + biyoaktif cam grubunda saptanırken (pH=8.4); diğer gruplarda ise sırasıyla düşüş izlendi (Kalsiyum hidroksit: 7.6; biyoaktif cam: 7.1 ve medikament yerleştirilmeyen kontrol grubu:7.0). Kalsiyum hidroksitin biyoaktif cam ile kombine kullanılması kanal içini daha bazik hale dönüştürmektedir. Bu durumun avantaj ve dezavantajlarını değerlendirmek için daha çok *in vitro* ve *in vivo* çalışmaya ihtiyaç vardır.

4. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar ve uygulanan deney koşulları altında kalsiyum hidroksitin biyoaktif cam ile kombine kullanıldığında dentin mikrosertliğinde diğer gruplara kıyasla 14. günü takiben artışa neden olmuştur. Mikrosertlikteki artış esas olarak dentin kırılgenliğini da artırdığı için, kalsiyum hidroksitin biyoaktif cam ile kombine kullanılması konusunda dikkatli davranılmalıdır. Klinik çalışmalar ve uzun dönem kontroller ile bu etkinin klinik olarak yansması değerlendirilmelidir.

5. Yapılan SEM-EDX çalışmasında deney süresi sonunda ise kalsiyum hidroksit+ biyoaktif cam grubu, diğer gruplara kıyasla kök dentininde en düşük Ca, P, Zr, Mg, Na, Cl ve Si gösterirken en yüksek O seviyesi göstermiştir.

Bu çalışmanın bulguları ışığında kalsiyum hidroksit materyaline, biyoaktif cam materyali eklenmesi dentinin biyolojik ve mekanik etkilerini olumlu yönde değiştirdiği söylenebilir. Ancak bu tez çalışmasının sonuçlarına göre, materyalin diğer özelliklerini olumsuz yönde etkileyip etkilemediğini öğrenmek ve bu alanda gelişme kaydedebilmek için ileri *in vivo* ve *in vitro* çalışmalara ihtiyaç vardır.



7.KAYNAKÇA:

- Abbott PV, 1990. Medicaments: aids to success in endodontics. Part 1. A review of the literature. Australian dental journal, 35, 5, 438-48.
- Affairs ADACoS, 2006. Professionally applied topical fluoride: Evidence-based clinical recommendations. The Journal of the American Dental Association, 137, 8, 1151-9.
- Agrawal DVS, 2012. An in vitro scanning electron microscopic study comparing the efficacy of passive ultrasonic and syringe irrigation methods using sodium hypochlorite in removal of debris from the root canal system.
- Akbulut MB, 2017. Farklı antiseptik taşıyıcı ve kalsiyum hidroksit kombinasyonlarının doku çözücü etkinliğinin incelenmesi. Selcuk Dental Journal, 4, 1, 1-5.
- AKÇAY I, TÜRK BT, ŞEN BPBH, ÖZTÜRK T, 2010. Evaluating the Antimicrobial Efficacy of Root Canal Irrigants Against Candida Albicans and Enterococcus Faecalis: In vitro study. EU Dishek-FakDerg, 31, 1, 47-52.
- Al-Hiyasat AS, El-Farraj HS, Alebrahim MA, 2021. The effect of calcium hydroxide on dentine composition and root fracture resistance of human teeth: An in vitro study. European Journal of Oral Sciences, 129, 4, e12798.
- Alaçam T, Yoldaş HO, Gülen O, 1998. Dentin penetration of 2 calcium hydroxide combinations. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 86, 4, 469-72.
- Allan I, Newman H, Wilson M, 2001. Antibacterial activity of particulate Bioglass® against supra-and subgingival bacteria. Biomaterials, 22, 12, 1683-7.
- Allen RK, Newton CW, Brown Jr CE, 1989. A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. Journal of Endodontics, 15, 6, 261-6.
- Almyroudi A, Mackenzie D, McHugh S, Saunders W, 2002. The effectiveness of various disinfectants used as endodontic intracanal medications: an in vitro study. Journal of Endodontics, 28, 3, 163-7.
- Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC, 2002. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. Dental Traumatology, 18, 3, 134-7.
- Anthony DR, Gordon TM, Carlos E, 1982. The effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 54, 5, 560-5.

