

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜT DİŞİ ÇÜRÜKLERİNİN TEDAVİLERİNDE KULLANILAN DİŞ RENGİ
RESTORATİF MATERYALLERİN REMİNERALİZASYONA OLAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Doktora Tezi

Dişhekim

Arzu AYKUT YETKİNER

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cemal ERONAT

İZMİR

2009

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜT DİŞİ ÇÜRÜKLERİNİN TEDAVİLERİNDE KULLANILAN DİŞ RENGİ
RESTORATİF MATERYALLERİN REMİNERALİZASYONA OLAN
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Pedodonti Anabilim Dalı Programı
Doktora Tezi

Dişhekim
Arzu AYKUT YETKİNER

DANIŞMAN
Prof. Dr. Cemal ERONAT

İZMİR
2009

ÖNSÖZ

Doktora eğitim süreci boyunca değerli fikirleriyle bana her konuda yol gösteren ve tezimin hazırlanmasında emeğini ve desteğini esirgemeyen doktora danışmanım Pedodonti Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Sayın Cemal ERONAT' a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmamın aşamalarında bilgi ve tecrübelerini aktaran ve araştırmanın değerlendirme aşamasında laboratuvarın tüm olanaklarını bana sunan İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü' nden Prof. Dr. Sayın Muhsin ÇİFTÇİOĞLU, Deniz ŞİMŞEK tüm fakülte personeli ve Malzeme Araştırma Merkezi' ne,

Doktora Tez İzleme Komitesi Üyeleri olarak tezimin aşamalarında olumlu katkı ve eleştiriler yapan Prof. Dr. Bilge Hakan ŞEN ve Prof. Dr. Ece EDEN' e,

Asistanlık sürem boyunca katkı ve emeklerinden dolayı Pedodonti Anabilim Dalı' nda görev yapan tüm öğretim üyeleri ve öğretim elemanlarına,

Tezimde elde edilen bulguların değerlendirmesini yaparak katkılarda bulunan Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Biyoistatistik Bölümü' nden Yrd. Doç. Dr. Timur Köse' ye,

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca fedakârlığını esirgemeyen ailem ve desteği ile her an yanımda olan sevgili eşime, sonsuz teşekkür ederim.

İzmir, 2009

Dt. Arzu AYKUT YETKİNER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TABLolar DİZİNİ	VIII
GRAFİKLER DİZİNİ	IX
RESİMLER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII

BÖLÜM I

GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	4
1.1. Dentin.....	4
1.1.1. Dentinin histolojik yapısı.....	4
1.1.2. Dentinin biyokimyasal yapısı	6
1.1.2.1. Organik yapı.....	7
1.1.2.2. İnorganik yapı.....	9
1.1.2.3. Su.....	10
1.2. Dentin çürüğü.....	10
1.2.1. Oluşum mekanizması.....	12
1.2.2. Çürük sonucu dentinde oluşan değişiklikler	13
1.3. Çürük uzaklaştırma teknikleri ve restorasyon işlemlerinde uygulanan klinik yöntemler	16
1.4. Dentin remineralizasyonu.....	22

1.5. Remineralizasyon saptama yöntemleri	24
1.5.1. Kantitatif Yöntemler	26
1.5.1.1. Mikroradyografi	26
1.5.1.2. Elektron ışınlarının kullanıldığı mikroanaliz yöntemleri	29
1.5.1.3. Sulu kimyasal analizler	32
1.5.1.4. Mikrosertlik	33
1.5.2. Yarı-kantitatif Yöntemler	36
1.5.3. Kalitatif Yöntemler	36
1.5.3.1. Polarize ışık mikroskobu	36
1.5.3.2. İyot geçirgenlik yöntemleri	37
1.5.3.1. Konfokal lazer tarama mikroskobu	37
1.6. X-Işını Kırınımı (XRD) Yöntemi	39
1.7. Süt dişlerinde çürük lezyonların tedavisinde kullanılan retoratif materyaller	40
1.7.1. Cam iyonomer simanlar	41
1.7.1.1. Konvansiyonel cam iyonomer simanlar	41
1.7.1.2. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar	46
1.7.2 Hibrit restoratif materyaller	46
1.7.2.1. Resin modifiye cam iyonomer simanlar	46
1.7.2.2. Kompomerler	47
1.7.3. Kompozit rezinler	47
1.8. Dentin bağlayıcı sistemler	50

BÖLÜM II

GEREÇ ve YÖNTEM	52
2.1. <i>In situ</i> çalışma	52
2.1.1. Hasta ve diş seçim kriterleri	52
2.1.2. Mikrosertlik ölçümlerinin yapılması.....	54
2.1.3. SEM-EDS (Enerji Dağılımsal X-ışını spektroskopi) analizleri ...	56
2.2. <i>In vitro</i> çalışma	58
2.2.1. Mikrosertlik ve EDS analizleri için test örneklerinin hazırlanması	59
2.2.2. Mikrosertlik ölçümlerinin yapılması.....	65
2.2.3. SEM-EDS (Enerji Dağılımsal X-ışını spektroskopi) analizlerinin yapılması.....	66
2.2.4. XRD (X ışını difraktörü) analizleri için test örneklerinin hazırlanması ve analizlerinin yapılması	66
2.2.5 Çözünürlük testi	69
2.2.5.1. Tozların elde edilmesi	70
2.2.5.2. Çözünürlük test düzeneğinin hazırlanması ve testin uygulanması.....	75
2.3. İstatistiksel değerlendirme.....	78

BÖLÜM III

BULGULAR.....	82
3.1. <i>In situ</i> çalışmanın bulgularının değerlendirilmesi	82
3.1.1. Mikrosertlik bulgularının değerlendirilmesi	82

3.1.2. SEM-EDS analizi bulguları.....	85
3.2. <i>İn vitro</i> çalışmanın bulgularının değerlendirilmesi	87
3.2.1. Mikrosertlik bulgularının değerlendirilmesi	87
3.2.2. SEM-EDS analizi bulguları.....	94
3.3. XRD analizlerinin değerlendirilmesi.....	101
3.4. Çözünürlük testinin değerlendirilmesi.....	107

BÖLÜM IV

TARTIŞMA	109
----------------	-----

BÖLÜM V

SONUÇLAR	135
----------------	-----

BÖLÜM VI

ÖZET	138
ABSTRACT	140

BÖLÜM VII

KAYNAKLAR.....	142
ÖZGEÇMİŞ	161

Tablolar Dizini

Tablo 1: Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	49
Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Materyallerin İçerikleri	64
Tablo 3: Elde Edilecek Tozların İçeriği	70
Tablo 4: Fuji IX ve Surefil ile Restore Edilmiş Dentin Dokusunun Mikrosertlik Değerleri	82
Tablo 5: Derinliklere Göre Elementlerin Ortalama Konsantrasyonu (% ağırlık).....	86
Tablo 6: Süreye ve Derinliklere Göre Mikrosertlik Değerleri.....	89
Tablo 7: Süreye ve Derinliklere Göre Ortalama (% ağırlık) F ⁻ Konsantrasyonları	96
Tablo 8: Süreye ve Derinliklere Göre Ortalama (% ağırlık) Sr ⁺² Konsantrasyonları	97
Tablo 9: Süreye ve Derinliklere Göre Ortalama (% ağırlık) P ⁺³ Konsantrasyonları	99
Tablo 10: Süreye ve Derinliklere Göre Ortalama (% ağırlık) Ca ⁺² Konsantrasyonları	100
Tablo 11: Bileşiklerin 15.,30 dk ve 1.,6.,12., ve 24. saatte yüzey alanına göre oluşan % ağırlık kayıpları	108

Grafikler Dizini

Grafik 1: Dentinin Hacimsel (%) ve Ağırlıksal (%) Olarak Bileşimi	7
Grafik 2- Aynı derinlikte materyallerin mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması	84
Grafik 3: Elementlerin Derinliklere Göre % Ağırlık Konsantrasyonları	86
Grafik 4: Derinliklere Göre 1. Haftadaki Mikrosertlik Değerlerinin Karşılaştırılması	93
Grafik 5: Derinliklere Göre 1. Aydaki Mikrosertlik Değerlerinin Karşılaştırılması	93
Grafik 6: Derinliklere Göre 6. Aydaki Mikrosertlik Değerlerinin Karşılaştırılması	94
Grafik 7: Örneklerin 1. Haftadaki XRD analizleri	106
Grafik 8: Örneklerin 1. Aydaki XRD analizleri.....	106
Grafik 9: Örneklerin 6. Aydaki XRD analizleri.....	106
Grafik 10: Bileşiklerin 24 saatlik çözünürlük eğrileri	108

Resimler Dizini

Resim 1: Metaserv Polisaj Cihazı Ve Polisaj Pastaları.....	54
Resim 2: Mikrosertlik Ölçüm Cihazı	54
Resim 3: Ölçümlerin İmage Tool 3.0 Programı İle Tekrarlanması.....	55
Resim 4: Taramalı Elektron Mikroskopunun Altınla Kaplama Parçası	56
Resim 5: SEM-EDS Cihazı	58
Resim 6: Fuji Conditioner (Poliakrilik Asit)	61
Resim 7: Fuji IX cam iyonomer siman.....	62
Resim 8: Fuji Vernik.....	62
Resim 9: Xeno III Adeziv Sistem.....	63
Resim 10: Surefil Rezin Kompozit.....	63
Resim 11: XRD Phillips X'Pert Pro Cihazı.....	67
Resim 12: Örneklerin XRD Ölçümleri İçin Hazırlanması	69
Resim 13: Solüsyon A ve B' nin karıştırılma düzeneği	71
Resim 14: Çözeltinin renginin oluşan kristaller nedeniyle beyazlaşması.....	72
Resim 15: Yaşlandırma işleminin uygulanması.....	72
Resim 16-17: Santrifüj işleminin uygulanması	73
Resim 18-19: Santrifüje edilen çökeltinin behere alınması.....	74
Resim 20: Çökeltinin etüvde kurutulması	74
Resim 21: Mermer agat.....	75
Resim 22: Çökeltinin toz hali.....	75
Resim 23: Presleme cihazı	75
Resim 24: 1 cm çapındaki peletler	75
Resim 25: Test düzeneği	76

Resim 26: Peletin düzeneğe yerleştirilmesi.....	78
Resim 27: Fuji IX İle Restore Edilmiş Bir Diş	83
Resim 28: Surefil İle Restore Edilmiş Bir Diş	84
Resim 29: 1. Haftadaki Mikrosertlik Ölçümleri.....	90
Resim 30: 1. Aydaki Mikrosertlik Ölçümleri	91
Resim 31: 6. Aydaki Mikrosertlik Ölçümleri	92

Şekiller Dizini

Şekil 1: Hidroksiapatit Kristalinin Komponentleri	9
Şekil 2: Yöntemin Uygulanması	28
Şekil 3: Vickers Sertlik Değerini Ölçen Elmas Ucun Görünümü	34
Şekil 4: Knoop Sertlik Değerini Ölçen Elmas Ucun Görünümü	34
Şekil 5: Bir kristal düzleminde X-ışını kırınımının meydana gelişi	40
Şekil 6: Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonlarındaki 4 Faz.....	44
Şekil 7: Mikrosertlik Ölçümlerinin Şematik Görünümü	55
Şekil 8: EDS Analizi	57
Şekil 9: Dişlerde Standart Kaviteilerin Açılıp Dişlerin Dörde Bölünmesi	60

BÖLÜM I

GİRİŞ

Diş çürüğü, epidemik olarak insanlar üstünde görülebilen en yaygın enfeksiyon hastalıklarının başında gelir. Çürüğün temizlenmesi ve çürüğe bağlı kaybedilmiş diş dokularının yeniden yerine koyulması amacıyla günümüz dişhekimliğinde çok çeşitli restoratif materyaller geliştirilmekte ve kullanılmaktadır (61).

Geleneksel kavite preparasyonunda çürük ve çürükten etkilenmiş dokuların tümüyle temizlenmesi önerilirken, günümüzde minimal invaziv yaklaşım ile sadece yumuşak ve denatüre olmuş diş çürük tabakasının temizlenmesi önerilmektedir. Bu prensibe göre, sağlıklı ve remineralize olma potansiyeli bulunan çürükten etkilenmiş dentin bölgesinin kaldırılmasına gerek duyulmamaktadır (153). Bu prensibin kabul görmesiyle, günümüzde konservatif dişhekimliği, remineralizasyon potansiyeli olan çürükten etkilenmiş fakat enfekte olmayan dentin dokusunun remineralizasyonunu sağlayabilecek restoratif materyal arayışı içerisinde.

Bu materyallerde aranan özellik diş dokusuna afinitesi olan, fiziksel ve kimyasal özellikleri diş dokusu ile benzerlik gösteren ve aynı zamanda da

ilerde oluşabilecek hasarı minimize edebilecek bir materyal olmasıdır. Bu arayış içerisinde cam iyonomer simanlar önemli bir yer tutmaktadır (112).

Cam iyonomer simanların kullanım alanlarından biri de çürük lezyonunun durdurulmasını amaçlayan ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanılan Atravmatik Restoratif Tedavi (ART) tekniğidir. Bu düşük maliyetli ve kolay teknik klinik ortam gerektirmediği gibi elektriğin olmadığı saha şartlarında dahi uygulanabilen bir tedavi yöntemidir. Bu teknikte, çürüğün infekte veya tamamen demineralize olmuş bölümü el aletleri ile uzaklaştırılarak, çürükten etkilenmiş diş dokusu yüzeyi cam iyonomer siman ile restore edilmektedir (105).

Günümüzde, bu teknik gelişmiş ülkelerde indirekt pulpa kuafajında kullanılmakta ancak konu halen ileri düzeyde bilimsel araştırmalar ile incelenmektedir. Bu materyallerin kısmen demineralize olmuş dentini remineralize etme yeteneğini gösteren araştırmalar halen yapılmaktadır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda araştırılan noktaların başında cam iyonomer simanların kısmen demineralize olmuş dentin ile nasıl bir etkileşim gösterdiğini anlamak bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı: Minimal invaziv yöntemlerden biri olan ART (Atravmatik Restoratif Tedavi) yöntemi ile kavitesi açılmış süt dişi çürüklerinde, kavite tabanında kalmış olan çürükten etkilenmiş tabakanın, restorasyonda kullanılan farklı iki materyalden geçen iyonlar ile etkileşim düzeyini mikrosertlik ve elementer analiz incelemelerine tabi tutarak araştırmak ve remineralizasyon düzeylerindeki başarı oranını saptamaktır.

Karşılaştırılacak materyaller olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kondense edilebilir kompozit rezin seçilmiştir.

GENEL BİLGİLER

1.1. Dentin

Dentin dokusu ektomezenkim kökenli olup, odontoblast hücrelerinin salgıladığı kollajenden zengin bir organik matrisin mineralizasyonu ile oluşmaktadır ve kemikle benzer özellikler göstermektedir. Canlı bir doku olan dentin, pulpayı koruyan, tübüllerin ve mikrotübüllerin bulunduğu karmaşık bir yapıdır (62,90).

1.1.1 Dentinin histolojik yapısı

Dentin; tübüllerden, tübüllerin içinde yer alan Tomes liflerinden, tübüllerin çeperini teşkil eden peritübüler dentinden ve tübüller arasını dolduran intertübüler dentinden oluşmaktadır. Dentin tübülleri dişin yaşına bağlı olarak, mine dentin sınırından pulpaya kadar olan seyirleri boyunca bazı değişiklikler gösterir. Genç bir insanda tübül çapı pulpa odası yakınlarında 3-4 µm (mikrometre) iken, mine-dentin sınırında 1 µm'ye kadar düşmekte, yani pulpadan periferiye gidildikçe azalmaktadır.

Dentinin pek çok farklı şekli bulunmaktadır. Mineye komşu hemen oluşturulan dentin tabakasına manto dentin denmektedir. Daha merkezde konumlanan dentin ise sirkumpulpal dentindir. Manto dentin ile sirkumpulpal dentini birbirinden ayıran hipo/unmineralize dentine interglobüler dentin adı verilir. Kronda mineye yakın bölgelerde bu az kireçlenmiş alanlar mikroskopta boş gibi görünürler. Czemark boşlukları adı verilen bu alanlar dentin kanallarının kesintisiz devam etmesinden de anlaşılacağı gibi boş değildir.

İnterglobüler dentin çok küçük boyutlarda kök dentininde sement yakınlarında da görülür. Tanecikler halinde görülen bu tabakaya Tomes'in Granüler Tabakası adı verilir. Manto dentin ve sirkumpulpal dentinin her ikisi birden primer dentini oluşturur. Dişin gelişimi sırasında, apeks kapanıncaya kadar üretilen ve tübüler yapısı oldukça düzenli olan dentine primer dentin denilmektedir. Dişin gelişimini tamamlayıp fonksiyona başlamasından sonra, çok daha yavaş bir hız ile hayat boyu yapılan dentin ise sekonder dentin adını alır. Sekonder dentin, tübüllerin düzenini kaybetmiş olması ile primer dentinden ayırt edilebilir. Yavaş, fakat sürekli oluşan sekonder dentin, derece derece pulpa boşluğunu daraltır. Çürük ve mekanik travma sonucunda sekonder dentinin altında da dentin yapımı görülür ki, bu dentin de tersiyer dentin olarak adlandırılır. Dentinin pulpa tarafında daima kireçlenmemiş bir matris alanı bulunmakta olup bu alana pre-dentin adı verilmektedir. Primer ve sekonder dentin boyunca "S" biçiminde seyreden dentin tübülleri, gerek mine-dentin sınırında gerekse tüm dentin kitlesinde dallanmalar gösterir. Böylece mine altı pleksusu ve tübülleri ilişkilendiren yan dallar oluşur (10,23,90).

Dentin histolojik yapısından dolayı geçirgen bir yapıdır ve geçirgenliği dişin yaşıyla, tübüllerin mineralizasyon derecesiyle, dentindeki doku değişiklikleriyle, dentindeki yerleşimleriyle, tübül-intertübül oranıyla ve tübüllerin içindeki dentin lenfinin iletkenliğini azaltan koşullarla değişiklik göstermektedir (48,86,97).

Çürükten etkilenmiş veya sklerotik dentin, normal bir dentine göre çok daha az geçirgendir. Bunun nedeni, çürükten etkilenmiş dentinin mineral kristalleri ile dolu olması (kollajen fibrillerin arası normal olmayan apatit kristalleri ile doldurulmuştur) ve sklerotik dentinin de kanalları daraltması veya kanal ağızlarını tamamen tıkamasıdır. Çürükten etkilenmiş dentin tübüllerinin çoğu mineral birikimiyle tıkalı olmasına rağmen sağlam dentine göre daha yumuşaktır (110,116).

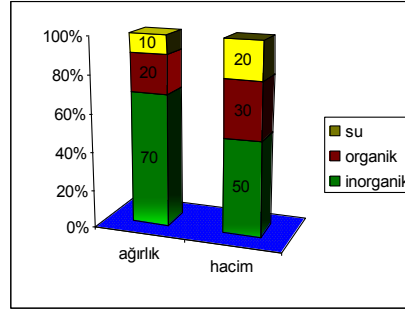
Süt dişi ve daimi diş dentininde de dentin geçirgenliği farklılık göstermektedir. Süt dişi dentini, prenatal ve postnatal dentin olmak üzere iki tabaka halinde gözlenir. Süt dişlerinin prenatal dentin tabakası daha yoğun ve homojen yapıda, post natal dentin tabakası ise daha az kompakt ve daha pöröz bir yapıdadır. Süt dişleri daha az dentin tübülü içermekte (86), ancak süt dişlerindeki dentin tübül çapları daimi dişlere göre daha geniştir. Tübül çapının geniş olması dentin geçirgenliğini artırırken, intertübüller alanının da daralmasına yol açmaktadır (134).

1.1.2. Dentinin biyokimyasal yapısı

Dişin ana kütlesi olan dentin, kısmen mineralize olmuş kollajen bir matris içinde, yüksek oranda mineralize olmuş peritübüler dentinle çevrelenmiş mikroçaplı tübüllerini içeren heterojen, biyolojik bir kompozit gibidir (68). Dentinin yapısı minede olduğu gibi organo-inorganik moleküllerden meydana gelmekte, ancak inceleme kolaylığı bakımından yapılar organik, inorganik ve su olmak üzere üç bölümde incelenmektedir. Dentininin

kompozisyonunun dağılımı Şekil 1'de (19) gösterilmektedir. Dentinin ekstrasellüler substansının ağırlıkça %70'ini inorganik materyal (mineraller) , %20'sini organik materyal ve %10'unu su oluşturmakta, hacim olarak ise %50'sini inorganik materyal (mineral-kalsiyumdan fakir karbonattan zengin yapıda hidroksiapatit (HAP), %30'unu organik materyal ve %20'sini su oluşturmaktadır (68,95,98).

Yapıyı daha iyi tarif edebilmek için şöyle denebilir: Dentinin ekstra sellüler kısmı 3 ana madde içerir, bunlar organik kısmı oluşturan kollajen ve substantia fundamentalis ve inorganik kısmı oluşturan hidroksiapatitdir (23).



Grafik 1- Dentinin hacimsel (%) ve ağırlıksal (%) olarak bileşimi

1.1.2.1. Organik yapı

Dentinin bütünlüğünün sağlanmasında, substantia fundamentalis ve içerisinde yer alan fibriler bir protein olan kollajen matris önemli bir rol oynamaktadır (23).

Kollajen: Onsekiz farklı aminoasidin polimerizasyonu ile oluşmuş bir kopolimerdir. Bu polimerizasyon aşamalarından ikisi dokunun hücre protoplazması içinde, üçüncüsü ise ekstrasellüler alanda meydana gelmektedir. İlk aşama, aminoasitlerden hücre içinde polipeptid zincirlerinin sentezidir. Bu senteze eşlik eden aminoasitlerin dörtte üçünü glycine

(H.CH.NH₂.COOH) oluşturmakta daha sonra sırasıyla prolin (C₅H₇.NH₂.COOH) ve alanin yani methyglcin (CH₃.CH.NH₂.COOH) ve hydroxyproline (C₅H₆OH.NH₂.COOH) oluşturmaktadır. Polipeptid kopolimerlerinin yapısındaki diğler aminoasitler; dimethylglycin yani valin, leucine, isoleucine, methtonine, serine, threonin, tyrosine, phenylalanine, aspartik asit, glutamik asit, histidine, lysine, hydroxylysine ve arginindir. Bu aminoasitler, amino gruplarının karboksil grupları ile bağlanması sonucu polipeptid zincirlerini meydana getirmektedir (23).

Kollajen sentezinde ikinci aşama tropokollajen makromoleküllerinin oluşmasıdır. Tropokollajenden yapılı bu protofibriller elektrik şarjı taşıyan grupların etkisi ile birbirlerini çekerek birleşmeye başlar. Kalınlıkları 0,1-0,2 milimikron olan kollajen fibriller, birbirlerine paralel şekilde dizilen protofibrillerin boylarının dörtte biri oranında kayarak birbirleri ile birleşmeleri sonucu ortaya çıkmaktadırlar. Bu protofibriller arasında 640 Å° (Angström)'luk birleşme alanlarını işaretleyen çizgiler ortaya çıkmaktadır ki tropokollajen makromoleküllerinin 640 Å°luk paralel bantlar meydana getirecek şekilde düzenli bir sıralama göstermesi organik matrisin mineralize olmasını sağlayan başlıca özelliğidir (23).

Substantia fundamentalis: Jel halindeki bu yapıyı; bir ko-polimer olan kondroidin sülfat, mukoproteinler ve sialoproteinler oluşturmaktadır (23,95). Bu yapı içerisindeki serbest asit grupları ile mineralizasyon esnasında kalsiyumun bağlanması sağlanmaktadır. Gelişmekte olan dişlerde yapılan histolojik ve mikrostruktürel çalışmalar, substansia fundamentalisin dentinde üç boyutlu bir matris oluşturduğunu göstermiş ve bu nedenle de dentinin

küçük iyon ve moleküllerin geçişini sağlayabilecek geçirgen bir yapıda olduğunu düşündürmektedir. Substansia fundamentalis demineralizasyon ve remineralizasyon oluşumunu sağlayan transport kanallarını da oluşturmaktadır (23).

1.1.2.2. İnorganik yapı

Dentinin mineral fazı kalsiyum fosfatın hidrasyonu ile oluşan hidroksiapatitten $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ meydana gelmiştir. Dentinde bulunan bu hidroksiapatit kristallerinin boyu 1000 Å, enleri 200-300 Å ve kalınlıkları 25-35 Å'dur.

Hidroksiapatit, küçük mineral kristalleri halinde, hidrasyon katmanı (su mantosu) ile çevrili ve aköz organik matris içine gömülü bir şekilde bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1- Hidroksiapatit kristalinin komponentleri C: Kristal çekirdek, A: İyonik adsorbsiyon tabakası, H: Hidratasyon tabakası, S: sulu organik materyal (106)

Kalsiyum fosfat doğada pek çok farklı şekilde bulunmaktadır ve bu farklılığın nedeni kalsiyum / fosfor oranının değişiklik göstermesidir. Yine, kalsiyum fosfatın çözünürlüğü çevrenin pH'ına göre değişiklik gösterir.

Kristaller substansia fundamentalis içinde yer alarak kristal arası boşlukların oluşmasına neden olurlar. Dentinin inorganik yapısında yer alan diğer bileşikler; karbonat, magnezyum, potasyum, demir, çinko, kurşun, stronsiyum ve flordur (23).

1.1.2.3. Su

Dentinin ağırlıksal olarak %10'unu su oluşturmaktadır. Bu suyun bir bölümü substansia fundamentalise bağlı apatit kristalleri arasındaki hidrasyon tabakasını oluştururken, aynı zamanda kristallerin elektriksel olarak şarjı ve buna bağlı olarak da demineralizasyon-remineralizasyon olaylarının gerçekleşmesinde önemli rol oynar. Suyun geri kalan kısmı ise organik fraksiyondaki aköz jelin oluşmasını ve tübüller arasındaki boşluğun doldurulmasında görev alır. Dentinin yapısında yer alan su aynı zamanda difüzyon yolu ile dentin dokusuna organik ve inorganik moleküllerin giriş ve çıkışını sağlamakta önemli görev üstlenir (68).

1.2. Dentin çürüğü

Diş çürüğü, karyojenik mikroorganizmaların, mikrobiyal aktiviteleri sonucu karbonhidratları fermente ederek ürettikleri asit nedeniyle diş ve çevre dokuları arasındaki demineralizasyon-remineralizasyon dengesinin, demineralizasyon lehine bozulması ile gelişen dişin biyokimyasal yapısında ortaya çıkan ilk geri dönüşü olmayan patolojik değişimdir (23).

Mine çürüğünün ilerleyip çürüten bölgedeki minenin ortadan kalkmasından sonra dentin-mine sınırında da bir kavite oluşur (23).

ortaya çıkar. İnorganik ve organik moleküllerin çoğunun suda erir hale dönüştüğü bu kavitasyon boşluğuna *“harabiyet bölgesi”* adı verilir. Bu bölgede eriyip alandan ayrılan materyalin bıraktığı geniş boşluk, besin maddeleri, ağız mikroflorası, tükürük, eksfoliyatif hücreler gibi ağız boşluğu elemanları ile doludur. Yıkımı gecikmiş organik doku artıkları da bu alanda bulunur. Ancak bu bölgede diş sert dokularına ait kalsiyum kalmamıştır. Çürük kavitesini saran bu ikinci tabakaya *“dekalsifikasyon ya da yumuşama bölgesi”* adı verilir. Bu bölgede de dişe ait kalsiyum büyük oranda ortadan kalkmıştır. Kalsiyum ile bağlantılarını yitiren organik dokular, kalsiyum bağlayan aktif uçları açıkta kaldığından denatüre ve depolimerize olarak parçalanırlar. Dentindeki inorganik kısımlar, yüksek orandaki organik kısımların koruyuculuğu altında olduğundan çürüme yavaş ancak kavitasyon hızlı gelişir (23).

Yumuşama bölgesindeki dekalsifiye dentin, sondla muayenede rahatlıkla ayırt edilip ekskavatör ile kolayca kaldırılabilir. Mikroskopik incelemede, mikroorganizmaların dentin kanalları içinde mikrokavernler oluşturup çoğaldıkları saptanmıştır. Yumuşama bölgesinin altında *“invazyon bölgesi”* adını alan bir tabaka vardır. Bu bölgedeki dentin kanallarını dolduran mikroorganizmaların üreme ve metabolik artık oluşturma olasılıkları yoktur. Bunun nedeni, bu bölgedeki oksijen, nem ve besin maddelerinin mikroorganizmaların üremeleri için yetersiz oluşudur. Ancak üstteki yumuşama bölgesinden bazı toksik veya irritan maddelerin bu bölgeye ulaşması mümkündür. Dokunun sert kısımları henüz biyokimyasal bir değişime uğramamıştır (23).

1.2.1. Oluşum mekanizması

Çürük yapan bakteriler dentine ulaştığında, bakteriler tarafından üretilen asit dentini dekalsifiye eder ve öncelikle intertübüler dentindeki kollajen fibrillere bağlı apatit kristallerin boyları kısalır ve kollajen liflerin çapraz bantlarında tek sıralı hale dönüşürler. Bu aşamada peritübüler dentinin kalınlığı da azalır ancak odontoblastik aktivite halen devam etmektedir. Kollajen fibriller apatit kristallerinden ayrılarak açığa çıktıklarında, ortamdaki asit kollajen fibrilleri de etkiler ve bu aşamada peritübüler dentin ve odontoblastik aktivite kaybolur (55).

Dentin ve dentin hücreleri olan odontoblastlar, dentin-pulpa bileşeninin yapısına aittir. Bu nedenle, dentin dış uyaranlara karşı özel bir direnç gösterebilen canlı bir doku olarak düşünülmelidir. Dentinin gösterdiği direncin doğası ve büyüklüğü uyarının boyutu ve dentin-pulpa bileşenindeki dokuların durumunu yansıtmaktadır. Çürüğün patogenezi ve doku hasarı ve bu hasara gösterilen direncin derecesi geniş bir spektrumda yer almaktadır. Bu savunma mekanizmasının doğası dişin hücresel canlılığının düzeyini yansıtmaktadır (37,98).

Çürüğün bakteriyel etiyolojisinin bilinmesine rağmen dokular arasındaki değişimin dinamiği kesin olarak anlaşılamamıştır. Lezyonlar yavaş veya hızlı olarak ilerleyebilir ya da durgun olabilir. Bunun ötesinde, lezyonun ilerleme dinamiği mikrobiyal metabolik aktiviteye bağlı olarak da değişebilir. Bu olay da, araştırmacının çürük ile doku cevabı arasındaki ilişkiyi saptamasını zorlaştırmaktadır.

1.2.2. Çürük sonucu dentinde oluşan değişiklikler

Yapısal ve biyolojik değişiklikler

Çürük, mine derinliğinin tümüne penetre olmadan önce, dentin-pulpa kompleksini uyararak dentin tübüllerinde skleroz oluşumu sağlayarak dentinde hipermineralize bir zon meydana gelebilmektedir. Sklerotik dentinden oluşan bu zon hücresel ve/veya fizikokimyasal bir reaksiyonun gerçekleştiğini göstermektedir (16,76).

Tübüllerde skleroz olayının gerçekleşmesi dentin-pulpa bileşeninin en sık gösterdiği reaksiyondur. Bu olay peritubuler dentinin kademe kademe mineralize olması, hatta bazen özellikle tübüllerin küçük dallarının tamamen tıkanması ile gerçekleşir. Bu olay, yaşa bağlı değişiklikler, atrisyon ve en sık olarak çürük gibi stimülasyonlar ile dentin tübüllerindeki odontoblastik aktivitenin (dentinogenetik aktivite) sonucu oluşmaktadır. Bununla birlikte, hızlı gelişen bir çürük dentinin skleroze olması için yeterli zaman olmamaktadır (125,130).

Çürük varlığındaki tübüler skleroz, odontoblastik aktivasyon ile oluşan kalsifikasyonu takiben peritübüler boşluğun mineralizasyonu sonucu ya da sekonder peri-odontoblastik mineralizasyonu takiben oluşan intrasitoplazmik kalsifikasyon ile gözlenir (50). Işık mikroskopunda sklerozun farklı formlarını ayırt etmek mümkün değildir, çünkü skleroz oluşurken dentin kanallarının çaplarının azalması, zaman zaman sıfıra inmesi ile dentin tübülleri translüsent olarak görülür ki bu yapıdaki dentine translüsent (transparan-şeffaf) dentin veya translüsent zon denilmektedir. Hızlı gelişen bir çürükte ise, çürük tübüler skleroz olayına izin vermeyecek şekilde ilerler ve

mikroorganizmaların ürettiği asit dentini dekalsifiye etmeye başlar. İlk olarak, intertübüler dentindeki kollajen liflere bağlı HAP kristalleri erimeye başlar ve bu aşamada peritübüler dentinin iç yüzeyi eriyerek kalınlığı azalır. Kollajen liflere bağlı HAP kristalleri tamamen yok olduğunda, bakterilerin ürettikleri asitler açığa çıkan kollajen liflere zarar verir ve peritübüler dentin ile odontoblastik faaliyetler kaybolur (30,107).

Massler ve Fusayama çürük lezyonunun iki tabakadan oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Dış tabakanın mikroorganizmalar tarafından enfekte edildiğini ve remineralizasyon yeteneğinin olmadığını, iç tabakanın ise remineralizasyon yeteneğinin olduğunu ve hafif enfekte olduğunu ileri sürmüşlerdir (57,100). Günümüzde, kavite preparasyonunda sadece enfekte tabakanın uzaklaştırılması gerektiği, çürükten etkilenmiş dentinin bırakılarak üzerinin kalsiyum hidroksit ya da cam iyonomer siman ile restore edilmesi önerilmektedir (112).

Dış tabaka- Çürükle enfekte olmuş dentin

Fusayama'ya göre dekalsifikasyon sonucu, hidroksiapatit kristalleri ile kollajen fibriller arasındaki bağlantı bozulur ve kristaller parçalanır. Odontoblastik aktivitenin kaybolduğu koşullarda, dentin kanallarının mikroorganizmalar ve ürünleri ile enfekte olduğu gözlenir. Bu tabakada kollajen fibrillerin yapısı tamamen bozulmuştur. Odontoblastik aktivite devam etmediği ve apatit kristallerinin bağlanabileceği kollajen lifler yer almadığı için fizyolojik olarak remineralize olma potansiyeli bulunmayan bu tabaka nekrotik bir tabakadır.

İç tabaka-Çürükten etkilenmiş dentin

Dekalsifiye tabakanın altındaki daha az dekalsifiye, fizyolojik olarak remineralize olma potansiyeli olan enfekte olmamış bu vital tabaka ise odontoblastik aktivitenin devam ettiği bir tabakadır ve bu tabaka sağlam dentindekine benzer şekilde düzenli kollajen fibriller içermektedir ve kalsiyum ve metalik iyonların çökmesine olanak sağlayacak özelliktedir (54).

Renklenme

Dentinde renklenme gerek çürüğe bağlı ve gerekse çürüyen alanın remineralizasyonu sırasında gelişen biyokimyasal olaylara bağlı olarak ortaya çıkar. Çürüğe bağlı olarak meydana gelen renklenme nedenlerinin başında pigmentasyon oluşturan bakteriler ve ortamda bulunan metal iyonlarının dekalsifiye alana çökmesi gelir (13,91).

Remineralizasyon ve devamında oluşan sklerotik dentinin meydana gelmesi sırasında gözlenen renklenme ise, yine bakteriyel pigmentlerin ve ortama çöken metalik iyonların kalsifikasyon alanlarının içine gömülmesi yoluyla ortaya çıkar. Örneğin, propiyonik-asit bakterisi (87) ve siyah pigmentli *Porphyromonas gingivalis* (123) haem pigmenti üretmektedirler. Boue ve arkadaşları ise *porphyromonas gingivalis* ile lezyon renklenmesi arasında bir ilişki kuramamışlardır (18). Asidik bir ortamda karbonhidrat ve proteinler arasında gerçekleşen ve Maillard reaksiyonu olarak bilinen biyokimyasal reaksiyon da renklenme nedeni olarak gösterilmiştir (49).

Sertlik

Sertlik kriteri, hekimin çürüğü nereye kadar temizlenmesini gösteren önemli bir faktördür. Çürük lezyonundan sağlam dentine doğru gidildikçe, sağlıklı dentinde en sert olmak üzere çürüğün sertliği artmaktadır (12).

Sağlıklı bir dişte, dentin tübül çapının daha geniş olduğu pulpaya yakın dentinin, mineye yakın dentine göre 3 kez daha yumuşak olduğu gösterilmiş, yumuşak dentinin derin tabakalarını normal dentinden frez veya ekskavator ile ayırmanın zor olduğu, çok derin çürüklerde pulpa açılımını önlemek için bir miktar yumuşak dentin bırakılabileceği belirtilmiştir (58).

1.3. Çürük uzaklaştırma teknikleri ve restorasyon işlemlerinde uygulanan klinik yöntemler

Günümüzde, klinikte çürük uzaklaştırmada rutin olarak uygulanan yöntem konvansiyonel yöntem olarak adlandırdığımız çürüğün döner aletler ile uzaklaştırılmasıdır. Ancak bu yöntemin en önemli dezavantajı dişte gereğinden fazla madde kaybı oluşturabilmesidir. Ayrıca çürük dentinin frez kullanılarak uzaklaştırılması sırasında kolaylıkla alt tabakalardaki sağlam dentinde, dentin kanalları açılabilmekte ve odontoblast uzantılarının su ile uyarılması ağrıya neden olabilmektedir (124).

Bu yöntemle kavite hazırlanması sırasında en çok karşılaşılan diğer olumsuz faktörler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır; dentinde hassasiyet oluşturması, dişe uygulanan basınç, aletlerin sesi, titreşim ve çalışma yüzeyinde yüksek ısı oluşturmasıdır (11,131,156).

Son zamanlarda 'minimal invaziv' teknik olarak adlandırdığımız çürük uzaklaştırma yöntemleri ile minimal kavitasyon yaratılarak sağlam diş dokuları korunmaktadır (112).

Günümüzde çürüğü uzaklaştırmada kullanılan minimal invaziv teknikler;

1) Air-abrazyon tekniği;

Air-abrazyon tekniği, hava basıncı ile püskürtülen, arıtılmış alüminyum oksit parçacıklarının diş yüzeyine yüksek hızda kullanımı esasına dayanan ve kinetik kavite preparasyonu olarak da adlandırılan bir yöntemdir. (67,155). Air-abraziv teknik etkisini, saf alüminyum oksit parçacıklarının hava basıncı ile ileriye püskürtülerek, yüksek hızda akışı ile oluşan kinetik enerjiyle meydana getirmektedir.

Bu teknik, ilk olarak 1943 yılında Dr. Robert Black tarafından dişhekimliğine tanıtılmış ve 1945 yılında kavite preparasyonu ve profilaksi için kullanılmıştır. 1951 yılında bir abrazyon cihazı olan 'The Aident' piyasaya sunulmuştur (65,67). Rubber-dam izolasyonu, göz koruması ve ilave bir emici sistem gerektirmektedir. Çalışma esnasında başlığın ucunun diştten 1-2 mm (milimetre) mesafede, diş ile 90° açıda sürekli hareket halinde tutulması önerilmektedir (158). Sistemin etkinliğinde, hava basıncı, uygulama süresi, partikül büyüklüğü, başlığın uç çapı ve toz oranı rol oynamaktadır (67). Bu teknikle dentin dokusunun uzaklaştırılması ısı, titreşim ve diğer mekanik stimülasyon problemlerini oldukça azalttığı için döner aletlerle karşılaştırıldığında son derece ağrısız bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Aletin uygulama ucunun diş yüzeyine temas etmemesi nedeniyle kontrolün ve çalışma alanında uygun görüşün sağlanamaması, alüminyum oksit

aşındırıcı partiküllerinin sağlam mine ve dentin dokusunu da kaldırabilmeleri tekniğin dezavantajları olarak bildirilmiştir (65). Ayrıca, kuru solunan alüminyum oksit tehlikelidir, solunum sistemine geçebilmekte ve amfizem oluşturabilmektedir (89). Geleneksel kavite hazırlama yöntemlerine göre ağrısız ve sessiz bir yöntem olması, hasta açısından kabul edilebilirliğini arttırsa da, yumuşak çürüklerin kaldırmasında etkili olmayışı, kavite hazırlık işlemlerinde çoğu kez döner aletlere gereksinim olması, özellikle küçük çocuklarda abrazyon partiküllerinin yutulma riski gibi dezavantajlar air-abrazyon yönteminin ağız içi kullanımının çok pratik olmadığını düşündürmektedir (11).

2) Sono-abrazyon;

Yüksek frekanslı ultrasonik aletler ile diş dokusunun kesilmesi esasına dayanır (147). Şekilleri ve çapları farklı, yüzeyleri elmasla kaplanmış uçlar su soğutması altında çalışmaktadır. Bu teknikten öncelikle kavite sınırlarının belirlenmesinde yararlanılmış, daha sonra sert dokuların uzaklaştırılmasında da başarılı olduğu görülmüştür (131).

3) Kemo-Mekanik yöntemler;

Goldman ve Kronman (63) 1976 yılında yaptıkları *in vivo* çalışmada çürüğün kimyasal olarak uzaklaştırılabileceğini bildirmişlerdir. 1980'lerde 'Caridex' adı altında kullanıma sunulmuş ve 1984'de FDA (Federal Drug Administration) tarafından kabul edilmiştir. Bu ürün iki solüsyondan oluşmaktadır. Solusyon I sodyumhipoklorid içermektedir, solusyon II ise glisin, aminobütirik asit, sodyumklorür ve sodyumhidroksit'ten oluşmaktadır. Solüsyon karıştırılarak çürük dentin yüzeyine uygulanır ve kazıma hareketleri ile sert dentin hissedilinceye kadar uygulamaya devam edilir. Uygulamanın

ağrısız olması, sağlam diş dokusunun korunması, anesteziye olan gereksinimin en az düzeyde olması bu yöntemin avantajlarıdır. Ancak, uygulama süresinin uzun oluşu, uygulanan solüsyon miktarının fazla olması, taşıyıcı sistemin rahat olmaması tekniğin kullanımını sınırlandırmıştır (5,14,20). Önceki kemomekanik sistemin olumsuzluklarını ortadan kaldırmak amacıyla İsveç'te 1997 yılında Mediteam firması tarafından 'Carisolv' üretilmiştir. Bu ürün de 2 solüsyondan oluşmaktadır. Solusyon I, glutamik asit, lösin, lizin, sodyum klorür, eritrosin, CMC (karboksimetilselüloz) 200-800 cps, su ve sodyumhidroksit içermektedir. Solusyon II ise, %0,5 sodyum hipoklorid içermektedir. Maddenin viskozitesini artırabilmek ve jel formuna getirebilmek amacıyla içerisine metil selüloz ilave edilmiştir. Maddenin uygulanması sırasında özel tasarlanmış el aletlerinin kullanılması önerilmektedir (20).

4) Enzimler:

Son yıllarda, çürük dentin dokusunun ayrıştırılmasında bazı enzimlerin kullanılabilirliğine dair çeşitli araştırmalar yapılmış ve bakteriyel *Achromobacter kollegenaz* enzimi ve *Pronase* gibi çeşitli enzimlerin etkileri incelenmiştir. Çeşitli proteazlardan oluşan bir enzim preparatı olan *Pronase*'in, *in vitro* şartlarda, selektif olarak çürük dentini çözdüğü gösterilmiştir (15). Ancak bu işlemin çok uzun zaman alması ve klinik çalışmaların eksik olması nedeniyle bu yöntemin kullanılabilirliği tartışmalıdır (11).

5) Lazerler;

Lazer kelimesi “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuş olup, “uyarılmış radyasyon yayılımı ile ışık yükseltilmesi” anlamına gelmektedir. Çürük uzaklaştırma amacıyla lazerin ilk kullanımı ruby lazerin sınırlı ablasyon etkisinin incelenmesiyle olmuştur (1). Araştırmacılar Er:YAG (Erbium Yttrium Aluminum Garnet) lazerin diş dokularında, komşu sert ve yumuşak dokularda minimal termal etki yaratarak çürüğü kaldırdığını bildirmişlerdir. Lazer kullanılarak hazırlanmış dentinin bağlanma gücü, frez kullanılarak hazırlanmış dentine oranla daha yüksek olarak rapor edilmiştir. Ayrıca lazer uygulanmış dişlerde pulpa reaksiyonlarının frez ile prepare edilen dişlerden daha az olduğu gözlenmiştir (80). Lazer ile hazırlanan kavitelerin yüzey morfolojisi elmas frezler ve el aletleri ile hazırlanan kavitelerin yüzey morfolojisinden farklı olup, mine yüzeyi çukurcuklu, oluklu, kumlanmış, katlara ayrılmış gibi görünen oldukça düzensiz bir görüntü vermektedir. Ayrıca, smear tabakasının olmadığı ve dentin tübüllerinin açık olduğu da görülmektedir. Dişhekimliğinde, lazer kullanımına olan ilgi çok fazla olmasına karşın, uygulamadaki kontrol güçlüğü ve maliyetinin yüksek olması kullanımını sınırlamaktadır (156).

6) ART (*Atravmatik Restoratif Tedavi*);

Bu yöntem, sadece el aletleri kullanılarak çürüğün uzaklaştırılması ve hazırlanan kavitenin daha sonra adeziv özellikli bir restoratif materyal ile restore edilmesi prensibine dayanır. 1980’lerin ortalarından itibaren uygulanmaya başlanan ve Dünya Sağlık Örgütü’nün desteklediği bir tedavi

yöntemi olan ART yeni gelişmekte olan ülkelerde yaşayan bireylerin ağız diş sağlığının sağlanmasında umut verici bir tedavi seçeneğidir. Bu yöntem ile hastaların kliniklerde tedavi edilme zorunluluğu ortadan kalkarak elektriğin olmadığı saha şartlarında dahi tedavi imkanı mümkün olmaktadır. Bu tedavi şekli, klinik ortam gerektirmediği gibi ucuz, basit ve ağrısız bir tedavi şekli olması nedeniyle konvansiyonel tedaviye göre bazı avantajlara sahiptir. Ayrıca, ART yöntemi klinikte, dental anksiyeteye sahip aşırı korkusu olan çocukların, eve bağımlı yaşlıların ve fiziksel veya mental retardasyona sahip bireylerin ağız diş sağlığı tedavilerinde de önerilmektedir (52).

ART tekniğinde kullanılan aletler; ağız aynası, sond, preselin yanında kaviteye girişi sağlamak veya ince desteksiz mineyi kırıp uzaklaştırmak gerektiğinde kullanılan mine keskisi, yumuşak çürük dentini uzaklaştırmak için kullanılan ekskavatörler ve kaviteye girişi kolaylaştıran ART giriş aletidir (52).

ART tekniğinin avantajları:

- 1) Devirli alet kullanılmadığından dolayı sadece yumuşak dentin kaldırılarak ve minimal kavite preparasyonu yapılarak, sağlam diş dokuları maksimum düzeyde korunur.
- 2) Kavitenin yanı sıra pits ve fissürler de restoratif materyalle örtülenir, bu nedenle koruyucu etkiye sahiptir.
- 3) Genellikle lokal anestezi ihtiyacı olmadan, konvansiyonel yönleme kıyasla ağrısız ve daha konforlu bir şekilde tedavi gerçekleştirilir.
- 4) Pahalı olmayan ve kolay elde edilebilen el aletleri kullanılarak, elektriğe ihtiyaç duyulmaz.

- 5) Maliyeti nispeten düşüktür.
- 6) Tedavi gereksinimi duyan kişilerin, klinik veya hastaneye gitmesine gerek duyulmadan bulundukları ortamda tedavi gerçekleştirilir (25,142).

ART tekniğinde restorasyon amacıyla kullanılacak ideal materyalin sahip olması gereken özellikler:

1. Biyouyumlu olmalıdır.
2. Diş renginde olmalıdır.
3. Elle işlenme özelliği olmalıdır.
4. Kuruluğa ve neme duyarlı olmamalıdır.
5. Özel donanım olmaksızın sertleşmelidir.
6. Mine ve dentine yapışabilmelidir.
7. Mikrosızıntıyı en aza indirmelidir.
8. Remineralizasyon ajanları ve/veya flor salmalıdır (4).

1.4. Dentin remineralizasyonu

Dentin dokusu, aşınma ve kimyasal çözünürlüğe karşı son derece hassas olmasına karşın ağız ortamına kolaylıkla adapte olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, flor uygulamalarının demineralize olmuş dentinde remineralizasyon sağladığı gösterilmiş ve böylelikle dentin dokusunun demineralizasyon ve remineralizasyon olaylarında reaktif bir doku olduğu sonucuna varılmıştır (139).

Kashani ve arkadaşları, interproksimal bölgedeki dentin lezyonlarına florlu kürdan uygulandığında, dentinin mineye göre daha iyi remineralize olduğunu göstermişlerdir (78). Inaba ve çalışma arkadaşları ise dentinin

mineralizasyon sıvıları ile temasında, dentinde hipermineralizasyon olayının gerçekleştiğini göstermişlerdir (71). Bu sonuç, mineral içeriğin sağlıklı dentine geçtiğini göstermekte ve dentindeki kollajen ve suyun mineraller ile yer değiştirebileceğini desteklemektedir.

Zuidgeest ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir *in situ* çalışmada, dentininin flor salan bir restoratif materyal ile temasında, yine dentinde hipermineralizasyon olayının gerçekleştiğini göstermişlerdir (162).

Dentin dokusunun mineralize olabildiğinin bir diğer göstergesi sekonder ve tersiyer dentin oluşumudur. Bu olaylar, odontoblast hücrelerinin organik matrisi apatit kristalleri ile doldurması ile gerçekleşen bir mineralizasyon olayıdır. Dentin çürüğünün hemen altında, bakteri, asit ve diğer metabolitlerin geçişini azaltacak bir tabaka oluşmakta ve bu tabakada dentin tübülllerinde kalsiyum fosfat birikimi gözlenmektedir (138).

Florun, hem minede hem de dentinde demineralizasyonu önlediği ve remineralizasyon sağladığı bilinmekte ancak bu iki dokudaki etkileri benzerlik göstermemektedir. Bu iki doku arasındaki en önemli farklılıklar; dentinin büyük bir kısmını (hacimce %30) organik matrisin oluşturması (bu da esas olarak tip I kollajenden oluşmaktadır) ve dentinin ağırlık olarak minenin yaklaşık iki katı olan %5 oranında, son derece çözünür olan karbonat içermesidir. Çözünürlük kristal boyutlarından da kolaylıkla etkilenebilmekte ve asidik solüsyonlarda küçük kristaller çok daha hızlı bir şekilde çözünmektedir ki kristal boyutu dentinde mineye göre oldukça küçüktür (46).

Kollajen, dentinogenezis sırasında apatit kristallerinin çökeldiği bir matristir. Demineralizasyon sırasında, apatit ilk olarak çözünen yapıdır ve

kollajenin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Kalan bu kollajen yapı, demineralizasyonu yavaşlatan bir bariyer olarak rol oynar ancak bu yapı denaturasyon, enzimatik degradasyon ve çözünürlüğe maruz kalmakta ve kollajen matris hasar gördüğünde, apatitler tekrar çökelememektedir (82,84,85).

1.5. Remineralizasyon Saptama Yöntemleri

Dokuda gerçekleşen ya da gerçekleştiği düşünülen remineralizasyon olayının saptanmasında akla gelen sorular şunlardır;

1. Ne miktarda mineral kaybı olduğu veya kazanıldığı
2. Kaybolan veya kazanılan mineralin nerede olduğu
3. Hangi mineralin kaybolduğu veya kazanıldığı

Mineral içeriğindeki değişimlerin belirlenebilmesi için günümüzde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Diş dokusunun remineralizasyonunu saptamada kullanılan bu yöntemler, mineral değişiminin kantitatif, yarı kantitatif ve kalitatif olarak değerlendirilmesine göre üçe ayrılmaktadır;

Kantitatif olarak değerlendirme yöntemleri:

1. Üç Boyutlu X ışını mikroradyografi yöntemleri:

- Transversal Mikroradyografi (TMR)
- Uzunluğuna Kesitlerin İncelendiği Mikroradyografi (LMR Longitudinal Microradiography)

- Dalga Boyuna Bağılı Mikroradyografi (WIM Wavelength Independent Microradiography)

2. Elektron ışınlarının kullanıldığı mikroanaliz yöntemleri:

- Elektron prob mikroanaliz yöntemi (EPMA)
- Enerji dağılımsal X ışını mikroanaliz yöntemi (EDS)

3. Sulu kimyasal yöntemler

4. Mikrosertlik

- Yüzey Mikrosertliği (SMH-Surface microhardness)
- Enine Kesit Mikrosertliği (CSMH-Cross section microhardness)

Yarı-kantitatif olarak değerlendirme yöntemleri

1. Lazer floresans yöntemi

Kalitatif değerlendirme yöntemleri

1. Polarize ışık fotomikroskobu ile analiz yöntemi (PL)

2. İyot geçirgenliği

- İyot absorpsiyometre
- İyot geçirgenliği

3. Konfokal lazer tarama mikroskobu (6).

Bu yöntemler, dokudaki mineral değişimi hakkında farklı derecedeki doğruluklarda indirekt ölçümlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntemler ile fiziksel parametrelerdeki değişimler ölçülebilmektedir, örneğin polarize ışık mikroskobu ile dental dokuların genel olarak pörözitesi

ölçülürken, yüzey mikrosertlik yöntemi ile dokunun sadece yüzey yapısı hakkında bilgi edinilmektedir. Bir diğer deyişle, indirekt yöntemler ile mineral içeriğindeki değişimlere bağlı ortaya çıkan özellikler ölçülebilmekte yani bu yöntemler mineral kaybı veya kazanılmasını indirekt olarak ölçebilmektedir (6,151,152).

Yukarıda sözü edilen bu test yöntemlerinin doğruluğu; üç faktöre bağlı olarak değişmektedir:

1. Örneğin hazırlanması
2. Analiz yönteminin test edebileceği sınırlar içerisinde mineral değişimi olması
3. Analiz protokolü ve analize bağlı hatalar

Remineralizasyon değerlendirmesi yaparken bu yöntemlerden bir veya birkaçı araştırmanın hedefine göre seçilmeli ve değerlendirme mutlaka nicelik olarak yapılmalıdır.

1.5.1. Kantitatif yöntemler

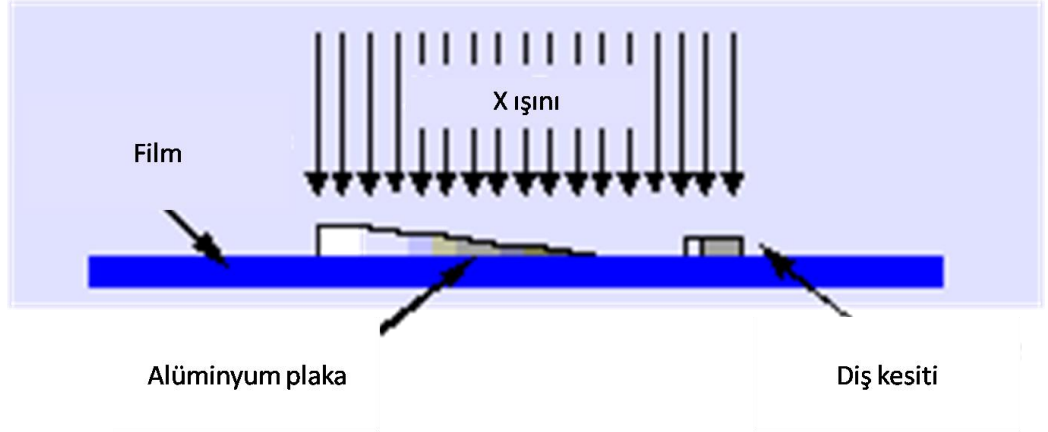
1.5.1.1. Mikroradyografi

Bu yöntem, yani X-ışınlarının absorpsiyonu ile dokunun mineral içeriği hakkında bilgi edinilmesi, 1940'lı yıllardan itibaren kullanılmaktadır. X-ışınlarını absorbe eden kemik, kıkırdak, mine ve dentin gibi hidroksiapatit kristallerini içeren kalsifiye dokular bu yöntem ile incelenebilmektedir (152).

Mikroradyografi diş sert dokularında, *in situ* ve *in vitro* alışmalarda de-reminerlizasyonun saptanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Mine ve dentin örneklerinin morfolojsinin belirlenmesi ve mineral içeriklerinin saptanmasında kullanılan oldukça hassas bir yöntemdir. Bir kaynaktan gönderilen X-ışının ne kadarının mineraller tarafından absorbe edildiğinin hesaplanması ile reminerlizasyonun incelendiğii bu yöntem, günümüzde büyük ilerlemeler göstermiş ve dokulardaki mineral miktarını ölçen en uygun metodlardan biri haline gelmiştir ve üç farklı tipi bulunmaktadır (3,6,24,43).