- Arends J, Ten Bosch J, 1992. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *Journal of dental research*, 71, 3_suppl, 924-8.
- AŞÇI DS, DALI EA, HEKİMİ D, YILMAZ E, ÇEŞİTLİ KÖK KANALI MEDİKAMENTLERİNİN MİKROORGANİZMALAR ÜZERİNE ANTİMİKROBİYAL ETKİLERİNİN İN-VİTRO OLARAK İNCELENMESİ.
- Atila-Pektaş B, Yurdakul P, Gülmez D, Görduysus Ö, 2013. Antimicrobial effects of root canal medicaments against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus mutans*. *International endodontic journal*, 46, 5, 413-8.
- Atmeh A, Chong E, Richard G, Festy F, Watson T, 2012. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of dental research*, 91, 5, 454-9.
- Attin T, Meyer K, Hellwig E, Buchalla W, Lennon A, 2003. Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion. *Archives of oral biology*, 48, 11, 753-9.
- Barkarmo S, Wennerberg A, Hoffman M, Kjellin P, Breiding K, Handa P, Stenport V, 2013. Nano-hydroxyapatite-coated PEEK implants: a pilot study in rabbit bone. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 101, 2, 465-71.
- Bergenholtz G, Dahlén G, 2004. Advances in the study of endodontic infections: introduction. *Endodontic Topics*, 9, 1, 1-4.
- Block SS, 2001. Disinfection, sterilization, and preservation, Lippincott Williams & Wilkins, p.
- Boyde A, Stewart A, 1962. A study of the etching of dental tissues with argon ion beams. *Journal of ultrastructure research*, 7, 1-2, 159-72.
- Brunner TJ, Stark WJ, Boccaccini AR, 2009. Nanoscale bioactive silicate glasses in biomedical applications. Preface XV List of Contributors XIX.
- Burwell A, Litkowski L, Greenspan D, 2009. Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin®): remineralization potential. *Advances in Dental Research*, 21, 1, 35-9.
- Byström A, Sunqvist G, 1985. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*, 18, 1, 35-40.
- Camilleri J, Pitt Ford T, 2006. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *International endodontic journal*, 39, 10, 747-54.

- Carvalho CN, Freire LG, Carvalho APLd, Duarte MAH, Bauer J, Gavini G, 2016. Ions release and pH of calcium hydroxide-, chlorhexidine-and bioactive glass-based endodontic medicaments. *Brazilian dental journal*, 27, 325-31.
- Chong B, Ford TP, 1992. The role of intracanal medication in root canal treatment. *International endodontic journal*, 25, 2, 97-106.
- Chunmuang S, Jitpukdeebodintra S, Chuenarrom C, Benjakul P, 2007. Effect of xylitol and fluoride on enamel erosion in vitro. *Journal of Oral Science*, 49, 4, 293-7.
- Comar LP, Souza BM, Al-Ahj LP, Martins J, Grizzo LT, Piasentim IS, Rios D, Buzalaf MAR, Magalhaes AC, 2017. Mechanism of action of TiF₄ on dental enamel surface: SEM/EDX, KOH-Soluble F, and X-Ray diffraction analysis. *Caries Research*, 51, 6, 554-67.
- Curson I, 1965. History and endodontics. *The Dental practitioner and dental record*, 15, 435-9.
- ÇALIŞKAN D, IŞIK A, Yaşar F, YILDIRIM N, Elhan A, 1999. PARK SAĞLIK OCAĞI BÖLGESİNDEKİ BİR İLKOKULDA DIŞ ÇÜRÜKLERİ ve ETKİLİ FAKTÖRLER.
- Davidson C, Hoekstra I, Arends J, 1974. Microhardness of sound, decalcified and etched tooth enamel related to the calcium content. *Caries research*, 8, 2, 135-44.
- de Dios Teruel J, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJO, 2015. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Archives of oral biology*, 60, 5, 768-75.
- Deveaux E, Dufour D, Boniface B, 2000. Five methods of calcium hydroxide intracanal placementAn in vitro evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89, 3, 349-55.
- Dik Ç, 2017. Surfaktanlı Edta Solüsyonlarının Genç ve Yaşlı Dentinin Adeziv Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi.
- Dinnebier RE, Billinge SJ, 2008. Principles of powder diffraction. *Powder Diffraction: Theory and Practice*, 1-19.
- Doyon GE, Dumsha T, Von Fraunhofer JA, 2005. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 31, 12, 895-7.
- Drago L, Vassena C, Fenu S, Vecchi ED, Signori V, Francesco RD, Romanò CL, 2014. In vitro antibiofilm activity of bioactive glass S53P4. *Future microbiology*, 9, 5, 593-601.