- *Transversal Mikroradyografi (TMR)*

Yöntemde, anatomik diş yapısına dik olacak şekilde mine veya dentinden 90-200 µm arasında değışen kalınlıkta ince dilimler elde edilmekte ve elde edilen örnekler radyografik film üzerine paralel olarak yerleştirilmektedir. Kalibrasyonun sağlanması için de yine röntgen üzerine penetrometre (alüminyum step wedge plaka) yerleştirilmektedir. Radyografik film monokromatik X ışınları ile ışınlanır. Yöntemin uygulanması Şekil 2’de görölmektedir.



Şekil 2-Yöntemin uygulanması

TMR incelemesi sonucu ile iki parametre elde edebilmektedir, bunlar; lezyon derinliği (μm) ve mineral kaybı değerleridir (ΔZ , hacim $\%\mu\text{m}$ veya kg.m^{-2}) (6,152).

TMR'nin avantajları şöyle sıralanabilir;

1. Mineral kaybı veya kazanılması sayısal değerlerle ölçülebilir.
2. Mineral dağılımı saptanabilir.

Dezavantajları:

1. Bu teknikte örnek dilimlere ayrıldığı için bozulabilir.
2. Mikroradyografik çalışma 90-200 μm aralıkta olabileceğinden dolayı 90 μm 'nin altındaki ince alanların yapısında meydana gelen değişimleri bu teknikle inceleyebilmek amacıyla çok daha ince kesitlerin alınması mecburiyeti ortaya çıkacaktır. Bu durumda ise anatomik olarak dokuda tahribata neden olunarak sağlıklı analiz imkanı ortadan kalkacağından dolayı mikroradyografik tetkikler ile çok ince alanların analizleri mümkün olamamaktadır (6).

- *Uzunluğuna İnceleme Mikroradyografisi (LMR Longitudinal Microradiography)*

Son yıllarda, Uzunlamasına Mikroradyografi (LMR) olarak adlandırılan farklı bir mikroradyografi yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem, dokulardaki mineral miktarının ölçümünün tekrarına imkan tanınmasıyla TMR'dan farklılık gösterir (31,129). Örneğe zararlı olmaması nedeniyle ardarda oluşan değişimler saptanabilmektedir.

Bu yöntemde diş uzunluğuna ve anatomik yapısına paralel olarak 0,5 mm kalınlığında kesitler alınmakta ve örnek zarar görmemektedir (6).

- *Dalga Boyuna Bağlı Mikroradyografi (WIM Wavelength Independent Microradiography)*

Bu metotda yüksek enerjili polikromatik X-ışınları kullanılmaktadır. Örnekteki mineral bozulmadan değerlendirilebilmekte, mine ve dentin örneklerinde yüzeyler kavisli olsa bile ölçüm yapabilmektedir. WIM tekniğiyle 0,3-0,6 mm kalınlığındaki kesitler ölçülebilmektedir (6).

1.5.1.2. Elektron ışınlarnn kullarıldığı mikroanaliz yöntemleri

Mikroanaliz, bir ile bir kaç yüz mikron küp hacmindeki yerlerin mikroişınlar aracılığı ile analizi olarak tanımlanabilir. Yerbilimleri, materyal bilimleri, metalurji, elektronik, çevre bilimleri, biyoloji ve tıp alanlarında geniş bir kullanım alanı bulan mikroanalitik teknikler küçük noktaların analizlerinin yanı sıra mibroskobik bölgelerin karakterize edilmesi ve yapısal özelliklerinin incelenmesi gibi amaçlarla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Minerallerin

ve materyallerin mikrometre ve daha düşük seviyelerde özelliklerinin incelenmesi ve tanımlanabilme gereksinimleri mikroanaliz konusundaki gelişmeleri zorunlu kılmıştır. Mikroanaliz ilk olarak 1940'larda elektron ışını ve optik mikroskop kullanımıyla gerçekleştirilmiştir. Teknolojik ilerlemeler ve aletlerin kullanım alanlarındaki gelişmelere paralel olarak mikroanalitik yöntemler bu süre içinde hızlı bir gelişme kaydetmiştir (36).

Elektron ışınlarının kullanıldığı mikroanaliz yöntemleri şöyle sıralanabilir:

EPMA (Elektron prob mikroanaliz yöntemi)

SEM-EDS (Enerji dağılımsal spektrometresi ile donanmış taramalı elektron mikroskobu ile analiz yöntemi)

Elektron mikroprob, mikroışın teknikleri arasında, en güçlü, yerleşmiş ve en yaygın olarak kullanılan bir teknik olarak değerlendirilebilir. Enerji yayılımı spektrometresi ile donanmış taramalı elektron mikroskoplar da (SEM-EDS) elektron mikroprob kadar uygun olarak kullanılmaktadır. Bu tekniğin esas kullanım alanı minerallerin ve katı materyallerin majör ve minör element miktarlarının kantitatif olarak belirlenmesidir. EPMA ve SEM-EDS cihazlarının analitik doğrulukları element miktarlarının %1'i ile %2'si arasında değişmektedir.

EPMA tekniğinde oldukça kararlı (akım yoğunluğu, hızlandırma voltajı ve sabit demet çapı) bir elektron demetinin numuneye gönderilmesi sonucunda meydana gelen demet-numune etkileşimiyle açığa çıkan karakteristik X-ışınlarının dalga boylarına göre sınıflandırılmasıyla elementer analiz yapılır (36).

SEM-EDS yönteminde, elektron demeti yönlendirilen örnek yüzeylerinden yansıyan X ışınları analiz edilerek, incelenen yüzeyin element içeriği belirlenebilmektedir. 1µm genişliğindeki fazlar bile bu yöntem ile incelenebilmektedir (7).

Bir elektron mikroprob esas olarak bir elektron kolonu, bir ikincil elektron (SE) detektörü, bir geri dağılımlı elektron (BSE) detektörü, bir ile dört adet arasında değişen dalga boyu yayılımı spektrometreleri, bir enerji yayılımı spektrometresinden oluşmaktadır. İkincil elektronlar, geri dağılımlı elektronlar ve X-ışınları, EPMA ve SEM-EDS tekniklerinin esasını oluşturmaktadırlar. İkincil elektronlar, elektron bombardımanı sonucunda örnek içerisindeki atomlardan fırlatılan elektronlar olup çok düşük enerjiye sahiptirler. Bu yüzden, sadece örnek yüzeyine yakın olan yerlerden üretilen elektronların saptanabilme şansları olmaktadır. İkincil elektronlar, SEM’de örneklerin yüzeysel özelliklerini gösteren imaj oluşturulmasında kullanılmakta ikincil elektron imajlarında, parlak olarak beliren yerler örneğin yüksek yerlerini göstermekte, karanlık olarak beliren yerler ise örneklerin çukur kısımlarını temsil etmektedir.

Örneğe penetre olan birincil elektronların büyük bir kısmı (yaklaşık %30 kadarı) örnekten geri dağılımla kaçabilmektedir. Bu geri dağılan elektronların miktarı örneğin atomik numarasına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek atomik numaralı element içeren örnekler minerallerin elektronlarca penetrasyonu daha zor olduğu için, geri dağılımlı elektronların büyük bir kısmı geri kaçabilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı, geri dağılımlı elektronlar örneklerin bileşimsel imajlarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Elektron

çarpması örnekteki atomların iç yörüngelerindeki elektronların kopmasına yol açmaktadır, iç yörüngede oluşan elektron boşlukları daha yüksek enerjili elektronlarca doldurulmaktadır. Böylece, daha düşük enerjili bir konuma düşen elektronlar enerji farklarını elektromanyetik radyasyon şeklinde ortaya çıkarmaktadır. X-ışınları şeklinde ortaya çıkan elektromanyetik radyasyonların miktarları ve enerjileri EDS X ışını dedektörü ile ölçümlenerek, örnek içeriğindeki elementlerin kalitatif ve kantitatif saptamaları elde edilebilmektedir. Kalitatif veriler, yansıyan X ışınlarının enerjileri ya da dalga boyları ile saptanırken, kantitatif veriler X ışını radyasyonunun yoğunluğu ile belirlenmektedir (64).

Enerji dağılımsal spektrometresi (EDS) 150 eV ve daha yüksek enerji çözünürlüğüne sahiptir. Bu yöntem ile tüm enerji spektrumu elde edildiği için aynı anda hemen hemen tüm elementlerin analizlerini yapmak mümkündür (64).

1.5.1.3. Sulu kimyasal analizler

Diş sert dokularının asidik ortamda çözündürülerek kalsiyum ve fosfat miktarlarında meydana gelen değişimleri ölçen bir yöntemdir. Yalnızca büyük miktarlardaki mineral kaybı ya da artışı saptanabilir, mineral dağılımı ile ilgili bir bilgi edinilememektedir. İncelenecek olan örneğin kontrol grubu da bulunmalı, çünkü mineral kaybı veya kazanımı kontrol grubu referans alınarak hesaplanmaktadır. Yöntem esnasında örnekler geri dönüşümsüz zarar gördüğü için pek tercih edilen bir yöntem değildir (6,81,152).

1.5.1.4. Mikrosertlik

In situ de- ve remineralizasyon çalışmalarında ilk defa mikrosertlik yöntemini Kouluorides kullanmıştır (149).

Bu yöntemde; deforme olmayan küresel veya konik bir ucun deney materyaline batırılması karşısında materyalin gösterdiği direnç ölçülür. Uygun olarak seçilen sert uç belli bir zaman süresinde, belirlenen bir yük altında materyale batırıldığında, materyal üzerinde bir iz bırakır. Elmas ucun bıraktığı izin uzunluğu mikroskop ile ' μm ' olarak ölçülür ve deneysel bir sertlik numarası elde edilir. Materyalin sertliği bu izin büyüklüğü ile ters orantılıdır. Yüzey sertliği ölçümlerinde, örnek yüzeyinden birkaç ölçüm yapıp ortalamaları alınır. Materyalin sertliği arttıkça, sertlik numarası da artar (6,152).

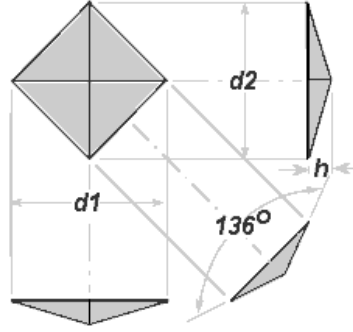
Bu yöntem oldukça hassas bir testtir, basit olması nedeni ile de sıklıkla tercih edilmektedir. Tekrarlanabilir ölçümlere olanak vermesi, örneklerle uygulanacak işlemde önce ve sonrasında ölçüm yapılabilmesi en önemli avantajlarındanıdır (6,96).

Yüzey Mikrosertliği: Dişin dış yüzeyine dik olarak ölçüm yapılır.

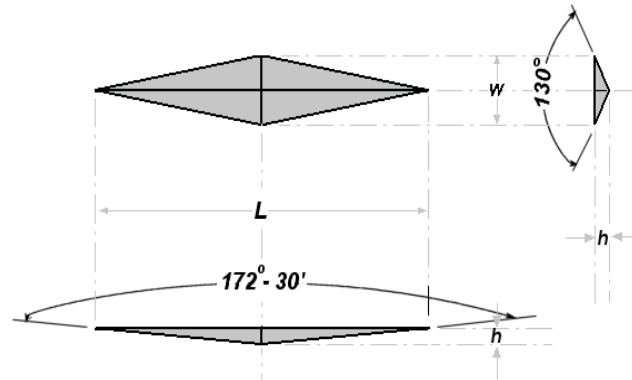
Enine Kesit Mikrosertliği: Örnekten enine kesitler alınır ve bu kesitlerde dış yüzeye paralel olacak biçimde mine veya dentinin daha alt katlarına doğru inilerek mikrosertlik ölçülür.

Mine ve dentin sert dokularında mikrosertlik ölçümlerinde sıklıkla Knoop veya Vickers ölçü değerleri kullanılır. Her iki yöntemde de aynı yüklerle yüklenen elmas ucun oluşturduğu köşegen derinliği aynı iken, köşegen

genişlikleri farklıdır; Knoop'ta 3,5 μm , Vickers'te 1,4 μm dir. Meydana gelen çentiklerin yüzey görüntüleri farklıdır. Vickers'te kare şeklinde (Şekil 3) iken, Knoop'ta eşkenar dörtgen (Şekil 4) şeklindedir (6,96,137).



Şekil 3- Vickers sertlik değerini ölçen elmas ucun görünümü



Şekil 4- Knoop sertlik değerini ölçen elmas ucun görünümü

Vickers sertlik ölçümünde incelenecek olan materyal üzerine tepe açısı 136° olan, kare tabanlı, piramit şekilli bir elmas uç ile kuvvet uygulanarak bir

iz oluşturulur. Yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen kare şeklindeki izin köşegenleri ölçülür (121). Bu ölçüm, cihaza ilave edilmiş bir mikroskop yardımıyla ölçme ekranına aktarılarak, ölçüm ekranındaki hareketli iki cetvel yardımıyla, köşegenlerin uzunluklarının ayrı ayrı ölçülüp ortalamasının alınmasıyla yapılmaktadır. Vickers sertlik değeri (Vickers sertlik numarası-VHN) kg olarak ifade edilen deney yükünün mm² olarak ifade edilen iz alanına bölümü olup

$$VHN=1,854 \times \text{kuvvet} / (\text{taban köşegeni})^2 \text{ kgf/ mm}^2$$

formülü ile hesaplanır. İz alanı ne kadar küçükse elde edilen Vickers sertlik değeri o kadar büyük olur ve materyalin daha sert olduğunu gösterir (121). Vickers sertlik testinin avantajı, yöntem ile son derece doğru sonuçlar elde edilebilmesi, kullanılan elmas ucun zaman ve kullanım ile bozulmaması ve tüm materyaller ve yüzeyler için kullanılabilir olmasıdır. Ek olarak Vickers sertlik ölçümleri aynı örnek içindeki üst yüzey, merkez ve alt yüzey gibi spesifik bölgelerin ölçümüne izin vermektedir (96,149).

Demineralizasyon veya remineralizasyon işlemi uygulandıktan sonra, mikrosertlik; mineral kaybı veya kazanılmasının indirekt etkilerini verir. Eğer iz uzunluğu artarsa doku mineral kaybetmiştir, tersine iz büyüklüğü azalırsa doku mineral kazanmıştır.

Örnek üzerinde tam bir mikrosertlik ölçümü yapabilmek için üç konuya dikkat etmek gerektiği bildirilmiştir;

1. Mikrosertlik aleti titreşimden uzak olmalı.

2. İz düz ve horizontal bir yüzey üzerinden alınmalı.
3. Test yüzeyine uygulanacak yük, yüzeyde çatlak oluşturmayacak ağırlıkta olmalıdır.

1.5.2. Yarı-kantitatif yöntemler

Günümüzde yeni bir değerlendirme metodu ise Lazer Floresans (LF) tekniği olup bu teknikte mine yüzeyi lazer ışığı ile aydınlatılır ve bilgisayara bağlı olan bir mikro video kamera ile doku floresansı görüntülenir. Sağlam mine floresansı ile karşılaştırılan başlangıç lezyonundaki floresans kaybı yüzdesi bir yazılım ile hesaplanır. Bu yöntem *in vivo* başlangıç mine lezyonlarındaki mineral değişikliklerin izlenmesine olanak sağlayabilir (137).

1.5.3. Kalitatif yöntemler

1.5.3.1. Polarize ışık mikroskobu

Bu yöntem ile diş sert dokularında oluşan pörözite değişikliklerini değerlendiren bir görüntüleme yöntemidir. Yöntem ile lezyon derinliği ve çürük tabakasının boyutu ölçülebilir (137,151). İlk yapılan demineralizasyon ve remineralizasyon çalışmalarında sıklıkla dokularda oluşan değişikliklerin değerlendirilmesinde polarize ışık ve ışık mikroskobu kullanılarak kalitatif değerlendirme yapılmışsa da, son zamanlarda yapılan çalışmalarda dokulara ilişkin değişikliklerin değerlendirilmesinde kantitatif yöntemler tercih edilmektedir.

1.5.3.2. İyot Geçirgenlik Yöntemleri

- İyot Absorbsiyometre

Mineral kaybına bağlı olarak geçirgenlik artışına dayanan hassas, indirekt ve kalitatif bir yöntemdir (31). Bu metotta iyodun yıkılışı sonucu açığa çıkan fotonlar 27,4 keV'luk enerji ile dış kesitlerine boylamasına düşürülür ve bu esnada radyasyona maruz kalan kesitlerden foton geçişi, deney öncesinde ve sonrasında ölçülür. Yapılan son ölçüm ve başlangıç ölçümünün değerleri arasındaki fark gözlenir (2,151). Yapılan bir *in vitro* çalışmada, dentinden geçen radyasyon ve burada meydana gelen foton değişikliği ile kalsiyum kaybının paralellik gösterdiği rapor edilmiştir. Radyasyonun dentinden geçişindeki azalma remineralizasyon artışını göstermektedir (161).

- İyot geçirgenlik yöntemi

İyot geçirgenlik yöntemi çürük lezyonun her aşamasında demineralizasyonu değerlendirebilecek indirekt bir ölçüm yöntemidir. Test, minenin por hacmi ile ilgili ölçüm yaptığından, minenin de- ve remineralizasyonunun ancak başlangıç aşamasının değerlendirilmesinde daha hassas ölçüm yapılacağı bu nedenle diğer yöntemlerle desteklenmesi gerektiği bildirilmiştir (66).

1.5.3.3. Konfokal lazer tarama mikroskobu

Konfokal Lazer taramalı mikroskop 1955 yılında geliştirilmiştir ve kısaca CLSM (Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu) olarak tanımlanır. Özellikle hücre biyolojisinde kullanılan non-destrüktif bir mikroskobik tomografi

teknikiğidir. Dişhekimliğı araştırmalarında kullanımı ancak 1983 yılından sonra olmuştur. Aydınlatma, odaklanmış bir lazer kaynağından elde edilir ve taramalar örnek üzerinde çizgiler halinde yapılır. Odaklanan bölge dışından gelen tüm yansımalar engellenerek sadece tam olarak odaklanan alan izlenir. CLSM ile doğal nemlerinde olan ve kesit alınmamış dişlerle çalışmak mümkündür. Eğer dış tabakanın yüzey altı alanları ile çalışılacaksa örnek hazırlanması için özel bir işleme gerek yoktur. Örneklerin ince kesitler halinde hazırlanması ve kurutulması gibi uygulamaların olmaması hata oluşumunu engeller. CLSM kullanımının avantajlarını inceleyecek olursak:

1) Hazırlaması çok zor olan ve daha hassas kesim cihazları gerektiren ince kesitlere gerek kalmadan hızlı ve basit şekilde örnekler kesilebilmektedir.

2) Örneklerle herhangi bir ön uygulama gerekmez. Çünkü bu uygulamalar esnasında örnekler su kaybına uğrayarak tahrip olabilmektedir.

3) Araştırmacı mikroradyografi kullanımında olduğu gibi herhangi bir X ışım radyasyonu riski altında değildir.

4) CLSM ile yüzeydeki düzensizlikler ya da eklentiler göz ardı edilebilir. Çünkü saçılan, yansıyan ve odaklanan alan dışından gelen floresans ışığı elimine edilir ve sadece odaklanan ince bir alan izlenir.

5) Dijital görüntüleme uygulaması ile verilen yapının yüzey özellikleri, alan, hacim analizleri yapılabilir ve yapı 3 boyutlu olarak her açıdan izlenebilir (66,129).

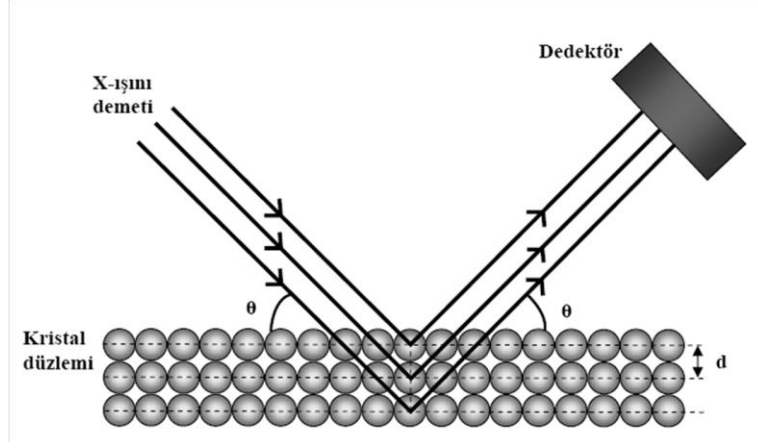
1.6. X-Işını Kırınımı (XRD) Yöntemi

Kristallerin atomlarının geometrik düzeni ve aralarındaki mesafe hakkındaki çoğu bilgi bu yöntemle elde edilmektedir. Bundan dolayı X-ışınları kırınımı (XRD) kristalin bileşiklerin kalitatif olarak tanınmasında pratik ve uygun bir yöntemdir. XRD tekniği, bir kristal düzleminin birim hücre boyutlarıyla birlikte kristalin atom düzlemleri arasındaki uzaklığı belirleyebilen bir tekniktir (157).

X-ışını kırınımı, basit bir ifadeyle bir kristal düzlemine gönderilen X-ışınlarının kristalin atom düzlemlerine çarparak yansıması olayıdır. Kırınım olayında, gelen X-ışınları kristal yüzeyinin altındaki atom düzlemlerine ulaşır, yani kırınım yüzeysel bir olay değildir. Düzensiz yapıda (amorf) bir kristal düzlemine gelen X-ışını demeti kristal düzlemlerine herhangi bir açıyla çarparsa, kırınım gerçekleşmez. Çünkü kristal düzlemlerinden yansıyan X ışınlarının aldıkları yolların uzunlukları farklı olduğundan, söz konusu ışınlar arasında faz farkı oluşur ve bu ışınlar birbirlerini iptal ederler. Bunun sonucu olarak herhangi bir kırınım (difraksiyon) piki gözlenmez.

X-ışını demetinin atom düzlemlerine Bragg açısı olarak bilinen belirli bir açı ile çarpması durumunda ise yansıyan ışınlar tarafından alınan yol, dalga boyunun (λ) tam katlarına eşit olacağından, ışınlar aynı faza sahip olur. Kırınım uğrayan, yani atom düzlemlerinden yansıyan X-ışınlarının aynı fazda olması durumunda difraksiyon deseni oluşur. Difraksiyon deseni elde edebilmek için; X-ışınlarının atom düzlemlerine çarpma açısı (θ), atom düzlemleri arasındaki uzaklık (d) ve gelen X-ışınlarının dalga boyu (λ) arasında belirli bir bağıntının bulunması gerekir. Bir X-ışını demetinin birbirine

paralel atom düzlemlerine θ açısı altında çarpması durumunda kırınım meydana gelir.



Şekil 5- Bir kristal düzleminde X-ışını kırınımının meydana gelişi

Kırınımın meydana gelişi Şekil 5’de gösterilmektedir.

1.7. Süt dişlerinde çürük lezyonların tedavisinde kullanılan restoratif materyaller

Çürük lezyonları temizlendikten sonra uygun bir restoratif materyalle dişin kendi formuna ve yapısına en uygun materyalle restore edilmesi dişhekimliği tarihi boyunca önemli bir konu olmuştur. Dişlerin doğal şeklini yeniden oluşturabilmek, estetik, konuşma ve çiğneme fonksiyonunu tekrar kazandırabilmek dişhekimliğinin temelini oluşturmaktadır.

Dişhekimliğinde önceki yıllardan beri süt dişi restorasyonlarında amalgam en sık kullanılan restoratif materyallerin başında gelmekte iken

günümüz dişhekimliğinde yerini büyük oranda diş rengi restoratif materyallere bırakma noktasına gelmiştir. Amalgamın sızdırmazlığı, dokuya fiziksel tutunma özellikleri, uygulamadaki dezavantajları, doku kaldırma dezavantajları (makro retansiyon) nedeniyle diş rengi restoratif materyaller kullanılmaktadır.

Süt dişlerinin tedavisinde diş rengi restoratif materyaller olarak bilinen cam iyonomer simanlar, kompozit rezinler ve hibrit restoratif materyaller kullanılmaktadır.

1.7.1. Cam iyonomer simanlar

1.7.1.1. Konvansiyonel cam iyonomer simanlar

Cam iyonomer siman ilk olarak Wilson tarafından cam tozu ve polialkenoik asit arasındaki asit baz reaksiyonu sonucu oluşan bir materyal olarak tanımlanmıştır (33).

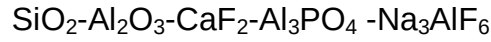
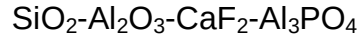
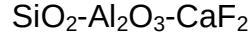
Çağdaş cam iyonomerlerin temel komponenti flor içeren, kalsiyum veya stronsiyum bazlı alumino-silikat cam tozudur. Cam iyonomer sisteminde floroalumina silikat cam ile reaksiyona giren poliasit genellikle bir polikarboksilik asittir. Cam iyonomer simana katılan asitler, poliakrilik asit, polimaleik asit, akrilik asit-itakonik asit kopolimeri, akrilik asit-maleik asit kopolimeri, akrilik asit-2 büten dikarboksilik asit kopolimeri ve polivinil fosforik asittir (29).

Cam tozu, 1100 °C - 1500 °C arasındaki sıcaklıkta erimiş alümina (Al_2O_3), silika (SiO_2), metal oksit, metal florür ve metal fosfatın hazırlanmasıyla oluşmaktadır. Sözü edilen metal iyonları alüminyum (Al^{+3}),

kalsiyum (Ca^{+2}), stronsiyum (Sr^{+2}), çinko (Zn^{+2}), sodyum (Na^{+}), potasyum (K^{+}) ve lantanyumdur (La^{+3}) (29).

Cam iyonomerlerin orijinal formülasyonunda (69), simanın oluşması için gerekli uygun cam tozunun elde edilebilmesi için alumina (Al_2O_3) ve silika (SiO_2) birleştirilmiştir, bu bileşikler camın iskelet yapısını oluşturmaktadır. Sيمانın özelliklerini modifiye edebilmek ve simana son halini verebilmek için, bu yapıya kriyolit (Na_3AlF_6) ve alüminyum fosfat (Al_3PO_4) gibi minör komponentler ilave edilmiştir.

Wilson (33) orijinal cam formülasyonlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır;



Cam tozunda kalsiyum stronsiyum ile yer değiştirebilir. Son iki formülasyonda remineralizasyon için gerekli olan üç bileşik bulunmaktadır, bunlar; kalsiyum, fosfat ve florudur.

Radyopasitenin artırılması için kalsiyumun bir kısmı baryum ve lantanyum ile veya tamamı stronsiyum ile yer değiştirebilmektedir. Stronsiyum iyonunun değeri ve yarıçapı kalsiyum iyonu ile benzerlik göstermektedir ($\text{Sr}^{2+} = 1,13 \text{ Å}$, $\text{Ca}^{2+} = 0,99 \text{ Å}$), böylece cam yapı bozulmadan stronsiyum kolaylıkla kalsiyum iyonu ile yer değiştirebilmektedir. Baryum ve lantanyum iyonlarının sadece bir bölümünün kalsiyum ile yer değiştirebilmesinin nedeni ise yarıçaplarının daha geniş olmasıdır ($\text{La}^{3+} = 1,35 \text{ Å}$, $\text{Ba}^{2+} = 1,35 \text{ Å}$) (29,33).

Cam iyonomer tozu içerisindeki fosfat ve florür, simanın erime sıcaklığını düşürmekte ve sertleşme özelliklerini modifiye eden cam bileşimine katılmaktadır. Bu iki materyalin varlığı ile cam iyonomer şeffaf bir yapı kazanmakta ve donan cam iyonomer daha dayanıklı hale gelmektedir. Baryum sülfat, lantanyum oksit, stronsiyum oksit ve çinko oksit de cam bileşimi içinde olmamak kaydıyla cam tozuna ilave edilebilmektedir. Alüminyum oksit ve silisyum dioksit, camın iskelet yapısını oluşturmaktadır. Yapı üç boyutlu silikat yapısıyla bir tetrahedral yapıdır. Alüminyum iyonu tetrahedralin merkezinde yer alan silika iyonunun yerine yerleşebilmektedir. Total sistemde elektrik nötralizasyonunun sağlanması için alkali iyonlar Al^{+3} iyonlarının çevresinde yer alırlar. Bunlar modifiye olmuş iyonlar gibi çalışır ve silikat yapının moleküler ağırlığını azaltırlar. Modifiye olmuş metal iyonları yüksek tepkimeli poliasitli cam oluşumunu sağlamaktadır. Camın yapısındaki florür ya da fosfat iyonları silika tetrahedral yapının içinde yer almazlar (29).