- Efflandt SE, Cook RF, Francis LF, 2000. Apatite growth on bioactive glass in artificial saliva. MRS Online Proceedings Library (OPL), 662.
- Epp J, 2016. X-ray diffraction (XRD) techniques for materials characterization. In: Materials characterization using nondestructive evaluation (NDE) methods. Eds: Elsevier, p. 81-124.
- Erdem Hepşenoğlu Y, 2017. Asemptomatik dişlerde tek seansta ve farklı medikamentler kullanılarak çok seansta yapılan yeniden kanal tedavisi uygulamalarında oluşan postoperatif ağrının karşılaştırılarak değerlendirilmesi.
- ERGÖZ F, Karasu B, 2020. Biyo-Seramik bileşimine silisyum katkısının osteokondüktif ve osteoindüktif özelliklere etkisi. El-Cezeri, 7, 2, 724-42.
- ES BSPAT, 2008. Bioceramics: past, present and for the future J Eur Ceram Soc 281319 2008. 3. Best, SM, Porter, AE, Thian, ES, and Huang, J. Bioceramics: past, present and for the future. J Eur Ceram Soc, 28, 1319.
- Estrela C, Pesce HF, 1997. Chemical analysis of the formation of calcium carbonate and its influence on calcium hydroxide pastes in the presence connective tissue of the dog. Part II.
- Farhad A, Mohammadi Z, 2005. Calcium hydroxide: a review. International dental journal, 55, 5, 293-301.
- Farlay D, Panczer G, Rey C, Delmas PD, Boivin G, 2010. Mineral maturity and crystallinity index are distinct characteristics of bone mineral. Journal of bone and mineral metabolism, 28, 4, 433-45.
- Felipe MEM, Andrade PF, Novaes Jr AB, Grisi MF, Souza SL, Taba Jr M, Palioto DB, 2009. Potential of bioactive glass particles of different size ranges to affect bone formation in interproximal periodontal defects in dogs. Journal of periodontology, 80, 5, 808-15.
- Forsback AP, Areva S, Salonen J, 2004. Mineralization of dentin induced by treatment with bioactive glass S53P4 in vitro. Acta Odontologica Scandinavica, 62, 1, 14-20.
- Friedberg BH, Gartner LP, 1990. Embryotoxicity and teratogenicity of formocresol on developing chick embryos. Journal of endodontics, 16, 9, 434-7.
- Fulzele P, Baliga S, Thosar N, Pradhan D, 2011. Evaluation of calcium ion, hydroxyl ion release and pH levels in various calcium hydroxide based intracanal medicaments: An in vitro study. Contemporary clinical dentistry, 2, 4, 291.