Floroaluminasilikat, flor salınım mekanizmasında önemli bir role sahiptir. Sertleşen simandan salınan florun ana kaynağının, simanın matrisi olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte florun bir kısmının camın kor yapısından kaynaklandığı öne sürülmüştür. Çünkü flor, camın iskelet yapısında mevcut değildir. Camın kor yapısındaki flor muhtemelen simanın matrisine difüze olmakta ve sonra yavaşça salınmaktadır. Simanın fiziksel özellikleri flor salınımından sonra bile bozulmamaktadır (29).

Sertleşme reaksiyonları

Cam iyonomer simanların sertleşme mekanizması fluoroalumina silikat cam tozu ile poliakrilik asidin sulu solüsyonu arasındaki asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşir (69,102,154).

Cam iyonomerlerin sertleşme reaksiyonunun 4 ayrı faza ayrılabilceği ileri sürülmüştür; toz ve likidin ilk teması, cam partikülleri üzerine asit atağı, matrisin şelasyonu ve sertleşmesi (29). Bu 4 faz Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6- Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonlarındaki 4 Faz

Başlangıç fazında, cam partikülleri poliakrilik asit likidi içerisinde dağılırlar. Asit atak fazı, yüzeydeki cam tozlarının yıkımı ile başlar ve simanı oluşturan metal iyonlarının (Al^{+3} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , F^{-}) salınımı ile devam eder. Bu metal iyonları simanın sulu fazına doğru hareket eder. İyonlar cam yüzeyinden ayrıldıklarında, cam yüzeyinde silikadan zengin bir tabaka oluşur. Daha sonra simanın matrisi ile cam partikülleri arasındaki ara yüzeyde bir silika jel tabakası oluşmaktadır. Reaksiyon devam ederken, matris içindeki

iyon konsantrasyonu artar ve poliakrilik asit poliakrilatlara dönüştüğü için ortamın pH'ı ve viskozitesi artar (69).

Cam iyonomer simanın diş dokusu ve metalle bağlanması tam olarak açıklanamamakla birlikte, bu bağlanmanın polimer asitlerdeki karboksil grupları ile metal iyonları arasındaki iyonik bağlanma şeklinde olduğu düşünülmektedir (83).

Flor ve diğer iyonların salınımı

Günümüzde yeni geliştirilen restoratif materyallerde flor salma özelliği aranan bir özelliktir. Bu amaçla, flor salan amalgam restorasyonlar, florlu kompozitler ve cam iyonomer simanlar gibi restoratif materyaller kullanılmaktadır. Cam iyonomer simanlardan ve kompozit rezin materyallerden flor salınımı ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Yapılan ilk çalışmalarda flor salınımının esas olarak restorasyon yapıldıktan sonraki ilk haftalarda gerçekleştiği, ancak uzun yıllar süren bir salınımın gerçekleştiği rapor edilmiştir (59). Cam iyonomer simanlardan flor salınmasının sadece materyal içindeki flor konsantrasyonu ile ilgili bir olay olmadığı ve siman içindeki sodyum iyonunun konsantrasyonunun da önemli olduğu, çünkü bu iyonun simandaki elektron nötralitesinin yeniden sağlanmasında rol oynadığı rapor edilmiştir (127,146).

Cam iyonomer tamamen sertleştiğinde, iyon salınımı gerçekleşir ve sulu bir ortamda suyu absorbe eder. Salınan iyonlar; florür, silika, stronsiyum ve kalsiyum bileşikleridir (127).

1.7.1.2. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin diğer adeziv materyallere göre daha zayıf olması, okluzal basınçların olduğu alanlarda daha fazla aşınma göstermesi ve kullanımının sınıf I kavitelele ile sınırlandırılması nedeniyle yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. Konvansiyonel cam iyonomerlerdeki toz likit oranı 3:1 veya 4:1 iken, bu simanlarda bu oran 6:1 veya 7:1'dir. Yeni geliştirilen bu simanların konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre, aşınmalara daha dirençli hale getirilerek yüzey sertliği, sıkışma ve bükülme kuvvetleri artırılmış ve çözünürlüğü azaltılmıştır. Bu simanların sertleşme reaksiyonları konvansiyonel cam iyonomer simanlar ile aynıdır ve bu simanlar, konvansiyonel cam iyonomer simanlarla aynı oranda flor salınımı yapar ve biyouyumlulukları benzerlik gösterir (108).

1.7.2. Hibrit restoratif materyaller

1.7.2.1. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar

Konvansiyonel cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi amacıyla üretilmişlerdir. %80 cam iyonomer %20 rezin esaslı olup hibrit bir materyaldir. Rezin modifiye cam iyonomer simanların (RMCS) özellikleri geleneksel cam iyonomer siman ile rezin kompozitlerin arasındadır. Toz kısmını, floroalumino silikat ve cam tozları oluştururken likit kısmını HEMA (2-Hidroksietil metakrilat), metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 su oluşturur. RMCS'lar asit baz ve foto kimyasal reaksiyonla donarlar yani dual bir sertleşme mekanizması vardır. Eğer materyal HEMA

için de kimyasal bir indikatör içeriyorsa üç aşamalı bir sertleşme gerçekleşir. Yüksek orandaki cam iyonomer simandan dolayı rezin modifiye cam iyonomerlerdeki flor salma ve reşarj edilebilme özellikleri konvansiyonel cam iyonomer simanlara yakındır. Diş dokularına adezyon, cam iyonomerlerden farklı olarak kimyasal ve fiziksel bağlanma şeklinde gerçekleşir (34,150).

1.7.2.2. Kompomerler

Kısaca kompomer olarak da adlandırılan poliasit modifiye kompozit rezinler yapılarında 2 karboksil gruplu dimetakrilat monomerler ve geleneksel cam iyonomer simanlardaki iyon salabilen cama benzer doldurucular içerirler. Poliasit modifiye kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özellikleri, geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlardan daha güçlü, ancak hibrid veya mikrofil kompozit materyallerden daha zayıftır. Işıkla polimerize edilebilmeleri ve uygulama kolaylıkları nedeniyle tercih edilmektedirler. Ayrıca, kompomerlerin içeriğindeki cam iyonomer oranı oldukça düşük (%20-30), kompozit rezin oranı yüksek (%70-80) olduğu için, flor salma özellikleri de oldukça sınırlıdır (73).

1.7.3. Kompozit rezinler

Kompozit rezinler, inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğüne, bu partiküllerin ağırlık ya da hacim olarak yüzdesine ve polimer matrikse ekleniş biçimlerine, polimerizasyon yöntemlerine, viskozitelerine göre sınıflandırılabilirler (izelge 1) (73).

Kondense edilebilir kompozit rezinler

Posterior restorasyonlar için inorganik doldurucu boyutları ve miktarı arttırılmış, viskoziteleri yüksek yeni kompozit rezinler üretilmiştir (94).

Hibrit kompozit rezinlere oranla daha yüksek oranda inorganik doldurucu partikül içeren packable kompozit rezinler, aşırı basınç altındaki posterior restorasyonlarda amalgama benzer şekilde uygulanırlar. Malzemenin yapışkan olmaması, uygulama kolaylığı sağlar. Kaviteye basınç uygulanarak daha kolay yerleştirilebilmesi ve sınıf II restorasyonlarda kama ve metal matriks bandı kullanılarak interproksimal kontakların kolayca sağlanabilmesi önemli avantajlarıdır (143).

Tablo 1- Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması (34).

İnorganik partikül büyüklük ve doldurucularına göre		
Kompozit Resin	İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü	İnorganik doldurucu partikül yüzdesi
Megafil	50-100 µm	
Makrofil	10-100 µm	%70-80
Midifil	1-10 µm	%70-80
Minifil	0-1 µm	%75-85
Mikrofil	0,01-0,1 µm	%35-60
Hibrit	0,04-1 µm	%75-80
Nanofil	0,005-0,01 µm	
Polimerizasyon yöntemlerine göre		
Kimyasal olarak polimerize olan kompozitler		
Işık ile polimerize olan kompozitler		
Hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozit rezinler		
Viskozitelerine göre		
Kondense edilebilir kompozit rezinler		
Akışkan kompozit rezinler		

1.8. Dentin bağlayıcı sistemler

Günümüzde kompozit dolguların dentine bağlanmaları, dentin bağlayıcı sistemlerle gerçekleştirilir. Dentin bağlayıcı sistemler, birçok farklı kritere göre sınıflandırılmaktadır. Primer içeriği, smear tabakasına etkileri ve bağlayıcı özelliklerine göre yapılan sınıflandırmalar yaygın olarak kullanılır (73,150). Ancak en güncel sınıflama, Van Meerbeek (143) tarafından, klinik uygulamadaki basamaklara ve adeziv sistemlerin dentin dokusuyla etkileşim biçimlerine göre yapılmıştır. Kavite preparasyonu sırasında oluşan smear tabakası gözönüne alınarak rezin esaslı adezivlerde farklı adezyon mekanizmaları kullanılır.

Birinci grup smear tabakasını modifiye eder ve sadece adeziv ya da primer ve adeziv içermeleri ile, smear tabakasını modifiye eden tek ya da iki aşamalı adeziv sistemler olarak tanımlanırlar. İkinci grup ise smear tabakasını tamamen uzaklaştırır ve yine iki veya üç aşamalı smear tabakasını uzaklaştıran adeziv sistemler olarak iki alt gruba ayrılır. İki aşamalıda, primer ve adeziv tek şişede birleşmiştir. Üçüncü grupta ise smear tabakası uzaklaştırılmak yerine çözülür ve tek ya da iki aşamalı olarak iki alt gruba ayrılır.

Dördüncü adezyon grubu ise ilk üç sistemden oldukça farklıdır. Çünkü bu sistem dentin ile cam iyonomer esaslı bir etkileşim içerir. Bu sistemde sadece tek bir alt grup vardır ve bu iki aşamalı cam iyonomer adeziv sistemidir.

Universal bondinger ise, mine ve dentin bonding sistemlerinin birleştirilip tek bir sistemde toplanması ile oluşturulmuştur (73,150).

Dentin bonding sistemleri çok hızlı bir biçimde bu değişimlerden geçmiş ve günümüzde tek şişe ya da kendinden asitli adeziv sistemler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerde primer ve adeziv tek bir şişede birleştirilerek hekime, asitle pürüzlendirme işleminden sonra primer ve adezivi tek aşamada uygulama olanağı sağlamıştır (150).

BÖLÜM II

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız *in situ* ve *in vitro* olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Her iki bölümde de yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompozit rezin ile restore edilmiş süt molar dişlerinde çürükten etkilenmiş dentinin remineralizasyonunun incelenmesi amaçlandı.

2.1. *In situ* çalışma

2.1.1. Hasta ve diş seçim kriterleri

Birinci bölümde; çalışmaya benzer boyutta arayüz çürüğü bulunan ve çürüğün ART (Atravmatik Restoratif Tedavi) tekniği ile uzaklaştırılıp farklı 2 tip restoratif materyal (Fuji IX ve Surefil) ile split mouth yöntemi (aynı ağızda farklı iki dolgu) ile restore edildiği ve iki yıllık kontrollerde her iki dişinde de lüksasyon olan toplam 12 çocuk dahil edildi. Hastaların ve dişlerin seçiminde şu kriterler göz önünde bulunduruldu:

- Süt azı dişlerinde en az iki aproksimal çürüğü bulunması
- Dişlerin vital olması
- Dişlerde perküsyonda ağrı, spontan ağrı ve lüksasyon olmaması
- Hastaların klinik şikayetlerinin olmaması (sıcak soğuk hassasiyetinin olmaması)

- Dişeti bulgularının sağlıklı olması
- Patolojik renk değişikliği olmaması
- En küçük ART ekskavatörünün girebileceği giriş kavitesine sahip çürük olması
- Restore edilecek olan dişlerin ağızda en az 2 yıl süre ile kalacak olması
- Restore edilecek olan dişlerde çürüğün pulpa ile ilişkili olmaması
- Restore edilecek olan iki dişin kavite büyüklüklerinin benzer olması

Tedaviden 2 yıl sonra hastalar bilgilendirilerek düşme zamanı gelmiş bu dişlerin çekimleri yapıldı.

Dişler çekimden hemen sonra su ve pomza ile fırçalanarak üzerlerindeki yumuşak doku ve ekleniler uzaklaştırıldı ve çalışmada kullanılıncaya kadar +4 °C'de distile su içinde saklandı.

Gerekli analizler yapılmadan önce çekilen dişler polyestere gömüldü ve dişler restorasyonun tam merkezinden geçecek şekilde mezyodistal yönde ikiye ayrıldı. Restorasyon ve dentin yüzeyi açık kalacak şekilde örnekler tekrar polyestere gömüldü. Örnekler öncelikle 800 ve 1200 gridlik silikon karbid zımparalar ile daha sonra da 0,3 µm abraziv partiküller içeren polisaj pastaları ile polisajlandı (Resim 1).

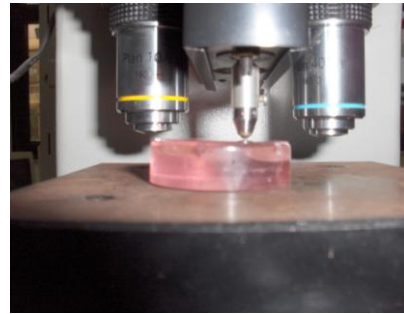


Resim 1- Metaserv Polisaj Cihazı (Metaserv 2000 Grinder/Polisher- Buehler, USA) ve Polisaj Pastaları

Polisaj artıklarının uzaklaştırılması için örnekler 1 dk süre ile ultrasonik banyoda (Elma, D-78224 Singen/Htw., Germany) bekletildi.

2.1.2. Mikrosertlik ölçümlerinin yapılması

Mikrosertlik ölçümleri 10 g kuvvet ve yükleme zamanı 15 sn olacak şekilde yapıldı.



Resim 2- Mikrosertlik Ölçüm Cihazı

2.1.3. SEM-EDS (Enerji Dağılımsal X-ışını spektroskopisi) analizleri

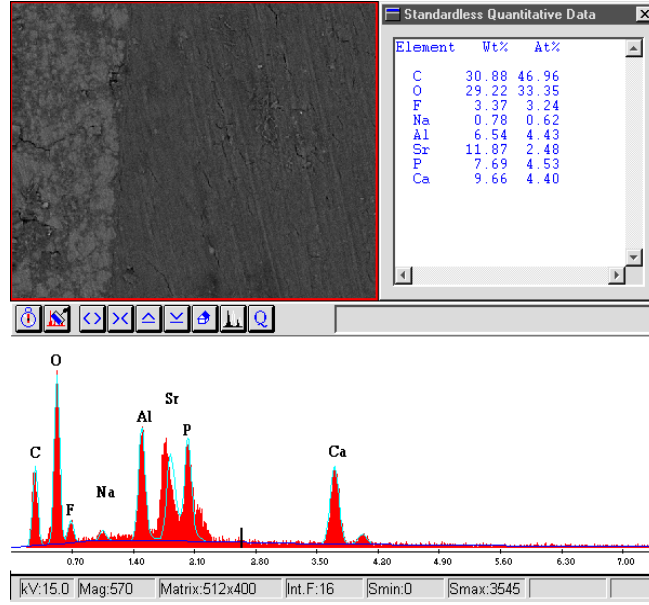
Mikrosertlik ölçümleri yapılan örnekler, element analizi yapılmak üzere altın ile kaplanarak (Resim 4) ölçüm için hazırlandı.



Resim 4- Taramalı Elektron Mikroskopunun Altınla Kaplama Parçası

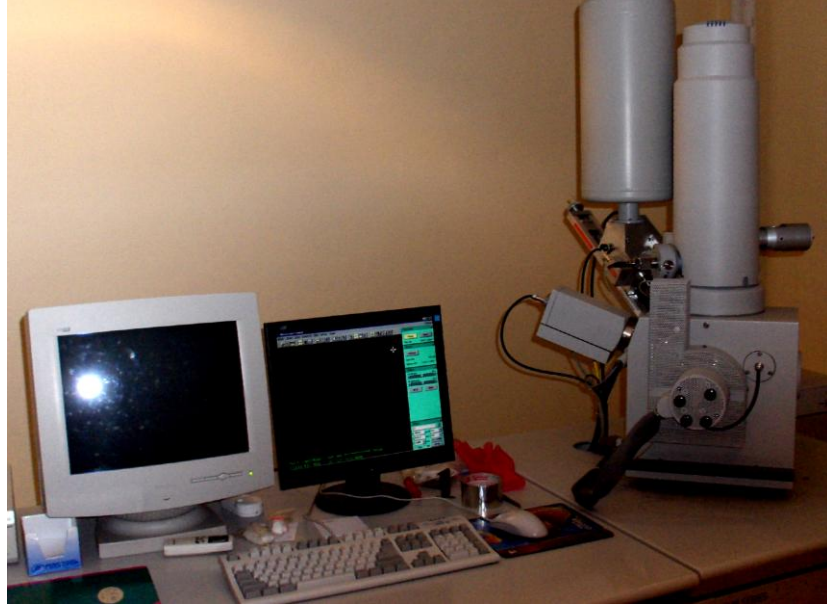
Restorasyonlardan dentine iyon geçişinin ve elementer içeriğinin saptanmasında EDS X-ışını dedektör sisteminin bağlandığı taramalı elektron mikroskopu (SEM) (SEM-Philips XL-30S FEG, Eindhoven, The Netherlands) kullanıldı.

Örnekler SEM'e yerleştirildi ve 350 büyütmede 15 kV gerilim uygulanarak 10 mm çalışma mesfesinde, ortalama 50 nm spot büyüklüğünde ölçümler (% ağırlık) yapıldı. Sayım zamanı olarak 200 sn süre kullanıldı. Bütün ölçümler için X-ışınları 100 µm boyutunda lineer bir doğru üzerinde 20 mikronluk aralıklarla noktasal alanlardan okunarak toplam altı noktadaki oranlar saptandı ve flor, kalsiyum, stronsiyum ve fosfor elementlerinin göreceli miktarları elde edildi (Şekil 8).



Şekil 8- EDS Analizi

Bu elementlerin belirlenmesinde kullanılan EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometry-Enerji Dağılımsal X-ışını spektroskopi) analizleri, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi'nde bulunan, X-ışını dedektör sisteminin (EDAX, Tilburg, The Netherlands) bağlandığı, taramalı elektron mikroskopunda (Resim 5) gerçekleştirildi.



Resim 5- SEM-EDS Cihazı

Restorasyon yüzeyine bitişik sert dokudan ve 20 μm 'lik aralıklarla toplam 100 μm 'lik derinliğe kadar ölçümler yapıldı. Dentinin tabakalara göre olası değişken içeriği ve niteliği nedeniyle, farklı bölgelerden üçer ölçüm yapılarak bu değerlerin aritmetik ortalamaları elde edildi.

2.2. *In vitro* çalışma

In situ çalışmada hiçbir zaman sağlam dentin ve çürükten etkilenmiş dentininin restorasyon öncesi mineral içeriklerinin saptanma olasılığı bulunmamaktadır. Bu amaçla restorasyon öncesi ve sonrasında ortaya çıkabilecek mineral içeriğindeki değişikliklerin ve yeni oluşan mineral

yapısının sekonder çürüklere neden olabilecek asit ataklarına karşı direncinin saptanabilmesi amacıyla *in vitro* bölümdeki analizler planlandı.

Bu analizleri şu şekilde sıralayabiliriz;

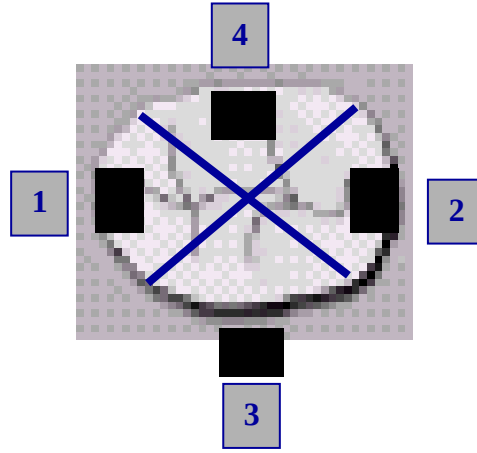
- Çürükten etkilenmiş dentin, sağlıklı dentin ve restorasyon altındaki dentinlerin zaman göre sertliklerindeki değişimi incelemek üzere mikrosertlik testi,
- Element içeriklerinin saptanması amacıyla EDS analizi,
- EDS analizleriyle diş sert dokularına iyon geçişinin belirlenmesinden sonra, bu iyonların hangi biçimde yer aldığını, eğer bileşik oluşturuyorsa, bu iyonların hangi bileşikleri oluşturduğunu saptamak amacıyla XRD analizi,
- XRD analizleri ile remineralize dokunun faz yapısı saptandıktan sonra, bu dokunun, sekonder çürüklere neden olabilecek asit ataklarına karşı nasıl davranacağını araştırılması için çözünürlük testi

2.2.1. Mikrosertlik ve EDS analizleri için test örneklerinin hazırlanması

Çalışmanın ikinci bölümünde, Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'na başvurmuş ve süt molar dişlerine fizyolojik rezorbsiyon nedeni ile çekim endikasyonu konulmuş ve Ege Üniversitesi Diş Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilimdalı'nda yeni çekilmiş 21 adet çürüksüz süt molar diş kullanıldı. Çalışmaya dahil edilen dişlerde görünür çürük, çatlak veya lekelenme olmamasına dikkat edildi.

Dişler çekimden hemen sonra su ve pomza ile fırçalanarak üzerlerindeki yumuşak doku ve eklentiler uzaklaştırıldı ve çalışmada kullanılıncaya kadar +4° C'de distile su içinde saklandı.

Çekilen dişlerin mezyal, distal, bukkal ve lingual yüzeylerine standart büyüklükte kaviteler açıldı ve kaviteler açıldıktan sonra dişler 4 farklı gruba oluşturacak şekilde su altında elmas separe ile dörde bölündü (Şekil 9).



Şekil 9- Dişlerde Standart Kavitelerin Açılıp Dişlerin Dörde Bölünmesi

Kaviteler dışındaki tüm diş yüzeyleri aside dirençli tırnak cilası ile örtülendi.

Kavite dışındaki diş yüzeyleri tırnak cilası ile örtülen Grup 1, 2 ve 3 teki diş örnekleri, 100 ml distile suya; 7 g $AlCl_3$, 8,5 ml HCl ve 5 ml %95'lik formik asit ilave edilerek oluşturulan yapay çürük solüsyonunda (79) 30 dakika süre ile bekletildi. Yapay çürük solüsyonundan çıkartılıp toplam 2 ml distile su ile yıkanan örneklerde kaviteler çürük boyayıcı bir ajan (Quadrant CariTest- Cavex Holland BV, Haarlem, The Netherlands) ile boyandı ve

boyanan ilk kısım ekskavatör ile uzaklaştırıldı, böylece çürükten etkilenmiş dentinin bırakılmış olduğu varsayıldı.

Hazırlanan 21 dişte (toplam 84 örnek);

Grup 1: Çürükten etkilenmiş dentinin bırakıldığı kavitelere 15 sn süre ile %10'luk poliakrilik asit içeren Fuji Conditioner (GC Europe NV, Leuven) (Resim 6) uygulanmasını takiben kavite yıkanıp hava ile kurutuldu. Fuji IX (GC Europe NV, Leuven) toz ve likiti (Resim 7) üretici firmanın önerileri doğrultusunda karıştırılarak kaviteye yerleştirildi. Dolgunun dişe adaptasyonu sağlandıktan ve fazlalıklar ekskavatör yardımıyla alındıktan sonra restorasyon üzerine kavite verniği (Fuji Varnish,GC Europe NV, Leuven) (Resim 8) sürüldü.



Resim 6- Fuji Conditioner (Poliakrilik asit)



Resim7- Fuji IX Cam İyonomer Siman

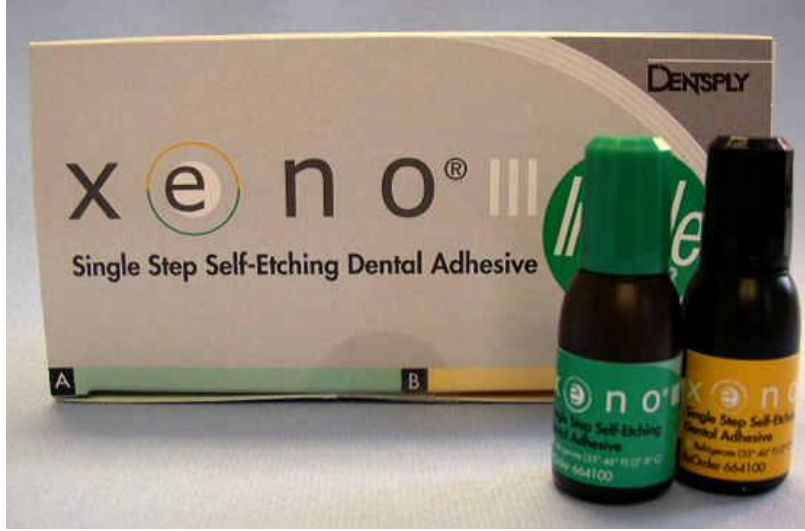


Resim 8- Fuji Vernik

Grup2: Çürükten etkilenmiş dentinin bırakıldığı kavitelere Xeno III primer ve adeziv (Dentsply/DeTrey, Konstanz, Germany) (Resim 9) karıştırılarak 20 sn süre ile uygulandı ve 10 sn süresince LED (LED Trilight 1, 3M, ESPE Dental Products, St. Paul, USA) cihazı ile ışınlandı. Adeziv uygulamasını takiben Surefil (Dentsply/DeTrey, Konstanz, Germany) (Resim

10) kompozit rezin kavitelere tabakalama yöntemi ile konarak 40 sn süre ile ışınlandı.

Tablo 2’de çalışmada kullanılan materyallerin içerikleri görülmektedir.



Resim 9- Xeno III Adeziv Sistem



Resim 10- Surefil Resin Kompozit

Tablo 2- Çalışmada Kullanılan Materyallerin İçerikleri

MATERYAL		Üretici Firma	İçerik	Seri no
Kendinden asitli adeziv	Xeno III	Dentsply/De Trey Konstanz, Germany	Likit A: HEMA, saf su, ethanol, 2,6-Di-tert-butyl-p hidroksil tolüen, nanofiller Likit B: Pyro-EMA, PEM-F, UDMA, BHT, Kamforquin, EPD	334-012
Kompozit	Surefil	Dentsply/De Trey, Konstanz, Germany	Bis-GMA, TEGDMA, bis-EMA, barium floroalüminosilikat cam partikülleri, stabilizatörler, fotoinitiatorler	010320
Cam iyonomer siman	Fuji IX	GC, Europe NV, Leuven	Likit: su, poliakrilik asit, karboksilik asit Toz: alümino-florosilikat cam partikülleri, poliakrilik asit tozu, pigmentler	110594

Grup 3: Çürükten etkilenmiş dentinin üzerine herhangi bir restoratif materyal konulmadı ve bu gruptaki örnekler 1. kontrol grubunu çürükten etkilenmiş dentin grubunu oluşturdu.

Grup 4: Herhangi bir işlem yapılmadı ve bu gruptaki örnekler sağlam dentin grubunu oluşturdu.

Restorasyonlar yapıldıktan ve donma reaksiyonları tamamlandıktan sonra, örnekler 1 hafta, 1 ay ve 6 ay sonra incelenmek üzere 37 °C'de yapay tükürük solüsyonuna (0,7 mmol/l CaCl_2 , 0,2 mmol/l MgCl_2 , 4,0 mmol/l KH_2PO_4 , 30,0 mmol/l KCL, 20,0 mmol/l Hepes, pH 7) (41) konuldu ve her 7 günde bir yapay tükürük solüsyonu değiştirildi.

Belirtilen süre sonlarında, restorasyonun dentin yüzeyinden ayrılmaması için tüm örnekler poliestere gömüldü ve gerekli analizlerin yapılabilmesi amacıyla örnekler restorasyonların merkezlerinden geçecek şekilde su altında elmas separe ile ikiye ayrıldı. İkiye ayrılan örnekler restorasyon-dentin yüzeyi açıkta kalacak şekilde tekrar poliestere gömülüp, öncelikle 800 ve 1200 gridlik silikon karbid zımparalar ile daha sonra da 0,3 μm abraziv partiküller içeren polisaj pastaları ile polisajlandı (Resim 1).

2.2.2. Mikrosertlik ölçümlerinin yapılması

Hazırlanan tüm gruptaki (deney ve kontrol) örnekler, deney periyodları sonrası mikrosertlik testine tabi tutuldu ve test için birinci bölümdeki işlemler tekrarlandı.

Deney gruplarında; restorasyona komşu dentin yüzeyinden başlayarak 20 μm 'lik aralıklarla 100 μm 'lik derinliğe kadar toplam 5 ölçüm yapıldı ve

ölçümler 3 kez tekrarlandı. Kontrol gruplarında ise polyester rezine komşu dentin yüzeyinden başlayarak 20 µm'lik aralıklarla 100 µm'lik derinliğe kadar yine 5'er ölçüm yapıldı ve ölçümler 3 kez tekrarlandı.

2.2.3. SEM-EDS (Enerji Dağılımsal X-ışını spektroskopisi) analizlerinin yapılması

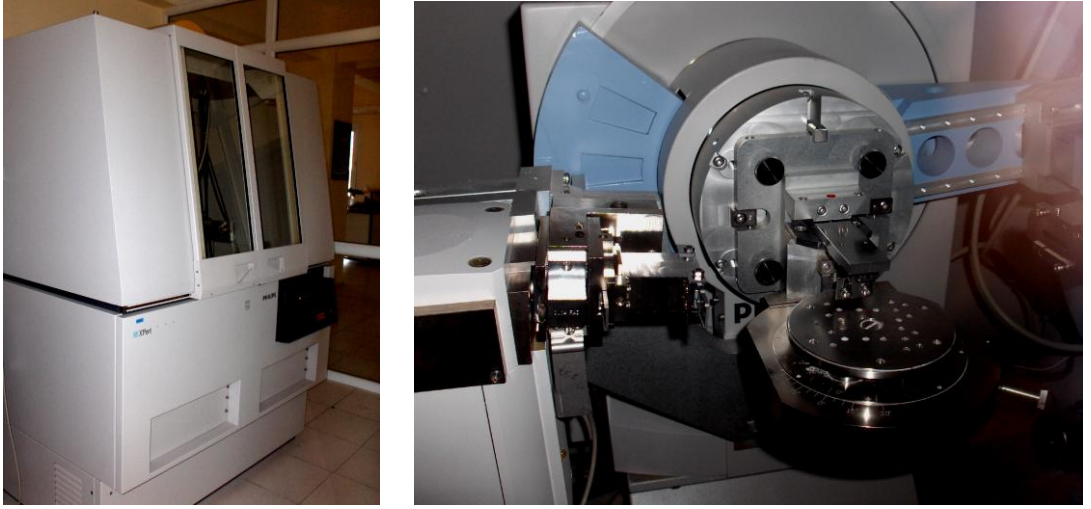
Restorasyonlardan dentine iyon geçişinin saptanmasında ve kontrol grubundaki örneklerde dentinin elementer içeriğinin saptanmasında EDS X-ışını dedektör sisteminin bağlandığı taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanıldı. Mikrosertlik ölçümleri yapılan örnekler, element analizi yapılmak üzere altın ile kaplanarak ölçüm için hazırlandı ve yine birinci bölümdeki prosedürler tekrarlandı.

Çalışma grubundaki örneklerden, restorasyon yüzeyine bitişik sert dokudan ve 20 µm'lik aralıklarla toplam 100 µm'lik derinliğe kadar ölçümler yapıldı. Çalışma ve kontrol grubu örneklerinden dentinin tabakalara göre olası değişken içeriği ve niteliği nedeniyle, farklı bölgelerden üçer ölçüm yapılarak bu değerlerin aritmetik ortalamaları elde edildi. Kontrol grubundan elde edilen ölçümler çalışma grubu bölgelerinden elde edilen ölçümlere oranlanarak referans oranları saptandı.

2.2.4. XRD (X ışını) analizleri için test örneklerinin hazırlanması ve analizlerinin yapılması

EDS analizleriyle diş sert dokularına iyon geçişinin belirlenmesinden sonra, bu iyonların hangi biçimde yer aldığını, eğer bileşik oluşturuyorsa, bu

iyonların hangi bileşikleri oluşturduğunu saptamak amacıyla tamamlayıcı bir ölçüt olarak X ışını difraktörü (XRD Phillips X'Pert Pro, The Netherlands) analizi kullanıldı (Resim 11).



Resim 11- XRD Phillips X'Pert Pro Cihazı

Bu amaçla 9 adet yeni çekilmiş süt dişi kullanıldı. Çekilen 9 adet süt dişi bukkal-lingual doğrultuda 4 parçaya bölündü ve 0,6 mm kalınlığında toplam 36 kesit elde edildi (Resim 12). Elde edilen kesitlerde mine kenarları uzaklaştırıldı. Elde edilen kesitler in vitro bölümdeki gibi 4 farklı gruba ayrıldı. İlk 3 gruptaki kesitlerde dentin yüzeylerinin bir yüzü aside dirençli tırnak cilası ile örtüldü diğer yüzeyde ise in vitro bölümdeki gibi çürükten etkilenmiş dentin oluşturuldu.

Grup 1: Çürükten etkilenmiş dentin yüzeyinin bırakıldığı kesitlere 15 sn süre ile %10'luk poliakrilik asit içeren Fuji Conditioner (GC Europe NV, Leuven) (Resim 6) uygulanmasını takiben kavite yıkanıp hava ile kurutuldu. Fuji IX (GC Europe NV, Leuven) toz ve likiti (Resim 7) üretici firmanın önerileri doğrultusunda karıştırılarak 3 mm yüksekliğinde ve 5 mm çapında silindirik silikon kalıp matris görevi görecek şekilde dentin yüzeyine yerleştirildi ve restorasyon üzerine kavite verniği (Fuji Varnish, GC Europe NV, Leuven) (Resim 8) sürüldü.

Grup2: Çürükten etkilenmiş dentin yüzeyinin bırakıldığı kesitlere Xeno III primer ve adeziv (Dentsply/DeTrey, Konstanz, Germany) (Resim 9) karıştırılarak 20 sn süre ile uygulandı ve 10 sn süresince LED (LED Trilight 1, 3M, ESPE Dental Products, St. Paul, USA) cihazı ile ışınlandı. Adeziv uygulamasını takiben Surefil (Dentsply/DeTrey, Konstanz, Germany) (Resim 10) kompozit siman 3 mm yüksekliğinde ve 5 mm çapında silindirik silikon kalıp matris görevi görecek şekilde çürükten etkilenmiş dentin yüzeyine konarak 40 sn süre ile ışınlandı.

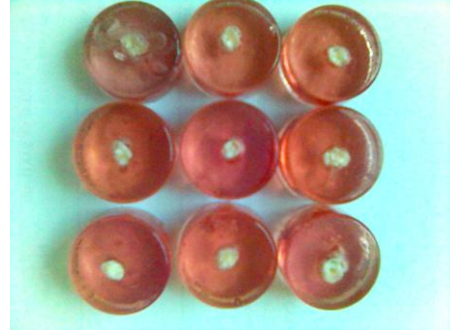
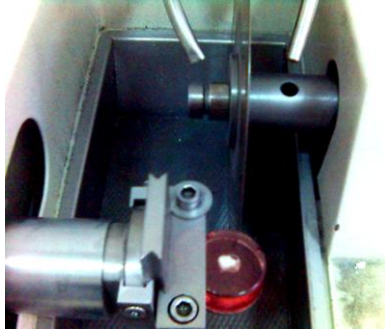
Grup 3: Çürükten etkilenmiş dentinin üzerine herhangi bir restoratif materyal konulmadı ve bu gruptaki örnekler çürükten etkilenmiş dentin grubunu oluşturdu.

Grup 4: Herhangi bir işlem yapılmadı ve bu gruptaki örnekler sağlam dentin grubunu oluşturdu.

Dişler 1 hafta, 1 ay ve 6 ay sonra incelenmek üzere 3 zaman periyoduna ayrıldı. Bu süre içerisinde dişler in vitro bölümdeki gibi yapay tükürük solüsyonunda bekletildi. Yapay tükürük solüsyonu 7 günde bir

değiştirildi. Üç diş (n=12 kesit) 1 hafta, üç diş (n=12 kesit) 1 ay ve diğer üç diş (n=12) 6 ay sonra, kesitlerin üzerindeki restoratif materyaller uzaklaştırıldıktan sonra incelendi. Kesitler üzerindeki restoratif materyallerin uzaklaştığından emin olmak için örnekler ışık mikroskobu altında incelendi.

Elde edilen kesitler mermer agatta dövülerek toz haline getirildi ve XRD cihazına yerleştirildi ve XRD analizi, CuK α radyasyonunda ($\lambda=0,1548$ nm) 40 kV gerilim ve 36 mA akım uygulanarak 4 derece/dk tarama hızında gerçekleştirildi. Örneklerdeki faz yapısının tespiti yapıldı.



Resim 12- Örneklerin XRD Ölçümleri İçin Hazırlanması

2.2.5. Çözünürlük testi

EDS analizleriyle diş sert dokularına iyon geçişinin belirlenmesinden sonra, bu iyonların hangi biçimde yer aldığını, eğer bileşik oluşturuyorsa, bu iyonların hangi bileşikleri oluşturduğunu saptamak amacıyla tamamlayıcı bir ölçüt olarak X ışını difraktörü analizi kullanılmıştı. XRD analizleri ile remineralize dokunun faz yapısı saptandıktan sonra, bu dokunun, ikincil çürüklere neden olabilecek asit ataklarına karşı nasıl davranacağını araştırılması için çözünürlük testi yapıldı. Bu amaçla, XRD analizi ile

remineralize dokuda saptanan #34-0479 no'lu faz ($\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ -**kalsiyumstronsiyumfosfathidroksit**) (145), #78-1715 no'lu faz ($\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ -**stronsiyumkalsiyumfosfatflorür**) (117) ve sağlam dentinde saptanan #72-1243 no'lu faz ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ -**hidroksiapatit**) (115) lar toz şeklinde yapay olarak elde edildi.

2.2.5.1. Tozların elde edilmesi

Elde edilecek tozların içerikleri Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3- Elde edilecek tozların içeriği

Elde edilecek toz	SOLÜSYON A (50 ml deiyonize suda çözülmüş)	SOLÜSYON B (50 ml deiyonize suda çözülmüş)
$\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ Kalsiyumstronsiyum fosfathidroksit	Kalsiyum nitrat tetra hidrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (1,95 g) Stronsiyum nitrat $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (1,767 g)	Diamonyum hidrojen fosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (1,328 g)
$\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ Stronsiyumkalsiyum fosfatflorür	Kalsiyum nitrat tetra hidrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (1,065 g) Stronsiyum nitrat $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ (2,579 g)	Diamonyum hidrojen fosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (1,328 g) Amonyum florür $(\text{NH}_4)\text{F}$ (0,123 g)
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ Hidroksiapatit	Kalsiyum nitrat tetra hidrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (3,94 g)	Diamonyum hidrojen fosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (1,328 g)

Tozların elde edilmesi sulu çöktürme yöntemi ile gerçekleştirildi (103). Solüsyon A ve B'nin pH'ları karıştırılmadan önce amonyumhidroksit (NH_4OH) ile 10,0 olacak şekilde ayarlandı. A çözeltisi B çözeltisine 6 ml/dk olacak şekilde ilave edildi (Resim 13).

Balon joje içerisinde karıştırılan solüsyonların pH'ları pH metre ile ölçülürken ortam pH'sını 10,0'da stabilize etmek için solüsyonlara amonyum hidroksit ilave edildi. Solüsyonların sıcaklığı 60°C olarak stabilize edildi.



Resim 13- Solüsyon A ve B'nin Karıştırılma Düzeneği

İki solüsyon karıştığında çözeltinin rengi oluşan kristaller nedeni ile beyazlaştı (Resim 14). A solüsyonunun B solüsyonuna katılma işlemi tamamlandıktan sonra, karışım solüsyonunda kristalizasyonun gerçekleşip, solüsyonun stabil hale gelmesi amacıyla solüsyon 1 gün süre ile 60°C 'de

kariştırılmaya devam edilerek solüsyona yaşlandırma (aging) işlemi uygulandı (Resim 15).

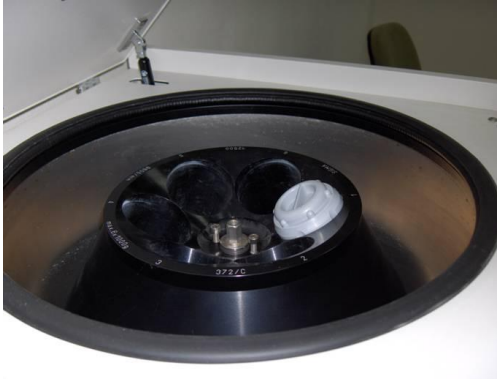


Resim 14- Çözeltinin Renginin Oluşan Kristaller Nedeniyle Beyazlaşması



Resim 15- Yaşlandırma İşleminin Uygulanması

Yaşlandırma işlemini takiben reaksiyonlar sonucunda ortamda artık bileşik olarak bulunan amonyum nitrat gibi çözüner tuzların ortamdand uzaklaştırılması için santrifüjleme-yıkama işlemleri sırasıyla yapıldı. Santrifüjleme işlemi ile çöktürülen kalsiyum fosfat tozları deiyonize su ile yıkanıp 5 dakika ultrason ile karıştırıldıktan sonra tekrar santrifüjle ayrıldı. Bu işlem 7000 RPM'de 6 dk süre ile 3 kez tekrarlandı (Resim 16-17). Daha sonra toz yüzeylerinde bulunan aşırı sudan kurtulmak için %99'luk etil alkol ile son yıkama ve santrifüjleme işlemi yapıldı.



Resim 16-17- Santrifüj işleminin uygulanması

Santrifüje edilen çökelti behere alındı (Resim 18-19) ve behere alınan santrifüje edilmiş çökelti 1 gece 105 °C etüvde bekletildi (Resim 20). Kurutulan çökelti mermer agatta (Resim 21) dövölerek toz haline getirildi (Resim 22) ve tozlar 400 °C sıcaklıkta ısıt işleme tabi tutuldu ve tekrar agatta öğütüldü. Hazırlanan tozlar Carver presleme cihazı (Model C; Fred S.

Carver, Menmonee Falls, WI) (Resim 23) ile 190 MPa basınç altında preslenerek 0,2 mg (miligram) ağırlığında ve 1 cm çapında peletler elde edildi (Resim 24). Elde edilen peletler 2000 bar basınç altında isostatik olarak CIP (Cold isostatic Press) cihazı ile preslendi.



Resim 18-19- Santrifüje Edilen Çökeltinin Behere Alınması



Resim 20- Çökeltinin Etüvde Kurutulması



Resim 21- Mermer Agat



Resim 22- Çökeltinin Toz Hali



Resim 23- Presleme Cihazı



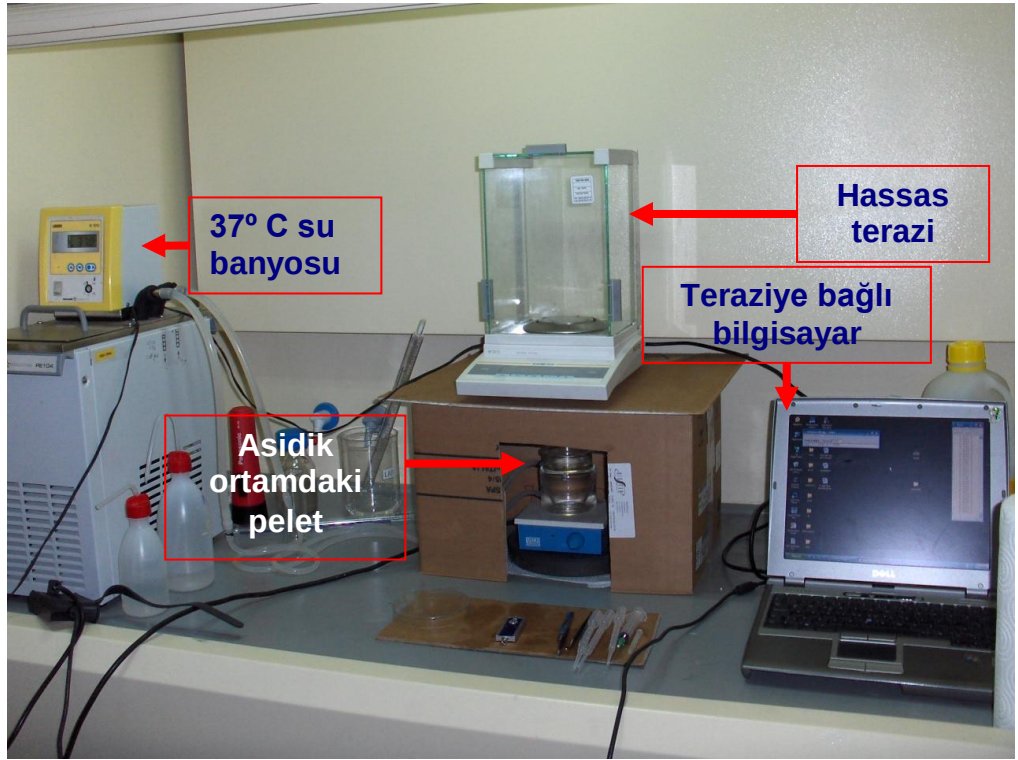
Resim 24- 1 cm Çapındaki Peletler

2.2.5.2. Çözünürlük test düzeneğinin hazırlanması ve testin uygulanması

Hazırlanan peletlerin asidik ortamdaki çözünürlüklerini saptamak için modifiye Fusayama yapay tükürüğü kullanıldı (144). Bu yapay tükürük solüsyonu; NaCl (400 mg/L), KCl (400 mg/L), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (795 mg/L), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (690 mg/L), KSCN (300 mg/L), $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (5 mg/L), ve üre

(1000 mg/L) içerir. Tükürük pH'ı laktik asit yardımı ile 2,5 olacak şekilde ayarlandı.

Hazırlanan test düzeneği Resim 25'de görülmektedir. Düzenek J. D. Rinehart ve arkadaşlarının kullandıkları düzenek ile benzerlik göstermektedir (119).



Resim 25- Test Düzeneği

Hazırlanan toz kompozisyonlarının asidik tükürük ortamındaki çözünme davranışlarını belirlemek amacıyla 0,1 mg ölçüm hassasiyetine sahip analitik terazi (Sartorius Analytical Balance; BA110S, Gottingen, Germany) kullanıldı.

Çözünme sırasındaki ağırlık kayıplarının belirlenmesi amacıyla terazi askı modunda kullanıldı. Çözünme işlemi 37° C'de sabit ısıdaki ısıtmalı soğutmali su banyosuna bağlı çift cidarlı beher kullanılarak gerçekleştirildi.

Çözünmede kayıpların belirlenmesi amacıyla daha önceden vakum altında 105° C'de 2 gün kurutulan peletlerden kuru tartım alındı. Daha sonra vakum altında deiyonize su ile doyurulan peletlerden oda sıcaklığında tartım alındı. Tükürük solüsyonu içerisindeki kaldırma katsayılarını belirlemek amacıyla su ile doyurulan peletlerin tel askıdaki tartımları da kaydedildi.

Daha önceden pelet şeklinde hazırlanan tozlar, ortodontik tel (nikel-titanyum esaslı) kullanılarak hazırlanan askı sisteminde teraziye bağlı olarak pH 2,5'deki 90 cc tükürük solüsyonuna daldırıldı. Zamana bağlı olarak buharlaşmadan dolayı oluşabilecek solüsyon kayıplarını önlemek amacıyla tükürük solüsyonunun üzeri 25 ml organik sıvı yağ ile kapatıldı (Resim 26). Çözünme sırasında solüsyondaki konsantrasyonun homojenitesini sabit tutmak amacıyla 30-40 rpm aralığında manyetik karıştırıcı yardımı ile karıştırma işlemi yapıldı. Daha sonra terazi sistemi sıfırlanarak Win-Wedge (Win Wedge software Greifensee, Switzerland) programı ile saniyede 5 ölçüm elde edilecek şekilde veriler 24 saat süre ile bilgisayara aktarıldı ve 24 saatlik sürede cm^2 'de oluşan % ağırlık kaybı olarak Excel dosyasına aktarıldı.



Resim 26- Peletin Düzeneğe Yerleştirilmesi

2.3. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmanın sonuçları Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği İstatistik Bölümünde değerlendirildi. Veriler SPSS 15.0 programına aktarılarak gerekli analizler yapıldı.

İn situ

Mikrosertlik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmesi:

Materyaller arasındaki ve derinlikler arasındaki mikrosertlik farklılıklarını saptamak için Tekrarlayan ölçümler için ANOVA testleri kullanıldı. Materyal ile derinlik arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda (yani iki materyalin derinlikleri arasında fark bulunduğunda) iki materyal derinlik bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de

Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı. Aynı materyalin derinlikleri arasında fark var ise Bonferroni testi ile ikili karşılaştırma yapıldı. Aynı derinlik için iki materyal arasındaki farklılık Eşleştirilmiş *t* Testi ile değerlendirildi.

SEM-EDS analizlerinin istatistiksel değerlendirmesi:

Materyaller arasındaki ve derinlikler arasındaki elementer içerik farklılığını saptamak için Tekrarlayan ölçümler için ANOVA testleri kullanıldı. Materyal ile derinlik arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda iki materyal derinlik bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı. Aynı materyalin derinlikleri arasında fark var ise Bonferroni testi ile ikili karşılaştırma yapıldı. Aynı derinlik için iki materyalin elementer içeriğindeki farklılık Eşleştirilmiş *t* Testi ile değerlendirildi. İstatistiksel olarak anlamlılık $p \leq 0,05$ olarak kabul edildi.

in vitro

Mikrosertlik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmesi:

Gruplar arasındaki ve derinlikler arasındaki mikrosertlik farklılıklarını ve süreye göre mikrosertlik değişimlerini saptamak için Tekrarlayan ölçümler için ANOVA testleri kullanıldı.

Grup ile derinlik arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda (gruplar arası derinlikler arasında fark bulunduğunda) gruplar derinlik bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı.

Aynı grup içinde derinlikler arasında fark var ise Bonferroni testi ile ikili karşılaştırma yapıldı. Aynı derinlik için gruplar arasındaki farklılık Eşleştirilmiş *t* Testi ile değerlendirildi.

Grup ile süre arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda (gruplar arası süreye göre fark bulunduğunda) gruplar zaman bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı.

SEM-EDS analizlerinin istatistiksel değerlendirmesi:

Gruplar arasındaki ve derinlikler arasındaki elementer içerik farklılığını saptamak ve süreye göre mikrosertlik değişimlerini saptamak için Tekrarlayan ölçümler için ANOVA testleri kullanıldı. Grup ile derinlik arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda gruplar derinlik bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı. Aynı grubun derinlikleri arasında fark var ise Bonferroni testi ile ikili karşılaştırma yapıldı. Aynı derinlik için gruplar arası elementer içeriğindeki farklılık Eşleştirilmiş *t* Testi ile değerlendirildi.

Grup ile süre arasında etkileşim anlamlı bulunduğunda (gruplar arası süreye göre fark bulunduğunda) gruplar zaman bakımından ayrı ayrı değerlendirildi ve bu değerlendirmede de Tekrarlayan ölçümler için Anova testi kullanıldı.

İstatistiksel olarak anlamlılık $p \leq 0,05$ olarak kabul edildi.

Çözünürlük testi bulgularının değerlendirilmesi

Zaman bağımsız değişkenine bağımlı olarak her 3 bileşikte oluşan ağırlık kayıpları verilerinin üzerine uygulanan regresyon analizi sonucu Curve-Fitting işlemi uygulanarak elde edilen eğrisel grafikler Third Order Polynomial modeller ile eşleştirildi ve uyum içinde olduğu gözlemlendi. Ayrıca, regresyon analizi sonuçlarının ortalamasının karelerinin, bu analizdeki hata

sonuçlarının ortalamalarının karelerine oranında elde edilen aşırı yüksek değere bağlı olarak,

$$F = \frac{(\text{Regresyon analizi ort.})^2}{(\text{Hata sonuçlarının ort.})^2}$$

yapılan analizlerdeki hata oranının aşırı düşük olduğu sonucuna varıldı ve istatistiksel analizden ziyade matematiksel bir model üstünde sonuçların değerlendirilmesine yönelindi (35).

BÖLÜM III

BULGULAR

3.1. *İn situ* çalışmanın bulgularının değerlendirilmesi

3.1.1. Mikrosertlik bulguları

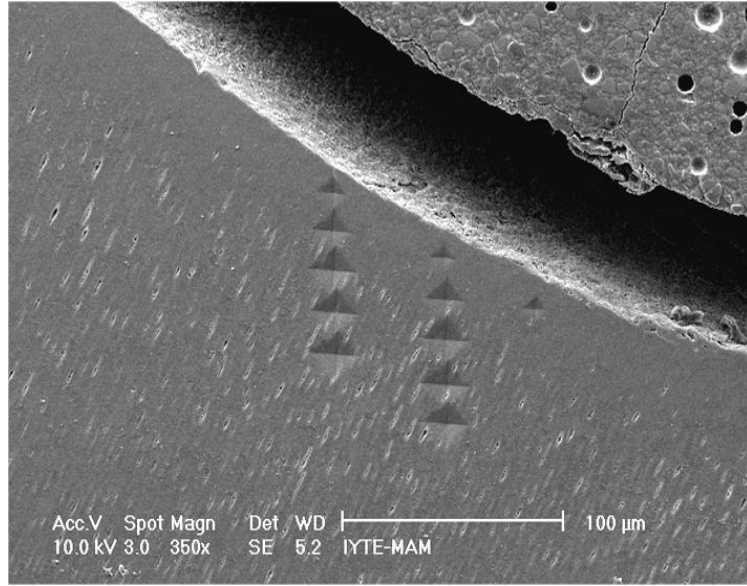
Aynı ağza uygulanmış, Fuji IX ve Surefil ile restore edilen toplam 12 kişinin 24 adet dişinde restorasyonlara komşu dentin yüzeylerinin 100 µm derinliğe kadar ki alanları mikrosertlik yönünden incelendiğinde elde edilen sonuçları Tablo 4'de istatistiksel değerler şeklinde verilmiştir.

Tablo 4- Fuji IX ve Surefil ile Restore Edilmiş Dentin Dokusunun Mikrosertlik Değerleri

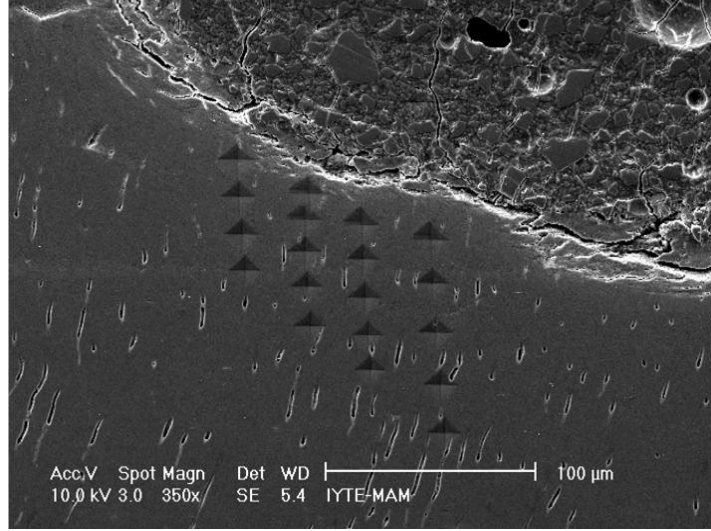
Restoratif materyal	1. derinlik 0µm-20µm VHN kgf/mm ² m±SD	2. derinlik 20µm-40µm VHN kgf/mm ² m±SD	3. derinlik 40µm-60µm VHN kgf/mm ² m±SD	4. derinlik 60µm-80µm VHN kgf/mm ² m±SD	5. derinlik 80µm-100µm VHN kgf/mm ² m±SD
Fuji IX n=12	93,43***±28,69	65,90***±9,98	54,42±4,46	54,10±6,19	55,08±6,01
Surefil n=12	53,53±5,57	56,45±8,15	54,16±4,08	53,94±4,49	53,78±4,63

* gruplar arası anlamlı farklılık p<0,05, **grup içi ilişkide anlamlı farklılık p<0,05

Fuji IX ile restore edilen dişlerden (Resim 27) elde edilen sonuçlar kendi içinde derinliklere göre incelendiğinde, restorasyona komşu 20 µm'lik ilk derinliğin mikrosertliği diğer derinliklere göre anlamlı derecede daha sert olarak bulundu ($p=0,013$). 20µm-40µm'lik bölgenin incelendiği ikinci derinliğin mikrosertliği ise 3., 4. ve 5. derinliklere göre anlamlı derecede daha sert olarak bulundu ($p=0,01$). Üçüncü, 4. ve 5. derinlikler arası mikrosertlik değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).