- Gandolfi MG, Taddei P, Tinti A, De Stefano Dorigo E, Rossi PL, Prati C, 2010. Kinetics of apatite formation on a calcium-silicate cement for root-end filling during ageing in physiological-like phosphate solutions. *Clinical oral investigations*, 14, 6, 659-68.
- George M, Ivancakova R, 2007. Root canal microflora. *ACTA MEDICA-HRADEC KRALOVE-*, 50, 1, 7.
- Goel A, Sinha A, Khandeparker RVS, Mehrotra R, Vashisth P, Garg A, 2015. Bioactive glass S53P4 versus chlorhexidine gluconate as intracanal medicament in primary teeth: an in-vivo study using polymerase chain reaction analysis. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 7, 8, 65.
- Greenspan D, Zhong J, LaTorre G, 1994. Effect of surface area to volume ratio on in vitro surface reactions of bioactive glass particulates. In: *Bioceramics*. Eds: Elsevier, p. 55-60.
- Gubler M, Brunner T, Zehnder M, Waltimo T, Sener B, Stark WJ, 2008. Do bioactive glasses convey a disinfecting mechanism beyond a mere increase in pH? *International endodontic journal*, 41, 8, 670-8.
- Gümüş S, 2021. Güncel remineralizasyon ajanlarının mine üzerine etkisinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi.
- Haïkel Y, Braun JJ, Zana H, Boukari A, de Blay F, Pauli G, 2000. Anaphylactic shock during endodontic treatment due to allergy to formaldehyde in a root canal sealant. *Journal of endodontics*, 26, 9, 529-31.
- Hanada T, Quevedo CGA, Okitsu M, Yoshioka T, Iwasaki N, Takahashi H, Suda H, 2010. Effects of new adhesive resin root canal filling materials on vertical root fractures. *Australian Endodontic Journal*, 36, 1, 19-23.
- Hanlie H, Liyun T, Tao J, 2006. The crystal characteristics of enamel and dentin by XRD method. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 21, 1, 9-12.
- Harrison JW, 1984. Irrigation of the root canal system. *Dental Clinics of North America*, 28, 4, 797-808.
- Heithersay GS, 1975. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. *International endodontic journal*, 8, 2, 74-93.
- Hench LL, 1993. An introduction to bioceramics, World scientific, p.
- Horiba N, Maekawa Y, Matsumoto T, Nakamura H, 1990. A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *Journal of endodontics*, 16, 7, 331-4.

- Hossain M, Kimura Y, Nakamura Y, Yamada Y, Kinoshita J-I, Matsumoto K, 2001. A study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er, Cr: YSGG laser. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 19, 3, 159-63.
- HOSSAIN M, NAKAMURA Y, KIMURA Y, ITO M, YAMADA Y, MATSUMOTO K, 1999. Acquired acid resistance of dental hard tissues by CO2 laser irradiation. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 17, 5, 223-6.
- Ingle JL, Beveridge EE, Glick DH, Weichman JA, Abou-Rass M, 1994. Modern endodontic therapy. *Endodontics*, 2, 1-57.
- İsmail U, ÖZDEMİR ÖS, KALSİYUM HİDROKSİT VE Klorheksidin JEL/KALSİYUM HİDROKSİT KANAL İÇİ MEDİKAMANLARININ FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİ İLE KÖK KANALINDAN UZAKLAŞTIRMA ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 1-.
- Jain P, Ranjan M, 2015. The rise of bioceramics in endodontics: A review. *Int J Pharm Bio Sci*, 6, 1, 416-22.
- Jones JR, 2015. Reprint of: Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. *Acta biomaterialia*, 23, S53-S82.
- Kangasniemi I, Vedel E, de Blick-Hogerworst J, Yli-Urpo A, De Groot K, 1993. Dissolution and scanning electron microscopic studies of Ca, P particle-containing bioactive glasses. *Journal of biomedical materials research*, 27, 10, 1225-33.
- Kapoor S, Goel A, Tilocca A, Dhuna V, Bhatia G, Dhuna K, Ferreira JM, 2014. Role of glass structure in defining the chemical dissolution behavior, bioactivity and antioxidant properties of zinc and strontium co-doped alkali-free phosphosilicate glasses. *Acta biomaterialia*, 10, 7, 3264-78.
- Kargozar S, Baino F, Hamzehlou S, Hill RG, Mozafari M, 2018. Bioactive glasses entering the mainstream. *Drug discovery today*, 23, 10, 1700-4.
- Kargozar S, Lotfibakhshaiesh N, Ai J, Mozafari M, 2017. Brouki Milan P, Hamzehlou S, et al. Strontium-and cobalt-substituted bioactive glasses seeded with human umbilical cord perivascular cells to promote bone regeneration via enhanced osteogenic and angiogenic activities. *Acta Biomaterialia*, 58, 502-14.
- Kasugai S, Hasegawa N, Ogura H, 1991. Application of the MTT colorimetric assay to measure cytotoxic effects of phenolic compounds on established rat dental pulp cells. *Journal of dental research*, 70, 2, 127-30.