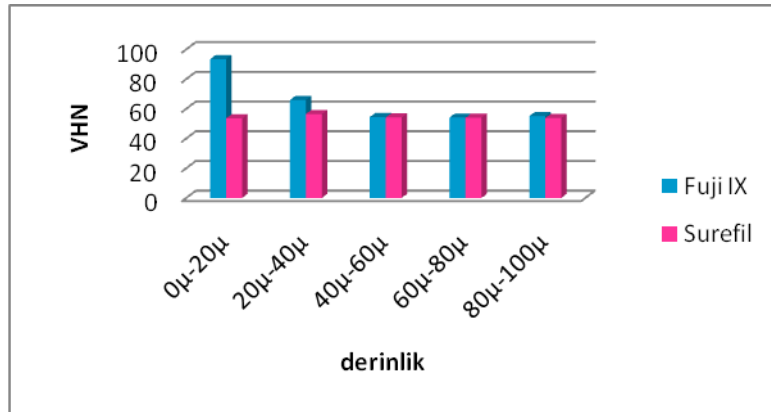
Resim 27- Fuji IX ile Restore Edilmiş Bir Diş



Resim 28- Surefil ile Restore Edilmiş Bir Diş

Surefil ile restore edilen dişlerden (Resim 28) elde edilen sonuçlar kendi içinde derinliklere göre incelendiğinde, elde edilen değerler arası fark anlamlı olarak bulunmadı ($p>0,05$).

Elde edilen sonuçlar Tablo 4 ve Grafik 2’de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre;



Grafik 2- Aynı derinlikte materyallerin mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması (Tablo 4’deki değerlerin grafik şeklinde gösterilmesi)

cam iyonomer simanla restore edilmiş kavitetlerde restorasyon altındaki dentinin ilk 40 µm’lik bölümünde oluşan remineralize bölgenin mikrosertlik

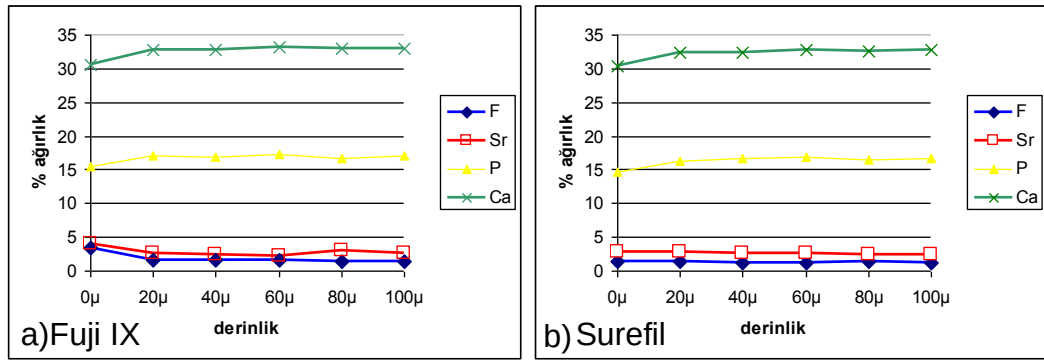
değerleri hem daha derin bölgelerdeki sahaların sertliğine göre hem de kompozit siman ile restore edilmiş kavitelerdeki tüm remineralize alanların mikrosertlik değerlerine göre oldukça anlamlı bir farklılık gösterdi ($p=0,001$, $p=0,011$).

3.1.2. SEM-EDS analizi bulguları

Restoratif materyallere komşu dentin yüzeyinde oluşan remineralize alanların SEM-EDS yöntemi ile elementer analizi yapıldığında elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve Grafik 3'de gösterilmektedir.

Bu sonuçlara göre cam iyonomer grubunun kendi içindeki bulgularının karşılaştırılmasında tüm elementler için restorasyona bitişik dentin yüzeyinin incelendiği 1. derinlik ile diğer derinlikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu. F^- ve Sr^{+2} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları 1. derinlikte diğer derinliklere göre daha fazla bulunurken ($p<0,05$). Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları 1. derinlikte diğer derinliklere göre daha az bulundu ($p<0,05$). 20 μm 'den başlayan ikinci derinlik sonrası tüm elementler için bütün alanların analizinden elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

Surefil ile restore edilmiş örnekler kendi içinde derinliklere göre incelendiğinde ise, F^- ve Sr^{+2} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları derinliklere göre farklılık göstermezken ($p>0,05$), Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları 1. derinlikte diğer derinliklere göre anlamlı olarak daha az bulundu ($p<0,05$). 20 μm ve altındaki diğer derinliklerdeki Ca^{+2} ve P^{+3} elementlerine ait bulgular arasında herhangi bir anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0,05$).



Grafik 3- Elementlerin derinliklere göre % ağırlık konsantrasyonları

Tablo 5- Derinliklere Göre Elementlerin Ortalama (% ağırlık) Konsantrasyonu

	Element	1. derinlik 0µm	2. derinlik 20µm	3. derinlik 40µm	4. derinlik 60µm	5. derinlik 80µm	6. derinlik 100µm
Fuji IX n=12	F ⁻	3,52±0,33 ^{*,**}	1,62±0,46	1,63±0,42	1,59 ±0,43	1,49±0,34	1,48±0,21
	Sr ⁺²	3,98±0,65 ^{*,**}	2,53±0,63	2,41±0,55	2,29 ±0,46	2,02±0,31	1,98±0,45
	P ⁺³	15,46±1,15 ^{**}	17,17±0,89	16,96±0,88	17,36±1,12	16,71±0,79	17,09±0,68
	Ca ⁺²	30,67±1,70 ^{**}	32,79±1,95	32,88±1,87	33,11±2,27	33,06±2,44	32,93±2,39
Surefil n=12	F ⁻	1,38±0,32	1,38±0,31	1,24±0,35	1,22±0,32	1,41±0,30	1,28±0,35
	Sr ⁺²	2,44±0,25	2,73±0,31	2,67±0,28	2,56±0,34	2,50±0,29	2,47±0,33
	P ⁺³	14,77±1,25 ^{**}	16,38±1,29	16,68±0,88	16,88±0,85	16,57±1,02	16,63±0,84
	Ca ⁺²	30,45±1,79 ^{**}	32,36±1,82	32,48±2,10	32,80±1,90	32,62±2,80	32,84±2,55

* gruplar arası anlamlı farklılık $p<0,05$, **grup içi anlamlı farklılık $p<0,05$

Materyaller arası elementlerin analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında ise, restorasyona bitişik dentin yüzeyinden elde edilen sonuçlarda F⁻ ve Sr⁺² iyonları Fuji IX'da istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla bulunurken (F⁻, $p=0,00$ ve Sr⁺², $p=0,014$), aynı iyonların diğer derinliklerinin sonuçlarının karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$). İki materyalin

Ca⁺² ve P⁺³ elementlerinin sonuçları tüm derinliklerde kendi aralarında karşılaştırıldığında ise hiçbir derinlikte anlamlı bir farklılık bulunamadı (p>0,05).

3.2. *İn vitro* çalışmanın bulgularının değerlendirilmesi

3.2.1. Mikrosertlik bulguları

Çalışmada incelenen, dört ayrı grubun süreye ve derinliklere göre mikrosertlik değerleri Tablo 6 ve Grafik 4, 5, 6'da görülmektedir.

Gruplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde, sağlam dentin grubu örneklerinin mikrosertlik değerlerinde süreye ve derinliklere göre fark saptanmadı. Çürükten etkilenmiş dentin grubu örneklerinde ise; derinlikler arası fark incelendiğinde; tüm gözlem sürelerinde 1. derinliğin mikrosertlik değeri diğer derinliklere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunurken (p<0,05), süreye göre fark bulunmadı (p>0,05). Surefil grubu örneklerinde de; derinlikler arası fark incelendiğinde; tüm gözlem sürelerinde 1. derinliğin mikrosertlik değeri diğer derinliklere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunurken (p<0,05), süreye göre fark bulunmadı (p>0,05). Şekil 44,45 ve 46'da her bir gruba ve süreye ait SEM örnekleri görülmektedir.

Fuji IX grubundaki örnekler, kendi içinde süreye ve derinliklere göre incelendiğinde, 1. hafta ve 1. ay gözlem periyodlarında 1. derinliğin mikrosertliği diğer derinliklere göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşük bulunurken (p<0,05), 6. ay gözlem süresindeki bulguların değerlendirilmesinde; derinlikler arası mikrosertlik değerleri arasında anlamlı

bir fark saptanmadı ($p>0,05$), birinci hafta ve birinci ay değerlerine göre ise anlamlı olarak yükseldiği görüldü ($p<0,05$).

Birinci hafta ve 1. ay gözlem sürelerinde, sağlam dentin, çürükten etkilenmiş dentin, Fuji IX ve Surefil gruplarının derinliklere göre mikrosertlik değerleri karşılaştırıldığında, sağlam dentin grubunun ilk derinliğinin 1. hafta ve 1. ay mikrosertlik değerleri diğer grupların aynı süredeki derinliklerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunurken ($p<0,05$), diğer derinliklerin mikrosertlik değerleri arası fark saptanmadı ($p>0,05$).

Altıncı ay gözlem periyodunda gruplar arası 1. derinlik bulguları karşılaştırıldığında, sağlam dentin grubu ve Fuji IX grubunun bahsedilen değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, aynı değerler çürükten etkilenmiş dentin ve Surefil gruplarının değerlerine göre anlamlı bir fark gösterdi ($p<0,05$). Surefil grubu ve çürükten etkilenmiş dentin gruplarının 1. derinlik 6. ay bulguları arasında da birbirleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

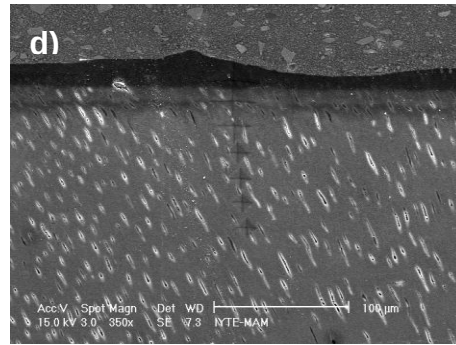
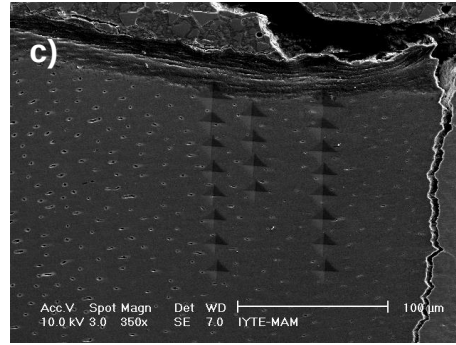
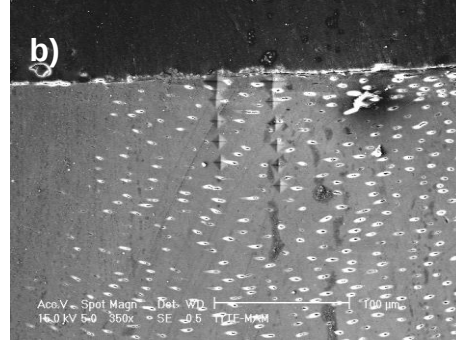
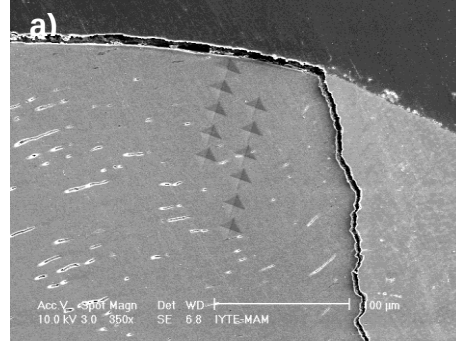
Tüm grupların 2, 3, 4 ve 5. derinliklerinin her 3 süreye ait bulguları arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 6- Süreye ve derinliklere göre mikrosertlik değerleri

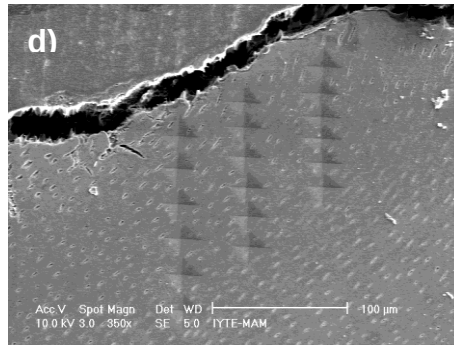
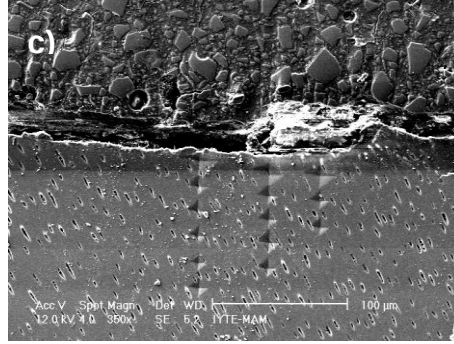
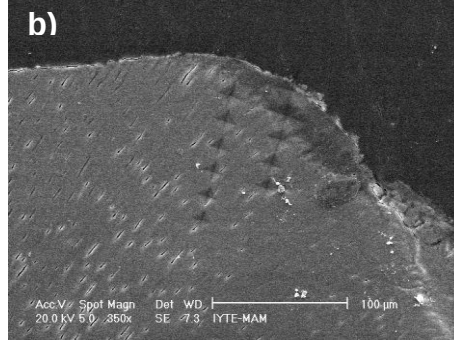
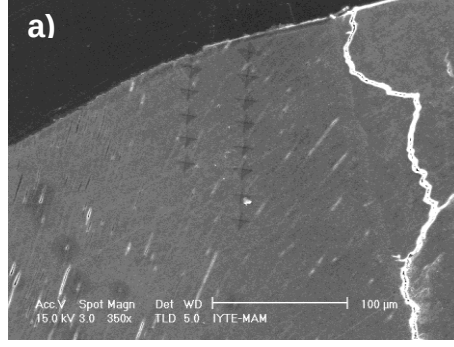
Grup	Süre	1. derinlik 0µm-20µm VHN kgf/mm ²	2. derinlik 20µm- 40µm VHN kgf/mm ²	3. derinlik 40µm- 60µm VHN kgf/mm ²	4. derinlik 60µm- 80µm VHN kgf/mm ²	5. derinlik 80µm- 100µm VHN kgf/mm ²
Sağlam dentin n=21	1 hafta n=7	59,64±1,55*	59,05±3,60	58,07±2,54	59,88±3,73	59,48±3,42
	1 ay n=7	60,61±5,19*	60,70±5,69	60,34±3,63	60,63±5,38	59,47±5,02
	6 ay n=7	60,40±4,60*	60,74±5,03	60,78±2,99	60,71±4,64	60,86±3,26
Çürükten etkilenmiş dentin n=21	1 hafta n=7	48,46±1,98**	57,02±2,38	57,58±3,15	58,42±3,54	58,72±3,37
	1 ay n=7	49,14±2,80**	59,97±5,40	58,42±1,45	59,35±3,55	59,78±3,99
	6 ay n=7	49,81±2,20**	58,68±1,95	60,12±4,45	60,23±2,48	57,87±3,13
Fuji IX n=21	1 hafta n=7	49,53±2,91**	59,15±3,66	59,46±4,68	58,79±4,22	59,28±3,41
	1 ay n=7	50,97±3,31**	57,36±2,02	58,37±2,91	58,93±2,30	59,64±3,47
	6 ay n=7	62,99±6,29*,***	59,43±4,87	59,42±3,91	60,30±4,69	59,80±4,35
Surefil n=21	1 hafta n=7	49,78±3,14**	58,72±2,75	59,88±4,31	57,55±1,62	59,14±4,14
	1 ay n=7	49,40±4,96**	59,01±1,85	59,81±1,70	61,56±5,07	59,30±2,41
	6 ay n=7	51,66±4,00**	58,60±3,08	60,26±3,25	60,37±4,48	60,36±4,54

* gruplar arası anlamlı farklılık $p<0,05$, **grup içi anlamlı farklılık $p<0,05$, *** süreye

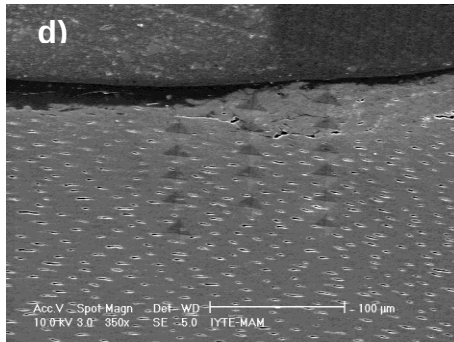
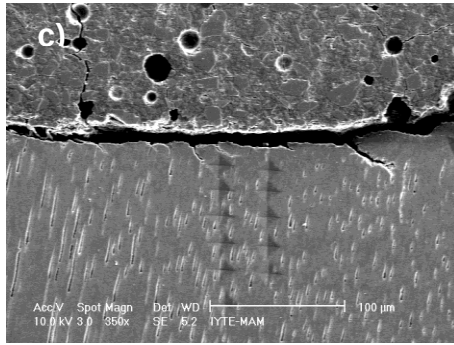
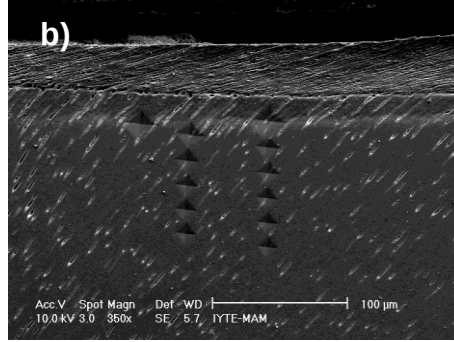
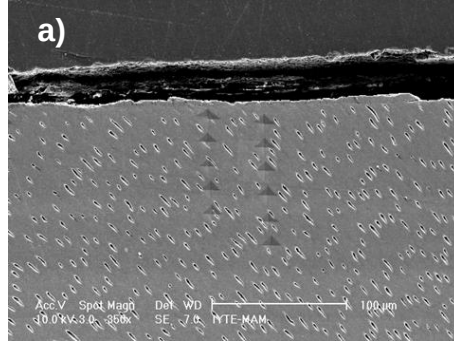
göre anlamlı farklılık $p<0,05$



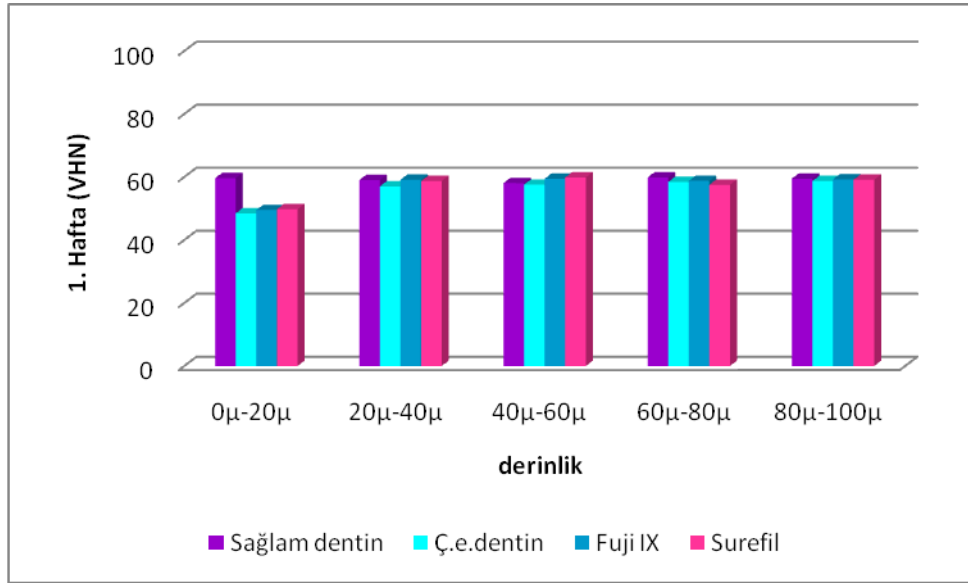
Resim 29- 1. haftadaki mikrosertlik ölçümleri a) Sağlam dentin b) Çürükten etkilenmiş dentin c) Fuji IX d) Surefil



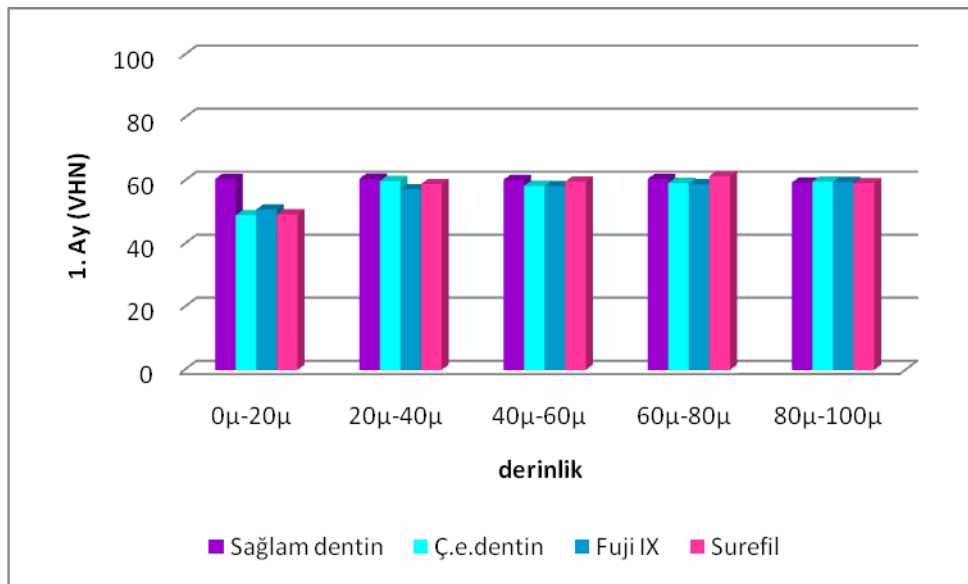
Resim 30- 1. aydaki mikrosertlik ölçümleri a) Sağlam dentin b) Çürükten etkilenmiş dentin c) Fuji IX d) Surefil



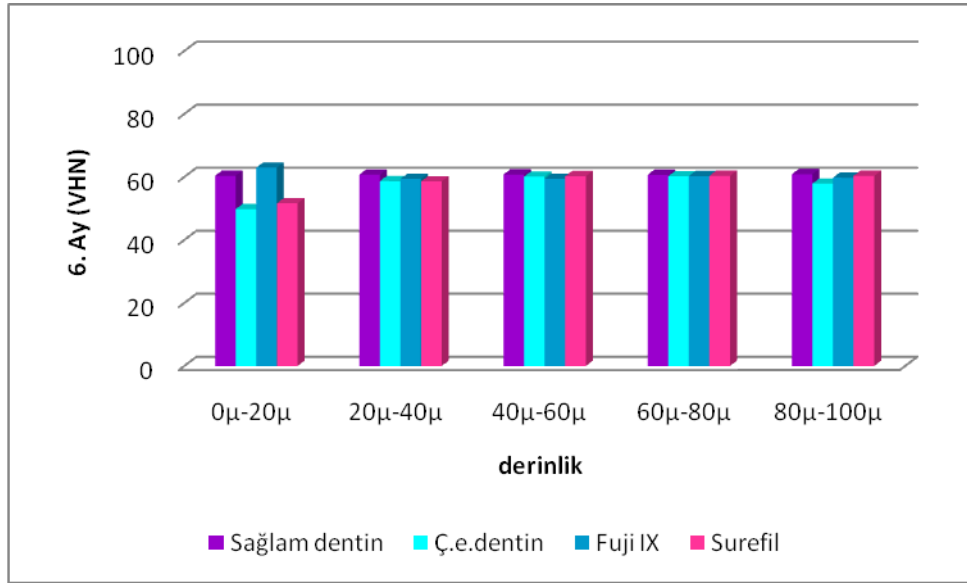
Resim 31- 6. aydaki mikrosertlik ölçümleri a) Sağlam dentin b) Çürükten etkilenmiş dentin c) Fuji IX d) Surefil



Grafik 4- Derinliklere göre 1. haftadaki mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5- Derinliklere göre 1. aydaki mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 6- Derinliklere göre 6. aydaki mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması

3.2.2. SEM-EDS analizi bulguları

Flor (F^-) ve Stronsiyum (Sr^{+2}) konsantrasyonu:

Çalışmada incelen örneklerin süreye ve derinliklere göre ortalama (% ağırlık) F^- ve Sr^{+2} konsantrasyonları Tablo 7 ve 8'de görülmektedir. Tüm gruplar kendi içinde ortalama (%ağırlık) F^- ve Sr^{+2} konsantrasyonları açısından değerlendirildiğinde;

Fuji IX grubundaki örneklerde, 1. ay gözlem süresinde F^- iyonunun konsantrasyonunda bir artma gözlenmesine karşın bu artışın istatistiksel olarak anlam taşımadığı tesbit edildi. Sr^{+2} iyonunun da konsantrasyonlarında derinliklere göre farklılık saptanmazken, 6. ay gözlem süresinde restorasyona komşu dentin yüzeyinin incelendiğini 1. derinliğin ortalama (% ağırlık) F^- ve Sr^{+2} miktarları tüm sürelerin diğer derinlikleri ve 1. hafta ve 1. ay gözlem sürelerinde incelenen ilk derinliğin F^- ve Sr^{+2} miktarlarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($p<0,05$). Sağlam

dentin, çürükten etkilenmiş dentin ve Surefil gruplarındaki örneklerde ise F^- ve Sr^{+2} miktarları açısından derinliklere ve süreye göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

Gruplar arası karşılaştırmada ise; Fuji IX grubunda 6. ay gözlem süresinde incelenen ilk derinliğin F^- ve Sr^{+2} konsantrasyonları, sağlam dentin ve çürükten etkilenmiş dentin grupları ile Surefil grubunun 6. ay gözlem süresinde incelenen ilk derinliklerindeki F^- ve Sr^{+2} konsantrasyonlarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunurken ($p<0,05$), tüm gözlem sürelerinde gruplar arası karşılaştırmada ve diğer derinlikler arasında F^- ve Sr^{+2} miktarları açısından bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 7- Süreye ve derinliklere göre ortalama (% ağırlık) F⁻ konsantrasyonları

Grup	Süre	1. derinlik 0µm	2. derinlik 20µm	3. derinlik 40µm	4. derinlik 60µm	5. derinlik 80µm	6. derinlik 100µm
Sağlam dentin	1 hafta n=7	1,48±0,45	1,59±0,48	1,69±0,55	1,47±0,21	1,52±0,37	1,64±0,42
	1 ay n=7	1,55±0,94	1,46±0,68	1,45±0,76	1,57±0,84	1,48±0,76	1,45±0,83
	6 ay n=7	1,63±0,34	1,58±0,46	1,54±0,45	1,51±0,51	1,57±0,38	1,65±0,46
Çürükten etkilenmiş dentin	1 hafta n=7	1,54±0,67	1,45±0,65	1,51±0,67	1,46±0,58	1,34±0,48	1,32±0,28
	1 ay n=7	1,55±0,79	1,44±0,30	1,40±0,63	1,51±0,46	1,63±0,66	1,43±0,48
	6 ay n=7	1,59±0,60	1,53±0,53	1,65±0,52	1,54±0,15	1,64±0,30	1,68±0,31
Fuji IX	1 hafta n=7	1,67± 1,09	1,57±0,70	1,50± 0,88	1,53±0,57	1,79±0,38	1,53±0,69
	1 ay n=7	2,29±0,90	1,62±0,55	1,65±0,96	1,49±0,61	1,78±0,79	1,55±0,65
	6 ay n=7	3,38±0,41 ^{*,**}	1,66±0,61	1,86±0,46	1,53±0,52	1,66±0,50	1,64±0,23
Surefil	1 hafta n=7	1,60± 0,62	1,63±1,09	1,65±0,62	1,75±0,40	1,75±0,67	1,67±0,60
	1 ay n=7	1,62±0,68	1, 54±0,44	1,69± 0,76	1,62±0,82	1,71±0,58	1,67±0,68
	6 ay n=7	1,97±0,67	1,77± 0,49	1,60± 0,35	1,45±0,16	1,65±0,44	1,64±0,40

* gruplar arası anlamlı farklılık p<0,05 **grup içi anlamlı farklılık p<0,05

Tablo 8- Süreye ve derinliklere göre ortalama (% ağırlık) Sr⁺² konsantrasyonları

Grup	Süre	1. derinlik 0µm	2. derinlik 20µm	3. derinlik 40µm	4. derinlik 60µm	5. derinlik 80µm	6. derinlik 100µm
Sağlam dentin	1 hafta n=7	2,27±0,45	2,41±0,40	2,08±0,70	2,26±0,43	2,20±0,31	2,27±1,63
	1 ay n=7	2,21±0,73	2,33±0,72	2,07±0,40	2,25±0,70	2,20±0,68	2,27±1,17
	6 ay n=7	2,28±0,63	2,28±0,52	2,10±0,62	2,13±0,53	2,16±0,60	2,34±0,52
Çürükten etkilenmiş dentin	1 hafta n=7	2,03±0,49	2,00±0,32	2,11±0,36	2,04±0,45	1,94±0,45	2,11±0,60
	1 ay n=7	2,04±0,60	2,03±0,82	2,09±1,04	2,04±0,25	2,01±0,75	2,06±0,38
	6 ay n=7	2,28±0,62	2,04±0,37	2,16±0,64	2,06±0,56	2,13±0,36	2,13±0,15
Fuji IX	1 hafta n=7	2,01±0,18	2,18±0,72	2,17±0,82	2,07±0,67	2,05±0,30	2,03±0,30
	1 ay n=7	2,27±0,98	2,14±0,51	2,13±0,69	2,09±0,58	2,04±0,50	2,05±0,81
	6 ay n=7	3,65±0,48 ^{**}	2,07±0,53	2,04±0,75	2,31±0,47	2,02±0,62	2,18±0,57
Surefil	1 hafta n=7	2,08±0,63	2,17±0,45	2,08±0,54	2,08±0,37	2,10±0,31	2,18±0,99
	1 ay n=7	2,14±0,86	2,17±0,54	2,10±0,56	2,11±0,98	2,07±0,43	2,23±1,05
	6 ay n=7	2,17±0,55	2,22±0,53	2,08±0,46	2,22±0,61	2,16±0,49	2,29±0,50

* gruplar arası anlamlı farklılık p<0,05, **grup içi anlamlı farklılık p<0,05

Fosfor (P^{+3}) ve Kalsiyum (Ca^{+2}) konsantrasyonları:

Çalışmada incelen örneklerin süreye ve derinliklere göre ortalama (%ağırlık) P^{+3} ve Ca^{+2} konsantrasyonları Tablo 9 ve 10'da görülmektedir. Tüm gruplar kendi içinde ortalama (% Ağırlık) P^{+3} ve Ca^{+2} konsantrasyonu açısından değerlendirildiğinde; sağlam dentin grubu örnekleri kendi içerisinde incelendiğinde derinliklere göre ve süreye göre fark bulunmadı. Çürükten etkilenmiş dentin grubu, Fuji IX ve Surefil grubu örnekleri kendi içerisinde incelendiğinde, üç grupta da tüm gözlem sürelerinde 1. derinlikteki P^{+3} ve Ca^{+2} miktarları diğer derinliklere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunurken ($p<0,05$), diğer derinlikler arası karşılaştırmada fark bulunmadı ($p>0,05$).