- Kaur G, Pandey OP, Singh K, Homa D, Scott B, Pickrell G, 2014. A review of bioactive glasses: their structure, properties, fabrication and apatite formation. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 102, 1, 254-74.
- Kawashima N, Wadachi R, Suda H, Yeng T, Parashos P, 2009. Root canal medicaments. *International dental journal*, 59, 1, 5-11.
- Khan AM, Sindi AM, Alogaly JA, Ashour MS, 2019. Factors affecting the success of endodontic treatment (surgical or nonsurgical): A brief. *Int. J. Med. Dev. Ctries*, 3, 730-3.
- Kim D, Kim E, 2014. Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review-Part I. In vitro studies. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 39, 4, 241-52.
- Koch KA, Brave DG, 2012. Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. *Dentistry today*, 31, 1, 130-5.
- Kuga MC, Campos EAd, Faria-Junior NBd, Só MVR, Shinohara AL, 2012. Efficacy of NiTi rotary instruments in removing calcium hydroxide dressing residues from root canal walls. *Brazilian oral research*, 26, 19-23.
- KULAN M, ULUKAPI İ, 2011. Dişhekimliğinde biyoaktif camlar. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 45, 1, 65-70.
- Kükürtcü B, 2008. Biyoaktif Cam Ve Cam-seramik Malzemelerin Üretimi Ve Yapay Vücut Sıvısı İçerisindeki Davranımlarının İncelenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Larmas E, Sewón L, Luostarinen T, Kangasniemi I, Yli-Urpo A, 1995. Bioactive glass in periodontal defects. Initial findings of soft tissue and osseous repair. *Bioceramics*, 8, 279-84.
- Laskin A, Cowin JP, 2001. Automated single-particle SEM/EDX analysis of submicrometer particles down to 0.1 µm. *Analytical Chemistry*, 73, 5, 1023-9.
- Lee L, Lan W, Wang G, 1990. A evaluation of chlorhexidine as an endosonic irrigan. *Journal of the Formosan Medical Association*, 89, 6, 491-7.
- LeGeros R, 1991. 6. Calcium Phosphates in Enamel, Dentin and Bone. In: *Calcium phosphates in oral biology and medicine*. Eds: Karger Publishers, p. 108-29.

- Lindfors N, Hyvönen P, Nyyssönen M, Kirjavainen M, Kankare J, Gullichsen E, Salo J, 2010. Bioactive glass S53P4 as bone graft substitute in treatment of osteomyelitis. *Bone*, 47, 2, 212-8.
- Love R, 2001. *Enterococcus faecalis*—a mechanism for its role in endodontic failure. *International endodontic journal*, 34, 5, 399-405.
- Maia E, Baratieri LN, de Andrada MAC, Monteiro Jr S, Vieira LCC, 2008. The influence of two home-applied bleaching agents on enamel microhardness: an in situ study. *Journal of dentistry*, 36, 1, 2-7.
- Mehta R, Nandlal B, Prashanth S, 2013. Comparative evaluation of remineralization potential of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate fluoride on artificial enamel white spot lesion: An in vitro light fluorescence study. *Indian journal of dental research*, 24, 6, 681.
- Mitchell DF, Shankwalker GB, 1958. Osteogenic potential of calcium hydroxide and other materials in soft tissue and bone wounds. *Journal of Dental Research*, 37, 6, 1157-63.
- Mohn D, Zehnder M, Imfeld T, Stark WJ, 2010. Radio-opaque nanosized bioactive glass for potential root canal application: evaluation of radiopacity, bioactivity and alkaline capacity. *International endodontic journal*, 43, 3, 210-7.
- Moser JB, Heuer MA, 1982. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53, 4, 425-8.
- Nakamura M, (2009). *Nanostructured Oxides*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Namazikhah M, Nekoofar MH, Sheykhrezae M, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST, Mohammadi M, Dummer PMH, 2008. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *International endodontic journal*, 41, 2, 108-16.
- Nasseh A, 2009. The rise of bioceramics. *Endodontic practice*, 2, 17-22.
- Neu HC, 1992. The crisis in antibiotic resistance. *Science*, 257, 5073, 1064-73.
- O'Brien WJ, 2002. *Dental materials and their selection*, 2002. Quintessence.
- Orstavik D, Pitt Ford T, 2008. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*. Copenhagen: Blackwell Munksgaard.

- Patel N, Best S, Bonfield W, Gibson IR, Hing K, Damien E, Revell P, 2002. A comparative study on the in vivo behavior of hydroxyapatite and silicon substituted hydroxyapatite granules. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 13, 12, 1199-206.
- Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G, 2001. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence International*, 32, 2.
- Pérez F, Franchi M, Péli J, 2001. Effect of calcium hydroxide form and placement on root dentine pH. *International endodontic journal*, 34, 6, 417-23.
- Polz MF, Cavanaugh CM, 1998. Bias in template-to-product ratios in multitemplate PCR. *Applied and environmental Microbiology*, 64, 10, 3724-30.
- Prabhakar A, Hadakar SG, Raju O, 2012. Comparative evaluation of pH and antibacterial effect of various calcium hydroxide combinations on *E. faecalis* and its effect on root strength: An in vitro study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 3, 1, 42.
- Prabhakar A, Taur S, Hadakar S, Sugandhan S, 2013. Comparison of antibacterial efficacy of calcium hydroxide paste, 2% chlorhexidine gel and turmeric extract as an intracanal medicament and their effect on microhardness of root dentin: an in vitro study. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 6, 3, 171.
- Profeta A, Huppa C, 2016. Bioactive-glass in oral and maxillofacial surgery. *Craniomaxillofacial trauma & reconstruction*, 9, 1, 001-14.
- Profeta AC, Prucher GM, 2017. Bioactive-glass in endodontic therapy and associated microsurgery. *The open dentistry journal*, 11, 164.
- Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P, 2017. Bioceramics in endodontics—a review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51, 3 Suppl 1, S128.
- Rahaman MN, Bal BS, Huang W, 2014. Emerging developments in the use of bioactive glasses for treating infected prosthetic joints. *Materials Science and Engineering: C*, 41, 224-31.
- Retief D, Wendt S, Bradley E, Denys F, 1989. The effect of storage media and duration of storage of extracted teeth on the shear bond strength of Scotchbond 2/Silux to dentin. *American journal of dentistry*, 2, 5, 269-73.
- Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT, 2009. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *Journal of endodontics*, 35, 5, 731-6.

- Reyes-Gasga J, Koudriavtseva O, Herrera-Becerra R, Escobosa A, 2015. XRD characterization of crystallinity of human tooth enamel under influence of mechanical grinding. *Materials Sciences and Applications*, 6, 06, 464.
- Rôças IN, Siqueira Jr JF, Santos KR, 2004. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *Journal of endodontics*, 30, 5, 315-20.
- Roda RS, 2006. Nonsurgical retreatment. *Pathways of the Pulp*, 944-1010.
- Romani A, Scarpa A, 1992. Regulation of cell magnesium. *Archives of biochemistry and biophysics*, 298, 1, 1-12.
- Rosenberg B, Murray PE, Namerow K, 2007. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dental Traumatology*, 23, 1, 26-9.
- Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M, 1996. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *Journal of endodontics*, 22, 1, 23-6.
- Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Karamifar K, Saghiri AM, Neelakantan P, Gutmann JL, Sheibaninia A, 2012. Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 70, 6, 603-9.
- Saghiri MA, Vakhnovetsky J, Vakhnovetsky A, 2022. Functional Role of Inorganic Trace Elements in Dentin Apatite—Part II: Copper, Manganese, Silicon, and Lithium. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 126995.
- Saito T, Toyooka H, Ito S, Crenshaw MA, 2003. In vitro study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. *Caries research*, 37, 6, 445-9.
- Salem RM, Zhang C, Chou L, 2021. Effect of Magnesium on Dentinogenesis of Human Dental Pulp Cells. *International Journal of Biomaterials*, 2021.
- Salonen J, Tuominen U, Andersson O, 1996. Mineralization of dentin by making use of bioactive glass S53P4. In: *Biomaterials today and tomorrow: proceedings of the Finish Dental Society*. Eds: Turku Center for Biomaterials, Turku, p. 25-6.
- Salonen JI, 1999. Bioactive glass in dentistry. *DENTAL NEWS Volume VI*, 4, 11-5.
- Sara Eryürük AS, 2014. Kanal İçi Kalsiyum Hidroksit Uygulanmış Dişlerde Apikal Bariyerli Kanal Dolgularının Sızdırmazlık Direncinin İncelenmesi.