Birinci derinliğin Ca^{+2} ve P^{+3} miktarları gruplar arasında karşılaştırıldığında ise, sağlam dentin grubunda tüm gözlem periyodlarında diğer gruplara göre daha fazla olarak bulunurken ($p<0,05$), diğer üç grup arasında 1. derinlikteki Ca^{+2} ve P^{+3} miktarları arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ($p>0,05$). Diğer derinlikler karşılaştırıldığında ise, tüm gözlem periyodlarında, 4 grupta da Ca^{+2} ve P^{+3} değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 9- Süreye ve derinliklere göre ortalama (% ağırlık) P⁺³ konsantrasyonları

Grup	Süre	1. derinlik 0µm	2. derinlik 20µm	3. derinlik 40µm	4. derinlik 60µm	5. derinlik 80µm	6. derinlik 100µm
Sağlam dentin	1 hafta n=7	18,38±2,55 [*]	17,87±3,16	17,93±2,70	18,18±2,94	18,14±2,08	17,93±2,57
	1 ay n=7	18,29±3,28 [*]	18,25±3,56	18,12±2,52	18,28±2,37	18,10±2,24	17,81±2,24
	6 ay n=7	18,79±1,87 [*]	18,31±1,55	18,34±1,34	18,27±1,41	17,83±1,67	17,44±1,99
Çürükten etkilenmiş dentin	1 hafta n=7	15,13±1,04 ^{**}	18,34±2,15	18,26±2,03	17,84±2,42	17,86±3,33	17,61±2,27
	1 ay n=7	15,67±1,59 ^{**}	18,27±3,12	18,00±3,39	17,70±3,07	18,02±2,86	17,74±3,01
	6 ay n=7	15,98±1,96 ^{**}	18,01±2,62	18,16±1,88	18,01±1,94	18,00±1,89	17,95±1,82
Fuji IX	1 hafta n=7	15,54±1,77 ^{**}	18,12±3,02	18,74±3,26	18,11±2,68	17,61±4,89	18,31±4,59
	1 ay n=7	15,80±1,98 ^{**}	18,01±4,08	18,59±2,35	17,78±2,80	17,67±2,69	18,10±3,02
	6 ay n=7	15,94±1,50 ^{**}	18,03±3,24	18,36±1,89	17,57±1,84	17,58±1,53	17,85±1,67
Surefil	1 hafta n=7	15,48±1,41 ^{**}	18,24±1,88	18,28±2,66	17,63±3,01	17,77±1,57	17,64±1,52
	1 ay n=7	15,64±2,55 ^{**}	18,53±3,03	17,94±4,26	17,67±3,69	17,60±2,59	17,53±4,20
	6 ay n=7	15,98±1,98 ^{**}	17,96±1,90	17,72±2,75	18,13±2,20	17,96±2,11	17,83±1,76

* gruplar arası anlamlı farklılık p<0,05, **grup içi anlamlı farklılık p<0,05

Tablo 10- Süreye ve derinliklere göre ortalama (% ağırlık) Ca^{+2} konsantrasyonları

Grup	Süre	1. derinlik 0µm	2. derinlik 20µm	3. derinlik 40µm	4. derinlik 60µm	5. derinlik 80µm	6. derinlik 100µm
Sağlam dentin	1 hafta n=7	31,71±3,11*	31,47±1,87	30,53±3,29	32,64±2,73	32,18±2,66	31,07±2,05
	1 ay n=7	31,99±1,10*	31,49±1,08	30,81±9,86	32,27±1,09	31,33±1,09	32,15±1,10
	6 ay n=7	32,58±7,30*	32,88±6,82	32,30±6,78	32,97±6,99	32,05±7,20	32,64±7,00
Çürükten etkilenmiş dentin	1 hafta n=7	25,33±2,44**	31,27±3,67	32,73±2,63	32,11±4,51	33,47±6,62	31,91±1,39
	1 ay n=7	24,95±7,43**	32,01±8,68	32,36±1,63	32,92±1,66	32,94±1,06	31,95±9,89
	6 ay n=7	25,44±6,73**	30,63±7,26	33,18±6,86	33,20±6,26	32,47±7,74	32,48±6,95
Fuji IX	1 hafta n=7	25,06±1,83**	31,61±2,33	32,28±3,42	31,75±4,56	32,99±7,85	31,37±4,84
	1 ay n=7	25,97±5,80**	32,00±8,73	31,97±8,58	31,16±8,64	32,18±9,28	32,56±8,12
	6 ay n=7	26,23±3,50**	32,71±7,07	32,01±6,43	32,54±6,98	32,59±6,99	32,55±5,41
Surefil	1 hafta n=7	25,51±2,14**	32,00±3,45	33,87±2,85	33,08±2,73	31,67±2,53	30,38±2,45
	1 ay n=7	25,50±5,59**	32,47±8,14	33,32±8,54	33,47±6,92	31,54±9,29	31,78±1,05
	6 ay n=7	26,10±5,37**	32,12±6,44	33,72±7,21	33,00±6,07	32,46±5,92	32,60±7,07

* gruplar arası anlamlı farklılık $p<0,05$, **grup içi anlamlı farklılık $p<0,05$

3.3. XRD analizlerinin değerlendirilmesi

Çalışmamızda EDS analizi yöntemi ile cam iyonomer simandan dentine flor ve stronsiyum iyonlarının geçişi olduğu saptandı ve dentin dokusuna geçen iyonların dentin dokusunda oluşturdıkları kristal yapıyı belirleyebilmek amacıyla XRD analizi yapıldı.

Örneklerin tüm süreler için XRD analiz bulguları incelendiğinde;

1. Hafta bulgularının değerlendirilmesi

Grafik 7’de gösterilen 1 haftalık sonuçlarından anlaşılaçağı üzere sağlam dentin grubu örneklerinde baskın faz olarak ICDD JCPDS (Interface Control/Design Document Joint Committee on Powder Diffraction Standards) numarası #72–1243, #70–0796 ve #70–0797 ile belirtilen yapılar gözlemlendi.

#72–1243 no’lu faz $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bileşliğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **hidroksiapatit**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfathidroksit** olarak ifade edilmektedir (115).

#70–0796 no’lu faz $\text{Ca}_{9,79}(\text{PO}_4)_{5,99}\text{Cl}_{0,46}\text{F}_{1,54}(\text{OH})_{0,7}$ bileşliğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **florapatit**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfatklorürflorürhidroksit** olarak ifade edilmektedir (132).

#70–0797 no’lu faz $\text{Ca}_{9,8202}(\text{PO}_4)_{6,03}\text{Cl}_{0,41}(\text{OH})_{0,33}\text{F}_{1,5}$ bileşliğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **florapatit**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfatklorürflorürhidroksit** olarak ifade edilmektedir (133).

XRD desenleri uluslararası veritabanında #72–1243, #70–0796 ve #70–0797 ile belirtilen bu fazlarda yer alan Cl ve F⁻ iyonlarının varlığı sağlam dentin yapıları için literatürde de gösterilmiştir (157).

Çürükten etkilenmiş dentin, Fuji IX ve Surefil gruplarında ise; dominant faz olarak sağlam dentin grubu ile aynı yapılara ilaveten, XRD desenlerinde kalsiyum ve fosfat bakımından daha düşük içerikli diğer kalsiyum fosfat fazları olan uluslararası veri tabanı numarası, #82–1943, #86–1201, #83–1887, #83–1883 ile belirtilen fazlar gözlemlendi.

#82-1943 no'lu faz **Ca_{8,86}(PO₄)₆(H₂O)₂** bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **hidroksiapatit**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfathidrat** olarak ifade edilmektedir (75). Çürükten etkilenmiş dentin grubu örneklerinde hidroksiapatit yapısında kararlı halden uzaklaşan bir yapı olan kalsiyum eksikliği bulunan bir hidroksiapatit yapısı gözlemlendi.

#86-1201 no'lu faz **Ca_{8,8}(PO₄)₆(OH)_{1,92}** bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **hidroksiapatit**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfathidroksit** olarak ifade edilmektedir (74). Bu bileşikte de kararlı halden uzaklaşan bir yapı olan kalsiyum eksikliği bulunan bir hidroksiapatit yapısı gözlemlendi.

#83-1887 no'lu faz **Ca_{8,8}P_{4,392}O_{36,992}H_{34,424}** bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **kalsiyum fosfat**, kimyasal adı ise **kalsiyumfosfathidroksit** olarak ifade edilmektedir (159). Bu bileşikte de hidroksiapatit yapısından kalsiyum ve fosfor iyonlarının uzaklaştığı gözlemlendi.

#83-1883 no'lu faz **Ca_{4,548}P_{1,956}O_{17,12}H_{15,634}** bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **kalsiyum fosfat**, kimyasal adı ise

kalsiyumfosfathidroksit olarak ifade edilmektedir (159). Bu bileşikte de hidroksiapatit yapısından kalsiyum ve fosfor iyonlarının uzaklaştığı gözlemlendi.

Grafik 7’de görüldüğü gibi bu durum örneklerin çürümeye bağlı olarak asidik ortamda çözülmeleriyle ve kalsiyum fosfat oranları farklı yeni yapıların oluşmasıyla açıklanabilir. Restorasyonu yapılan örneklerin çürükten etkilenmiş örneklerden çok farklı XRD desenleri göstermemelerinin sebebi bir haftalık süre içerisinde restoratif materyellerden dentine XRD analizi ile gösterilebilecek düzeyde anlamlı iyon geçişinin olmaması ile açıklanabilir. Bir başka deyişle, bu durum 1 haftalık sürenin remineralize yapının oluşması için yeterli bir süre olmadığı anlamına da gelebilir.

1. Ay bulgularının değerlendirilmesi

Bir aylık süre sonunda yapılan XRD analizleri sağlam dentin grubu için baskın olan fazların 1 haftalık örneklerdeki gibi kararlı hidroksiapatit yapısı olduğunu gösterdi ve XRD desenleri uluslararası veritabanında verilen #72–1243, #70–0796, #70–0797 no’lu hidroksiapatit desenleriyle eşleşti.

Çürükten etkilenmiş dentin grubundaki yapının desenleri incelendiğinde ise 1. hafta analizlerindeki gibi desenin kararlı hidroksiapatit deseninden saparak veri tabanlarında belirtilen düşük kalsiyum içerikli #82–1943 ve #86–1201 gibi apatitik fazlarla benzeştiği hatta apatitik yapının bozulup #83–1887 ve #83–1883 numaralarıyla tanımlanan kalsiyum fosfat yapılarına dönüştüğü söylenebilir. Fuji IX ve Surefil ile restorasyonu yapılmış çürükten etkilenmiş dentin grubunun sonuçları, 1 haftalık örneklerle benzer şekilde, kararsız hale geçmiş apatitik yapının henüz remineralize olmadığı ve

durumunu koruduğu yönünde elde edildi. Bu grubun XRD desenleri de Grafik 8'de görülmektedir.

6. Ay bulgularının değerlendirilmesi

Altıncı ay bulguları değerlendirildiğinde, (Grafik 9) sağlam dentin, gruplarında 1. hafta ve 1. ay ile benzer XRD desenleri elde edildi. Çürükten etkilenmiş dentin grubunun XRD desenleri incelendiğinde ise, bu grubun faz yapılarının diğer gözlem süreleri ile benzer olduğu gözlenmiş, fakat desenleri oluşturan piklerin daha yüksek ve keskin olduğu görülmüştür. Bu durum çürükten etkilenen dentin yapısının yapay tükrük sıvısı içinde 6 aylık sürede çözünme-yeniden kristallenme reaksiyonları için yeterli zamanı bulmaya başlaması ve dengedeki fazın bu reaksiyonlar sonucu kristallerinin büyümesiyle açıklanabilir. Elde edilen EDS analizleri de bu bulguları destekler niteliktedir.

Fuji IX grubunda sağlam dentin ve çürükten etkilenmiş dentin grubu ile benzer fazların yanında, 1. hafta ve 1. ay XRD desenlerinden farklı olarak uluslararası veri tabanı numarası #34–0479, #78–1715 ile belirtilen yapılara rastlandı.

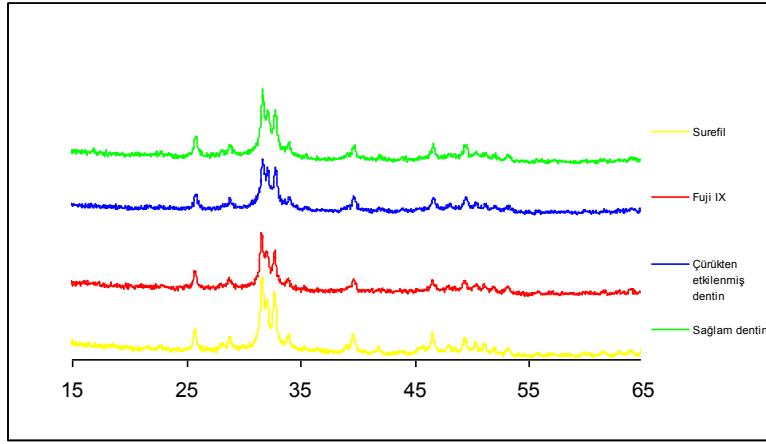
#34-0479 no'lu faz $\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin kimyasal adı ise **kalsiyumstronsiyumfosfathidroksit** olarak ifade edilmektedir (145). Bu bileşikte hidroksiapatit yapısından uzaklaşan kalsiyum iyonları yerine stronsiyum iyonlarının yerleştiği gözlemlendi.

#78-1715 no'lu faz $\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ bileşiğini ifade etmektedir. Gözlenen bu bileşiğin mineral adı **apatit**, kimyasal adı ise **stronsiyumkalsiyumfosfatflorür** olarak ifade edilmektedir (117). Bu

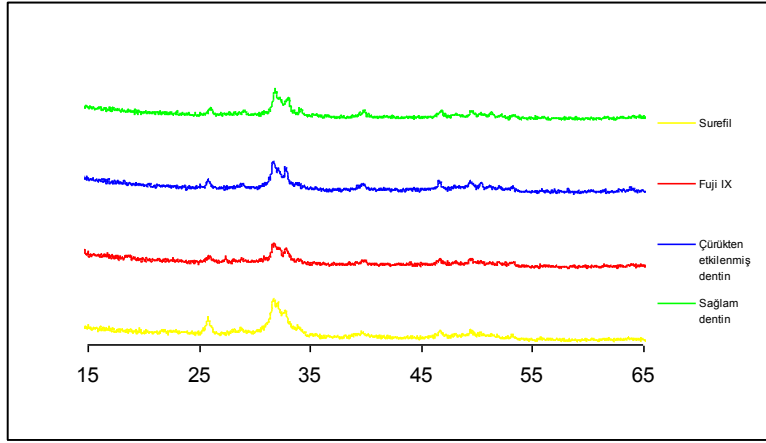
bileşikte ise hidroksiapatit yapısından uzaklaşan kalsiyum iyonları yerine stronsiyum iyonlarının, hidroksil iyonlarının yerine ise flor iyonlarının yerleştiği gözlemlendi.

Bu bileşiklerin oluşumu sırasında, $27,3 \text{ } 2\sin\theta$ açısında belirgin bir pik oluşmuş ve bu pikin #34–0479 no'lu ve #78–1715 no'lu fazlarla örtüştüğü gözlemlendi. Bu durum restorasyon materyali içeriğinde bulunan Sr^{+2} ve F^- elementlerinin 6 aylık süre içinde yapay tükürük sıvısı içerisinde çözünmeleri ve remineralize yapı içerisinde apatitik fazlar şeklinde çökelmeleriyle açıklanabilir.

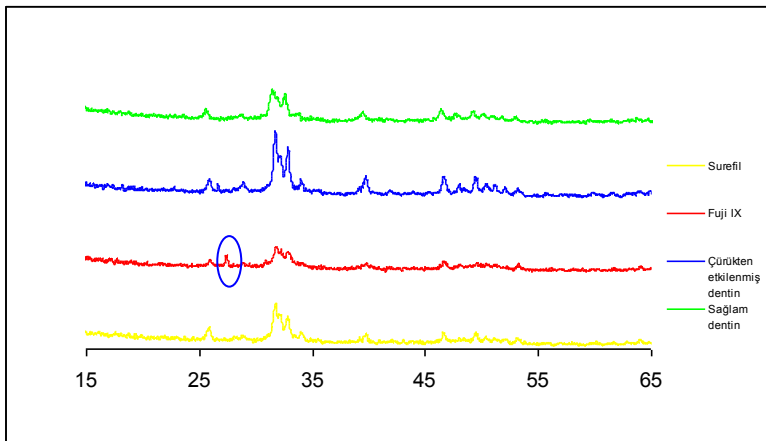
Surefil ile restorasyonu yapılan çürükten etkilenmiş dentin yapısının Fuji IX grubunun tersine 6 aylık süre içerisinde XRD desenlerinde 1. hafta ve 1. ay desenlerine göre farklılık gözlenmedi. Bu bulgu EDS ile yapılan elementer analizlerle de desteklendi.



Grafik 7- Örneklerin 1. haftadaki XRD analizleri



Grafik 8- Örneklerin 1. aydaki XRD analizleri



Grafik 9- Örneklerin 6. aydaki XRD analizleri (işaretli bölge 78-1715 ve 34-0479 no'lu fazlar ile örtüşmektedir)

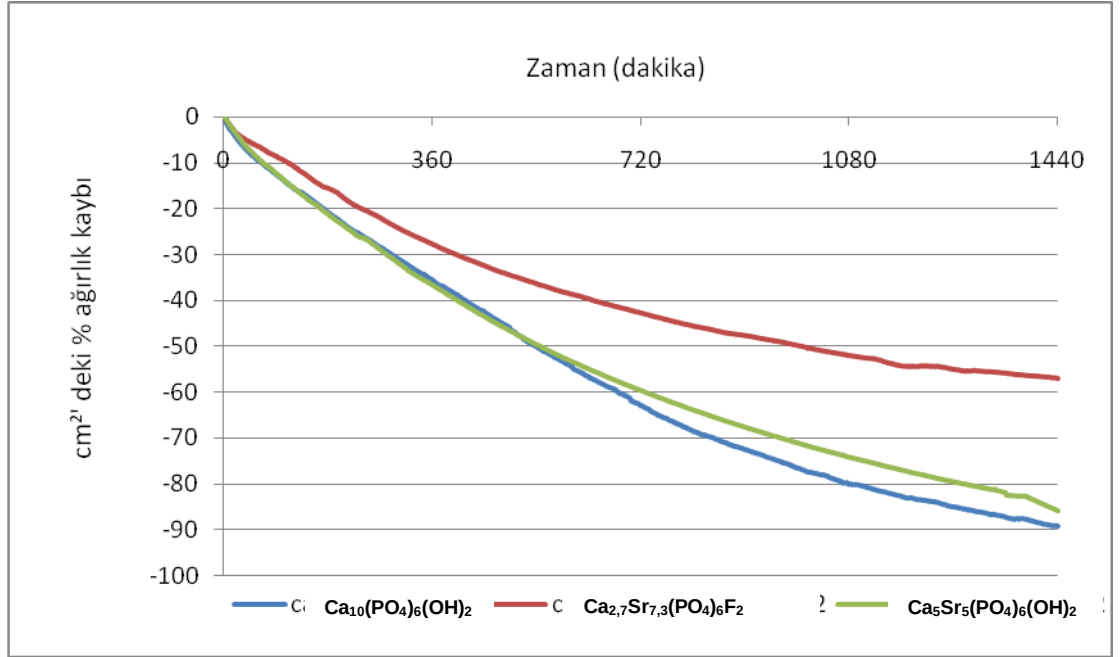
3.4 Çözünürlük testinin değerlendirilmesi

XRD analizi sonucunda 6. ayda cam iyonomer siman grubunda saptanıp diğer gruplarda saptanmayan $\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ ve $\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ formülasyonlu iki ayrı bileşiğin aside karşı dayanıklılığının 24 saatlik incelenmesi sonucunda 1440 dakikalık bulguları ayrı ayrı değerlendirildi. Sonuçlar sağlıklı dentinin içeriğindeki $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ formülasyonlu hidroksiapatitin aside karşı çözünürlüğüne ait bulguları ile karşılaştırıldı.

Elde edilen sonuçlarda görülen düzenli dağılıma bağlı olarak Tablo 4’de görüldüğü gibi 1440 dakikalık bulgulardan 15 dakika, 30 dakika, 1 saat, 6 saat, 12 saat, 18 saat ve 24 saatlik sonuçlar verilmiştir. Grafik 10’da ise tüm veriler gözlenebilmektedir. Tablo 11 ve Grafik 10’dan anlaşılaacağı gibi $\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ bileşiğinin aside karşı çözünürlük direncinin diğer iki bileşiğe göre oldukça yüksek olduğu görüldü. $\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bileşiğinin aside karşı çözünürlük direnci $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bileşiğinin direncine göre daha yüksek olmakla beraber, $\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$ bileşiğinin sonuçlarına göre daha düşük bulundu.

Tablo 11- Bileşiklerin 15.,30 dk ve 1.,6.,12., ve 24. saatte yüzey alanına göre oluşan % ağırlık kayıpları

Bileşik	15 dk	30 dk	1 saat	6 saat	12 saat	18 saat	24 saat
$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	-3,28752	-5,8236	-9,58076	-35,5052	-62,9757	-79,9747	-89,1797
$\text{Ca}_{2,7}\text{Sr}_{7,3}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	-2,4811	-4,30543	-6,49464	-27,8029	-42,8354	-52,103	-57,1382
$\text{Ca}_5\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	-2,52603	-4,98189	-8,98143	-36,6274	-59,7125	-74,3073	-85,9733



Grafik 10- Bileşiklerin 24 saatlik çözünürlük eğrileri

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

Konservatif tedavilerde uygulanan restorasyonların uzun dönem başarı veya başarısızlıklarındaki en önemli parametrelerin başında restorasyonların altında kalmış olan çürükten etkilenmiş bölgedeki değişiklikler gelmektedir (148). Yapılan restorasyonların başarısı ve uzun süre herhangi bir pulpal patolojiye yol açmadan kalabilmesi en başta restorasyonun altında gerek mikroorganizmaların gerekse mikrosızıntı yoluyla oluşabilecek diğer olumsuzluklara yüksek düzeyde dayanıklı remineralize tabakanın oluşmasına bağlıdır (148). Remineralize tabakanın oluşumunun önemine yönelik yapılan çalışmalara bir göz atacak olursak; ten Cate ve van Duinen, cam iyonomer simana komşu dentin lezyonlarının, remineralize ve hatta hipermineralize olabildiğini, amalgam ve kompozit restorasyon uygulanmış örneklerde ise ağırlıklı olarak demineralizasyon meydana geldiğini tespit etmişlerdir (140). Itota ve arkadaşlarının flor salan kaide materyallerinin, rezidüel demineralize dentin üzerine etkilerini araştırdıkları bir diğer çalışmada flor içerikli kaide materyallerinin demineralize dentini remineralize etme potansiyeli bulunduğunu bildirmişlerdir (72).

Yapılan restorasyonların altında bir miktar da olsa çürükten etkilenmiş dentinin bırakılabileceği kabul edilmelidir. Çürükten etkilenmiş dentin, çürüğün en iç tabakasındaki dentindir ve remineralize olma potansiyeli

bulunmaktadır (54). Fusayama, remineralizasyon olayını, dentinal matrisin durumuna göre, çapraz bağlı kollajen fibriller arasında meydana gelen kristalizasyon ile oluştuğunu belirtmiştir (54). Çürükten etkilenmiş dentin dokusunun korunması fikri, çürük uzaklaştırma tekniklerinin de gelişmesini sağlamış ve böylelikle sağlıklı ve remineralize olabilecek dokuların korunması fikri ön plana çıkmıştır (60,153). Bu bölgede oluşabilecek olumlu veya olumsuz değişiklikler gerek kavitasyon ve gerekse kullanılan restoratif materyal ile çok yakın ilişkidir (148). Konu ile ilgili yapılan erken dönem çalışmalarda daha çok kalsiyum hidroksit ve çinko oksit öjenol esaslı restoratif materyaller ile remineralizasyon arası ilişkiler incelenmişken, son zamanlarda daha çok cam iyonomer simanlar ve özellikle stronsiyum içerikli cam iyonomer simanlar ile ilgili çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (40,88).

Bu düşünceden yola çıkarak biz de ART yöntemi ile kavitesi açılmış süt dişi çürüklerinde kavite tabanında kalmış olan çürükten etkilenmiş bölgenin, kullandığımız iki farklı restoratif materyale karşı göstermiş olduğu iyon değişikliklerini hem *in situ* hem de *in vitro* olarak tüm boyutları ile ortaya koymaya çalıştık.

Çalışmamızın *in situ* bölümünde seçtiğimiz yöntem ART yöntemidir. Bu yöntem ile hastaların kliniklerde tedavi edilme zorunluluğu ortadan kalkarak elektriğin olmadığı saha şartlarında dahi tedavi imkanı mümkün olmaktadır. Bu tedavi şekli, klinik ortam gerektirmediği gibi ucuz, basit ve ağrısız bir tedavi şekli olması nedeniyle konvansiyonel tedaviye göre avantajlara sahiptir. Bu yöntem klinik ortamda, dental anksiyeteye sahip aşırı korkusu olan çocukların tedavilerinde de önerilmektedir (52).