- Saravanapavan P, Jones JR, Pryce RS, Hench LL, 2003. Bioactivity of gel–glass powders in the CaO-SiO₂ system: A comparison with ternary (CaO-P₂P₅-SiO₂) and quaternary glasses (SiO₂-CaO-P₂O₅-Na₂O). *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 66, 1, 110-9.
- Saris N-EL, Mervaala E, Karppanen H, Khawaja JA, Lewenstam A, 2000. Magnesium: an update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clinica chimica acta*, 294, 1-2, 1-26.
- Schäfer E, Bössmann K, 2005. Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and two calcium hydroxide formulations against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*, 31, 1, 53-6.
- Scimeca M, Bischetti S, Lamsira HK, Bonfiglio R, Bonanno E, 2018. Energy Dispersive X-ray (EDX) microanalysis: A powerful tool in biomedical research and diagnosis. *European journal of histochemistry: EJH*, 62, 1.
- Scimeca M, Orlandi A, Terrenato I, Bischetti S, Bonanno E, 2014. Assessment of metal contaminants in non-small cell lung cancer by EDX microanalysis. *European journal of histochemistry: EJH*, 58, 3.
- Sepulveda P, Jones J, Hench L, 2002. In vitro dissolution of melt-derived 45S5 and sol-gel derived 58S bioactive glasses. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 61, 2, 301-11.
- Siqueira Jr J, Lopes H, 1999. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*, 32, 5, 361-9.
- Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K, 1990. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 16, 10, 498-504.
- Sonatkar J, Lolge S, 2020. Bioactive glass: a potential component. *Int. Res. J. Modernization Eng. Technol. Sci.*, 2, 9, 1030-4.
- Spangberg L, Engström B, Langeland K, 1973. Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 36, 6, 856-71.
- Stashle HJ, Pioch T, Hoppe W, 1989. The alkalizing properties of calcium hydroxide compounds. *Dental Traumatology*, 5, 3, 147-52.

- Stoor P, Söderling E, Salonen JI, 1998. Antibacterial effects of a bioactive glass paste on oral microorganisms. *Acta Odontologica Scandinavica*, 56, 3, 161-5.
- Sundqvist G, 1976. Bacteriological studies of necrotic dental pulps, Umeå University.
- Suominen E, Kinnunen J, 1996. Bioactive glass granules and plates in the reconstruction of defects of the facial bones. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery*, 30, 4, 281-9.
- Tay FR, Gu L-s, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH, 2010. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of endodontics*, 36, 4, 745-50.
- Taylor JK, Jeanson BG, Lemon RR, 1997. Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *Journal of Endodontics*, 23, 8, 508-12.
- Ten Nanci A, 2012. Cate's oral histology: development, structure, and function. St. Louis, MO: Mosby.
- Torneck C, Moe H, Howley T, 1983. The effect of calcium hydroxide on porcine pulp fibroblasts in vitro. *Journal of endodontics*, 9, 4, 131-6.
- Tronstad L, 1988. Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. *Dental Traumatology*, 4, 6, 241-52.
- Tronstad L, Andreasen J, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I, 1981. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 7, 1, 17-21.
- URAPEPON S, Okamoto A, Ishikawa K, Iwaku M, 2003. EPMA observation between dentin and resin interfaces. Part 1. Comparison of wet and dry technique after short-term stored in water. *Dental materials journal*, 22, 2, 115-25.
- Vallittu PK, 2017. Bioactive glass-containing cranial implants: an overview. *Journal of Materials Science*, 52, 15, 8772-84.
- Van Mullem P, Simon M, Lamers A, 1983. Formocresol: a root canal disinfectant provoking allergic skin reactions in presensitized guinea pigs. *Journal of endodontics*, 9, 1, 25-9.
- Veljović D, Čolić M, Kojić V, Bogdanović G, Kojić Z, Banjac A, Palcevskis E, Petrović R, Janačković D, 2012. The effect of grain size on the biocompatibility, cell-materials interface, and mechanical properties of microwave-sintered bioceramics. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 100, 11, 3059-70.

- Walker LA, Sanders BJ, Jones JE, Williamson CA, Dean JA, Legan JJ, Maupome G, 2013. Current trends in pulp therapy: a survey analyzing pulpotomy techniques taught in pediatric dental residency programs. *Journal of Dentistry for Children*, 80, 1, 31-5.
- Waltimo T, Brunner T, Vollenweider M, Stark WJ, Zehnder M, 2007. Antimicrobial effect of nanometric bioactive glass 45S5. *Journal of dental research*, 86, 8, 754-7.
- Walton RE, 1984. Intracanal medicaments. *Dental Clinics of North America*, 28, 4, 783-96.
- Wang W, Tao R, Tong Z, Ding Y, Kuang R, Zhai S, Liu J, Ni L, 2012. Effect of a novel antimicrobial peptide chrysopsin-1 on oral pathogens and *Streptococcus mutans* biofilms. *Peptides*, 33, 2, 212-9.
- Wiesmann HP, Tkotz T, Joos U, Zierold K, Stratmann U, Szuwart T, Plate U, Höhling HJ, 1997. Magnesium in newly formed dentin mineral of rat incisor. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12, 3, 380-3.
- Wilson J, Clark A, Douek E, Krieger J, Smith WK, Zamet JS, 1994. Clinical applications of bioglass implants. In: *Bioceramics*. Eds: Elsevier, p. 415-22.
- Yassen G, Vail M, Chu T, Platt J, 2013. The effect of medicaments used in endodontic regeneration on root fracture and microhardness of radicular dentine. *International endodontic journal*, 46, 7, 688-95.
- Yassen GH, Chu T-MG, Eckert G, Platt JA, 2013. Effect of medicaments used in endodontic regeneration technique on the chemical structure of human immature radicular dentin: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 39, 2, 269-73.
- Yilmaz S, Dumani A, Yoldas O, 2016. The effect of antibiotic pastes on microhardness of dentin. *Dental Traumatology*, 32, 1, 27-31.
- Zehnder M, 2006. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 32, 5, 389-98.
- Zehnder M, Luder H, Schätzle M, Kerosuo E, Waltimo T, 2006. A comparative study on the disinfection potentials of bioactive glass S53P4 and calcium hydroxide in contra-lateral human premolars ex vivo. *International Endodontic Journal*, 39, 12, 952-8.
- Zehnder M, Söderling E, Salonen J, Waltimo T, 2004. Preliminary evaluation of bioactive glass S53P4 as an endodontic medication in vitro. *Journal of Endodontics*, 30, 4, 220-4.

EK.B Turnitin Benzerlik Programı Sonucu

tez3

ORJİNALLİK RAPORU

% **19**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **16**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **9**

YAYINLAR

% **9**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%4
2	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%2
3	www.2014.icemst.com İnternet Kaynağı	%2
4	acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%1
5	acikerisim.dicle.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
6	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	%1
7	Submitted to Selçuk Üniversitesi Öğrenci Ödevi	%1
8	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	%1
9	docplayer.net İnternet Kaynağı	<%1