ART'nin klinik başarısı, çürüğün el aletleri ile yeterli miktarda kaldırılabilmesine, restoratif materyalin fonksiyonel streslere karşı gösterebildiği dirence ve çürükten etkilenmiş dentinin remineralizasyonunu sağlama yeteneğine bağlıdır (126).

Minimal invaziv bir teknik olan ART yöntemi ile genellikle uygulaması kolay olan yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar tercih edilmektedir (52). Bizim çalışmamızda ART yöntemi ile yapılan restorasyonlarda en sık kullanılan materyallerden olan yüksek viskoziteli cam iyonomer materyallerinden Fuji IX ve kondense edilebilir kompozit simanlardan olan Surefil kullanılarak sonuçlar hem *in situ* hem de *in vitro* olarak tüm boyutları ile ortaya koyulmaya çalışıldı.

Fuji IX cam iyonomer siman tüm cam iyonomer simanlar gibi flor içermektedir. Bunun yanında, Fuji IX diğer cam iyonomer simanlara göre yapısında konvansiyonel kalsiyum cam yapı yerine stronsiyum cam yapı içermesi nedeniyle farklılık göstermektedir (105). Bu da yapısında kalsiyum iyonlarından daha çok stronsiyum iyonları bulunduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda, Fuji IX cam iyonomer siman tercih edilmesinin diğer bir nedeni klinik başarısının daha önceki çalışmalarca yüksek olarak bildirilmiş olmasıdır (120,135). Taifour ve arkadaşları, ART tekniğini takiben uyguladıkları yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ile konvansiyonel yöntem ile birlikte uyguladıkları amalgam restorasyonların 3 yıllık klinik başarılarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, süt dişlerinde ART yöntemini takiben yüksek viskoziteli cam iyonomer uygulamasının daha iyi bir klinik performans gösterdiğini bildirmişlerdir (135). Rutar ve arkadaşlarının yapmış

oldukları bir diğer çalışmada da, süt molar dişlerde sınıf II kavitelere uygulanan Fuji IX cam iyonomer simanın 2 yıllık klinik başarısı %93 olarak bildirilmiştir (120).

Çalışmamızda ART yöntemi ile hazırlanmış kavitelere uygulanarak incelenen bir diğer restoratif materyal kondense edilebilir bir kompozit siman olan Surefil'dir. Süt dişlerinde kompozit rezin uygulaması zor, zaman alıcı ve hassas teknik gerektiren bir uygulamadır (21,128). Uygulamadaki klinik basamakları azaltmak amacıyla tek aşamalı self-etching adezivler piyasaya sürülmüştür. Bu sayede asitleme ve yıkama basamakları kaldırılmış olup uygulama süresi kısaltılmış ve uygulama esnasında hata yapma payı azaltılmıştır. Bu avantajlar özellikle çocuk hastaların tedavisinde büyük fayda sağlamaktadır (51). Çalışmamızda kullandığımız Xeno III adlı adezivde asitleme basamağı gerekmediği ve tek basamakta uygulanabilirliği nedeniyle çocuklarda uygulanması daha kolay bir adeziv sistemdir. Çalışmamızda kondense edilebilir "packable" olarak adlandırılan ve amalgama benzer özelliklere sahip bir kompozit rezin materyali olan Surefil, Xeno III adeziv sistem ile birlikte kullanılmıştır. Literatürde, bu restoratif materyalin kaviteye uygulanma özelliklerinin amalgama benzer olduğu, uygulama süresinin kısalığı ve konvansiyonel posterior kompozitlere göre sınıf II kavitelere daha sıkı kontak sağladığı rapor edilmektedir. Ayrıca, aşınma, polimerizasyon büzülmesi, yüzey sertliği, sıkışma, gerilme ve esneme kuvvetleri gibi fiziksel özelliklerinin konvansiyonel kompozit rezinlere göre daha üstün olduğu bildirilmiştir (113).

Literatürde ART yöntemi ile kompozit simanların kullanıldığı saha ve klinik çalışmalar bulunmaktadır. Ersin ve arkadaşları, Surefil kompozit ile Fuji IX cam iyonomer simanları, süt dişlerinde sınıf I ve II kavitelere uyguladıkları saha çalışmalarında, 2 yıllık gözlem periyodu sonucunda restoratif materyallerin başarılarını benzer olarak bulmuşlardır (42). Eden ve arkadaşlarının yapmış oldukları, ART yöntemi ile konvansiyonel yöntemin karşılaştırıldığı bir diğer klinik çalışmada ise restoratif materyal olarak konvasiyonel kompozitlerden Pertac II kompozit siman kullanılmış ve her iki yöntemde de klinik başarı benzer olarak düşük düzeyde bulunmuştur (39). Bizim çalışmamızda ise kullandığımız sıkıştırılabilir kompozit rezin olan Surefil grubunun klinik başarısı Fuji IX grubunun ki ile benzer olarak yüksek düzeyde bulunmuştur. Eden ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada kompozit simanın klinik başarısının düşük olmasının nedeni, kullanılan adeziv sistem (Prompt L-Pop, 3M/ESPE) ile ilişkilendirilmiştir. Literatürde yapılan bir çok çalışmada Promp L-Pop'un düşük bağlanma kuvvetine sahip olduğu gösterilmiştir (22,26,77). Prompt L-Pop bu zayıf bağlanma özelliği nedeniyle piyasadan kaldırılmıştır.

Çürükten etkilenmiş tabakada oluşması düşünülen remineralizasyon olayı ile ilgili değişikliklerin incelenebilmesi için klinik başarısı bilinen ve herhangi bir olumsuzluğun bildirilmediği restorasyon materyalinin kullanılması gerekmektedir. Biz de çalışmamızda restorasyon materyali olarak, klinik başarısı yukarıdaki araştırmacılarca bildirilmiş olan Fuji IX cam iyonomer simanı ve Surefil kompozit rezini kullandık.

Çalışmanın *in situ* bölümünde iki yıl süreli takip amacıyla, ART yöntemiyle uzaklaştırılmış iki farklı benzer büyüklükteki çürük kullanıldı. İki farklı restoratif materyalin aynı ağza uygulanması, kişiye bağlı olarak ortaya çıkabilecek farklılıkları elimine ederek standardizasyonun sağlanması amacıyla. Kişilerin fırçalama alışkanlıklarının, diyetlerinin, ağız içi pH'larının, tükürük ve dişlerinin elementer içeriklerinin farklılık göstermesi ve kişilere uygulanan koruyucu uygulamaların (florlu preparatlar) değişiklik gösterebilmesinden dolayı iki farklı restoratif materyal aynı ağza uygulanmıştır.

In situ çalışmanın başlangıcında başlangıç değerlerinin olmaması imkansızlığı ve olabilecek remineralize alanların aside karşı çözünürlük dirençlerinin saptanamamış olmasından dolayı *in vitro* çalışma yapılması planlanmıştır.

In vitro çalışmada, çalışma koşullarının standardizasyonu için, sağlıklı dentin grubu dışındaki gruplarda açılan standart büyüklükteki kavitelere yapay çürük oluşturmak amacıyla Plank ve Pychlo'nun dekalsifiye edici solüsyonu uygulanmıştır (79,136). Uygulamayı takiben kavitede herhangi bir preparasyon yapılmadan önce sağlam dentin grubu dışındaki örneklerle çürük boyayıcı ajan uygulanmış ve ilk tabaka ekskavatör ile uzaklaştırılmıştır. Borczyk ve arkadaşları da benzer yöntemi uygulamışlar ve araştırmacılarca bu prosedür çürükten etkilenmiş dentinin elde edilebilmesi için en uygun yöntem olarak bildirilmiştir (17).

ART yöntemi ile kavitesi açılmış süt dişi çürüklerinde, kavite tabanında bırakılmış olan çürükten etkilenmiş tabakanın, restorasyonda kullanılan farklı

iki materyalden geçen iyonlar ile etkileşim düzeyi mikrosertlik ve elementer analiz incelemelerine tabi tutularak araştırılmış ve remineralizasyon düzeyleri Ngo ve arkadaşları ile Santiago ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalardakine benzer düşünceyle saptanmaya çalışılmıştır (105,122).

Restorasyonların altında gerçekleşen remineralizasyonu saptamak amacıyla sıklıkla mikroradyografi, mikrosertlik, mikroanaliz, gibi kantitatif yöntemler kullanılmaktadır (6,152).

Mikroradyografi yöntemi, *in vitro* ve *in situ* çalışmalarda, mine ve dentin örneklerinin, morfolojisi ve mineral içeriklerinde meydana gelen değişikliklerin ölçülmesindeki hassasiyeti nedeniyle, sert dokulardaki de- ve remineralizasyonu tayin etmekte kullanılan başarılı yöntemlerden biridir (6). Mikroradyografi yöntemi kullanılarak, cam iyonomerler gibi florid salınımı yapan malzemelerin dentine olan etkisi birçok çalışmada gösterilmiştir buna ten Cate ve van Duinen' ın, mikroradyografi yöntemini kullanarak yaptıkları çalışma örnek olarak verilebilir (140).

Creanor ve arkadaşları, asidik bir ortamda, yapay olarak oluşturulan dentin duvar lezyonlarında meydana gelen remineralizasyonu, mikroradyografi yöntemiyle incelemişlerdir (28). Exterkate ve arkadaşları, konvansiyonel CİS'lerden salınan floridin dentin çürüğüne etkisini yine aynı yöntemle incelemiş ve restorasyona komşu demineralize dentinde, remineralizasyon meydana geldiğini tespit etmişlerdir (44).

Dentinin başlıca fizyolojik özelliklerinden biri mikrosertliktir. Mikrosertlik, kalsiyum içeriği, mineralizasyon, demineralizasyon ve remineralizasyon

açısından önemli bir parametredir. Mikrosertlikteki değişim ve kalsiyum kaybı arasındaki ilişki yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (32,45). Feagin ve arkadaşları (45) kalsiyum içeriği ve mikrosertlik arasında pozitif bir ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Davidson ve arkadaşları (32), yapay olarak oluşturulan çürüklerde veya asitlenmiş insan minesinde, mikrosertliğin mineral içerik ile doğru orantılı olarak azaldığını göstermişlerdir.

Mine ve dentin sert dokularında mikrosertlik ölçümlerinde sıklıkla Knoop veya Vickers l değerleri kullanılmaktadır. Mikrosertlik yöntemi, mineral kaybı ve geri kazanımını indirekt olarak gösteren mekanik bir ölçümdür. Ancak, demineralizasyon ve remineralizasyon reaksiyonlarından sonra kaybedilen veya kazanılan mineral miktarı ve özellikle de lezyon derinliği hakkında bilgi verememektedir (6). Çalışmamızda laboratuvar imkanları doğrultusunda Vickers sertlik ölçüm yöntemi kullanıldı.

Poskus ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada rezin kompozitlerdeki Knoop ve Vickers sertlik değerleri karşılaştırılmış ve araştırıcılar her iki sertlik ölçümünün birbiri ile pozitif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (114).

Dentinin mikrosertliği, aynı dişin değişik bölgelerinde farklılık göstermektedir. Hem süt hem de sürekli dişlerde sağlam dentinde yapılan ölçümlerde, çevresel dentin mikrosertliğinin, merkezi dentinden daha düşük olduğu, pulpaya yakın dentinin ise en düşük mikrosertlik değerinde olduğu rapor edilmiştir (27). Pashley ve arkadaşları, pulpaya yakın bölgede tübül çapının ve sayısının artmasına bağlı olarak dentin mikrosertliğinin azaldığını

rapor etmişlerdir (109). Çalışmamızda incelen dentin yüzeyi ise dentinin ortasında yer alan bölgedir.

Santiago ve arkadaşlarının, bizim çalışmamıza benzer yaptıkları çalışmalarında uyguladıkları yöntemde kullandıkları kuvvet miktarı ve süresini biz de çalışmamızda aynen uyguladık (122). Böylece mikrosertlik testinde uygulanan kuvvet miktarı 10 gr, yükleme zamanı ise 15 sn olarak saptanmıştır. Fuentes ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmalarında 300 gr ve 500 gr'lık kuvvetler ile Vickers mikrosertlik değerlerini ölçmüşler ve kuvvete bağlı olarak Vickers mikrosertlik değerinin değişmediğini göstermişlerdir (53). Fuentes ve arkadaşlarının sağlam derin dentin ve sağlam yüzeysel dentin mikrosertliğini ölçmeye yönelik yaptıkları çalışmalarında, araştırmacılar hem Vickers hem de Knoop uçlarını kullanmışlar ve her iki uçta da farklı kuvvetler uygulamışlardır. Sonuçta Vickers ucu ile yapılan analizde uygulanan kuvvet farklılığına bağlı olarak sertlik değerlerinde anlamlı bir değişimin olmadığını ve dentinin derinliğine bağlı olarak da sertlik değerlerinde anlamlı bir farkın olmadığını bildirmişlerdir. Knoop ucu ile yapılan çalışmalarında ise yine kuvvet farklılığına bağlı sertlik değerlerinde bir farkın olmadığını buna karşın dentin derinliğine bağlı olarak ise mikrosertlik değerlerinde anlamlı bir farkın olduğunu belirtmişlerdir (53). Araştırmacıların Vickers ucu kullanarak yaptıkları çalışmalarında uyguladıkları kuvvet bizim çalışmamızda ve benzeri çalışmalarda uygulanan kuvvetten oldukça yüksek olarak seçilmiştir. Bu açıdan, düşük kuvvet uygulanan çalışmalarda elde edilen sonuçların hassasiyeti daha yüksek olacağı düşünüldüğünde araştırmacıların sonuçları ile bizim ve bize benzer çalışmaları yapmış diğer araştırmacıların Vickers sonuçları arasındaki farklılık açıklanmış

olabilir. Low ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir diğer çalışmada da dentine uygulanan farklı kuvvetlere ve farklı yükleme zamanlarına bağlı olarak Vickers mikrosertlik değerinin değişiklik göstermediği bildirilmiştir (93).

Kazanılan veya kaybedilen mineral miktarları ile lezyon derinliklerinin saptanabilmesi için mikroanalitik yöntemlerden EDS analizi uygulandı. Elektron analizlerinin kullanıldığı mikroanaliz yöntemleri (EDS ve EPMA) ile incelenen yüzeylerde kantitatif olarak elementlerin ağırlıkça yüzde oranları belirlenebilmektedir (9,104). Elektron mikroprob, mikroişın teknikleri arasında, en güçlü, yerleşmiş ve en yaygın olarak kullanılan bir teknik olarak değerlendirilebilir (104). Enerji yayılımı spektrometresi ile donanmış taramalı elektron mikroskoplar da (SEM-EDS) elektron mikroprob kadar uygun olarak kullanılmaktadır (9). Bu nedenle *in situ* bölümdeki dişlere ve *in vitro* bölümde hazırlanan tüm gruptaki örneklerle, deney periyodları sonrası mikrosertlik testi ve mikroanalitik yöntemlerden biri olan EDS analizi birlikte uygulanmıştır.

Çalışmamızda restorasyonlardan dentine iyon geçişinin ve elementer içeriğinin saptanmasında EDS X-ışını dedektör sisteminin bağlandığı taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. EDS analizi yardımıyla, restorasyona bitişik dentin yüzeyinden itibaren dentin dokusundaki F^- , Sr^{+2} , Ca^{+2} ve P^{+3} elementleri ölçülmüştür. Dentinin tabakalara göre olası değişken içeriği ve niteliği nedeniyle, farklı bölgelerden üçer ölçüm yapılmıştır. Literatürde de restorasyon altındaki dentin dokusunu incelemek amacıyla EPMA ve EDX analizleri kullanılmıştır (8,70,99,105,126). Hotta ve arkadaşlarının dana dişi dentinindeki mineralizasyonu inceledikleri

alışmalarında, cam iyonomer ve kompomer simana komşu dentindeki Ca^{+2} , P^{+3} ve F^- iyonlarını mikroanalitik yöntemlerden biri olan EPMA analizi ile değerlendirmişlerdir (70). Ngo ve arkadaşları da Fuji IX cam iyonomer siman ile rezidüel çürük dentin arasındaki kimyasal iyonik değişimi inceledikleri çalışmalarında benzer bir şekilde mikroanaliz yöntemlerinden biri olan EPMA analizini kullanmışlar ve restorasyona komşu dentin yüzeyinden itibaren dentindeki Ca^{+2} , P^{+3} , F^- ve Sr^{+2} iyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir (105). Arnold ve arkadaşları da dentindeki Ca^{+2} ve P^{+3} 'un kantitatif ölçümlerini yine mikroanalitik yöntemlerden biri olan EDS yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir (8). Biz de çalışmamızda literatür bilgileri ve labaratuvar imkanları doğrultusunda mikroanalitik yöntemlerden biri olan EDS analizini seçtik.

Bir dokunun inorganik yapısından bir takım iyonların eksilmesi veya bu yapıya bir takım iyonların katılmasının bilinmesi tek başına çok anlamlı olmayabilir. Çünkü, bu iyonların içine katıldıkları dokunun üzerinde oluşturdukları kristal yapının detay özelliklerinin de bilinmesi oldukça önem taşımaktadır. Çünkü, oluşan yeni yapının kristalografik özelliklerinde en küçük farklılıklarda o kristalin göstereceği reaksiyonlarda ciddi değişiklikler olabilir (118).

Dolayısıyla kristal yapının yapısal özelliklerinin anlaşılabilmesi için XRD analizinin yapılması gerekmektedir. Literatürde remineralize alanın kristal yapısını ortaya koyan XRD çalışmasına rastlayamadık.

Çalışmamızın *in situ* bölümünde, cam iyonomer siman ve kompozit siman ile restore edilen dişlerde, her iki restoratif materyale komşu dentin

yüzeyinden itibaren ilk 100 µm'luk bölgelerin mikrosertlik değerleri karşılaştırıldığında, Fuji IX ile restore edilen çürükten etkilenmiş dentinin restorasyona bitişik mikrosertlik değerlerinin arttığı saptanmıştır. Çalışmamızın bu bulguları, Santiago ve arkadaşlarının, ART yöntemi ile birlikte kavitelere Fuji IX cam iyonomer siman uygulayarak, restorasyona komşu dentinin mikrosertlik değişimlerini Knoop analizi ile inceledikleri çalışmalarının bulguları ile benzerlik göstermektedir (122). Araştırmacılara göre cam iyonomer simanın altındaki dentinin mikrosertlik değerleri 1. aydan itibaren artış göstermektedir, yapılan çalışmada restorasyona bitişik dentin ile pulpa odası arasındaki bölüm 3 farklı zona ayrılmış ve restorasyona komşu ve orta bölümdeki dentinin 1. aydaki ve 6. aydaki mikrosertlik değerleri, restorasyon yapılır yapılmaz uygulanan mikrosertlik incelemesi grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olarak bulunmuştur. Her ne kadar Santiago ve arkadaşlarının çalışmalarının bulguları bizim bulgularımızla uyumluysa da bizim sonuçlarımız restorasyondan sonraki 2 yıl sonunda elde edilen değerlerdir ve doğrudan restorasyona komşu dentin ölçümlerinden elde edilmiştir.

Lo ve Holmgren'in yaptıkları ART çalışmasında 6-30. aylarda, düşen cam iyonomer simanların kaviteleri deneyimli iki gözlemci tarafından ayna-sond yardımı ile incelenmiş ve kavitellerdeki dentin duvarlarının 6. ayda %70'inin, 30. ay muayenesinde ise %56'sının sert olduğu belirtilmiştir (92). Bu çalışmada bizim çalışmamızdan farklı olarak cam iyonomer simanın altındaki dentinin mikrosertliği ölçülmemiştir, ancak araştırmacılar kavitellerdeki dentin duvarlarının sert olduğunu ve bu olayın da cam iyonomer simanların

restorasyona bitişik dentinde hipermineralize edici etki göstermesinden kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir (92).

Materyaller arası *in situ* ve *in vitro* bulgular karşılaştırıldığında, *in situ* bölümünde cam iyonomer simana komşu ilk 40 µm'lik derinliğin mikrosertlik değerleri kompozit ile restore edilmiş örneklerin tüm derinliklerinin sertlik değerlerine göre daha yüksek bulunurken, *in vitro* bölümde cam iyonomer simana komşu ilk 20 µm'lik alandaki mikrosertlik değerleri kompozit ile restore edilmiş kavitelelerin ilk 20 µm'lik alanının mikrosertlik değerine göre anlamlı olarak yüksek olarak bulunmuştur. *In situ* ve *in vitro* bölümdeki bu farklılığın nedeni olarak iki çalışma dizaynı arasındaki gözlem sürelerinde farklılık olmasına bağlanabilir. *In situ* bölümde dişler 2 yıl süre ile ağız ortamında kalmış, *in vitro* bölümde ise incelenen en uzun gözlem süresi 6 aydır.

In situ ve *in vitro* bulguları kendi içlerinde derinlikler arası karşılaştırdığımızda, *in situ* çalışmanın Fuji IX bulgularından 20 µm ve 40 µm'lik derinliklerin mikrosertlik değerleri diğer derinliklere göre (60-80-100 µm) anlamlı olarak yüksek bulunmuşken Surefil kompozit rezine ait tüm derinliklerin mikrosertlik değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. *In vitro* çalışmanın sonuçlarında ise Fuji IX cam iyonomer siman grubunun 6. ay bulgularının ilk 20 µm'lik bölümünün mikrosertlik değerleri aynı grubun diğer katmanlarının sonuçları ile anlamlı bir fark göstermezken, Surefil grubunun ilk 20 µm'lik bölümünün değerleri alt katmanların değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçların yorumlanmasında *in situ* çalışmada restorasyonların ağızda kalış

sürelerinin uzunluğuna bağlı olarak cam iyonomer simanda, gerek Sr^{+2} ve gerekse F^- geçişlerinin kaviteye komşu dentin yüzeyinde anlamlı bir birikime yol açtığı görülmüş ve çürükten etkilenmiş dentindeki kararlılığı bozulmuş hidroksiapatit yapısına girerek, hidroksiapatitten daha kararlı bir yapı oluşturmasının sağlandığı düşünülmektedir. Bu birikim dentin tübüllerinin ağız kısımlarının tıkanmasına yol açar ve ayrıca asit ataklarına ve diğer karyojenik etmenlere karşı da bu yüzeyi korur (56). Tıkanan dentin tübüllerinde ise belirli bir derinliğe kadar dejeneratif değişiklikler gözlenir (101). Dolaylı olarak da bu bölgenin mikrosertliği artar. Kompozit grubunda ise her ne kadar ağızda kalış süresi cam iyonomer siman grubu kadar olsa da kaviteye komşu dentin yüzeyinde skleroza yol açabilecek ve bu bölgeyi örterek koruma altına alabilecek bir iyon geçişi görülmemekte olup buna bağlı olarak da derinlikler arası sertlikte anlamlı bir farklılık gözlenememiştir.

In vitro çalışmanın sonuçlarının yorumlanmasında ise iki parametreye göre hareket edecek olursak, ilkinde yapay çürük oluşturulup standart düzeyde bu çürüğü temizleyip belirli bir miktar kavitede çürükten etkilenmiş alan bırakılmıştır, halbuki *in situ* çalışmada kaviteler temizlenebildiği kadar temizlenmiş ve bırakılan çürükten etkilenmiş dentin miktarı tam olarak saptanamamıştır. Bu miktarın *in vitro* grupta bırakılan çürükten etkilenmiş dentin miktarından az olma ihtimali yüksektir. Buna rağmen 6. ay sonunda ilk 20 μm 'lik çürükten etkilenmiş dentin üzerinde Fuji IX cam iyonomer simanından gelen Sr^{+2} ve F^- iyonlarının birikimi ile oluşan remineralize alan bu derinliğin mikrosertlik değerini alt derinlikler düzeyine yükseltmesine bağlı olarak cam iyonomer siman grubunun tüm derinlikleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kompozit grubunda ise cam iyonomer siman grubunda

görülen türde bir iyon geçişinin olmamasına bağlı olarak ilk 20 µm'lik çürükten etkilenmiş dentin tabakasının mikrosertliğinde 6. ayın sonunda bile bir değişiklik olmamıştır. Bu sonuca bağlı olarak ilk derinliğin sertlik değeri alt derinliklerin mikrosertlik değerlerine göre anlamlı olarak az olarak gözlenmiştir. İkinci parametrede ise *in situ* bölümün kompozit grubu ile *in vitro* bölümün kompozit gruplarının kendi aralarındaki değerlendirilmesinde gözlenen farkın açıklamasına bakacak olursak, *in situ* bölümde herhangi anlamlı bir ilişki gözlenmemesine karşın *in vitro* bölümün aynı grubunda ilk derinliğin diğer derinliklere göre anlamlı bir azlığı söz konusuydu. *In situ* bölümde gerek gözlem süresinin uzunluğu göz önüne alınıp bu ilk tabakanın remineralize olduğu düşünülebilir. Smales ve arkadaşları da 2 yıl sonunda cam iyonomer siman altında gözlemledikleri remineralizasyonu benzer düşünceleri savunarak açıklamışlardır (126). Derinliklerin birbirleri arasında mikrosertlik bakımından anlamlı ilişkide olmadığı söylenebilir. *In vitro* bölümde ise bu olayın gerçekleşmesi için yeterli sürenin olmamasından dolayı da bu bölümde ilk tabaka ile diğerleri arasında anlamlı bir negatif ilişkinin varlığından bahsedilebilir, daha önce de bahsedildiği gibi her iki çalışma grubunda çürüğün temizlenme işlemlerindeki farktan dolayı *in vitro* grupta daha belirgin bir çürükten etkilenmiş dentin tabakasının bulunma ihtimalinin varlığı da bize bu istatistiksel ilişki farklılığını yaratmış olabilir.

Çalışmamızda, *in situ* bölümde yapılan elementer analiz bulguları değerlendirildiğinde; Fuji IX ve Surefil ile restore edilmiş dişlerin restorasyon dentin yüzeyinden itibaren 100 µm'luk alanın incelenmesi sonucu, cam iyonomer grubunda, F^{-} ve Sr^{+2} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları 1. derinlikte anlamlı olarak alt derinliklere göre arttığı gözlenirken, kompozit

grubunda 1. derinlik değerleri alt derinlik değerleri ile benzer bulunmuştur. Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları ise, 1. derinlikte her iki farklı restoratif materyale göre birbirleri arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Bu bulgular cam iyonomer simanlardan flor ve stronsiyum iyonlarının belirli bir derinliğe kadar penetre olabildiğini buna karşılık ise Ca^{+2} ve P^{+3} iyon geçişi yönünden anlamlı bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Cam iyonomer simanlardan dentine flor geçişi ile ilgili pek çok çalışma bulunmasına karşın, stronsiyum penetrasyonu ile ilgili az sayıda çalışma mevcuttur.

Smales ve arkadaşlarının, ART tekniği ile çürüğün uzaklaştırıldığı ve iki farklı yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX ve Ketac Molar) uyguladıkları çalışmalarında, restoratif materyaller ortalama 2 yıl ağız ortamında bekletildikten sonra materyallerin rezidüel çürük üzerindeki etkilerini araştırmışlardır (126). Yapılan EPMA analizi sonuçlarına göre araştırmacılar Ketac Molar ile restore edilen dentin örneklerinde Sr^{+2} iyonuna rastlamadıklarını, Fuji IX ile restore edilmiş 2 diş örneğinin sadece birinde stronsiyum iyonunun dentinin 40-60µm'lik derinliğine kadar penetre olduğunu bildirmişlerdir. Bizim 12 adet diş üstünde yaptığımız çalışmamızda Sr^{+2} iyonunun difüzyonundaki anlamlı farklılık ilk 20 µm'lik derinlikte meydana gelmiştir. Çalışmamızı karşılaştırdığımız yukarıda bahsedilen çalışmada örnek sayısının yalnızca bir adet olması verilerin birbiri ile tam olarak karşılaştırılmasını engeller durumdadır. Sadece Fuji IX'dan Sr^{+2} iyonunun dentine penetre olabileceği araştırmacılarca gösterilebilmiştir.

Aynı araştırmacılara göre, restorasyona bitişik dentin yüzeylerindeki Ca^{+2} ve P^{+3} iyonları incelendiğinde ise tüm restorasyonlar altındaki ilk derinlikte Ca^{+2} ve P^{+3} değerleri diğer derinliklere göre daha düşük olarak bulunmuştur. Araştırmacıların bu bulguları, bizim çalışmamızın bulguları ile benzerlik göstermekte ve çürükten etkilenmiş dentin bölgesinde Ca^{+2} kaybının olduğunu göstermektedir (126).

Cam iyonomer simanlar ile rezidüel çürük dentin arasındaki iyonik değişimin incelendiği bir diğer çalışmada, ART yöntemini takiben kavitelere stronsiyum esaslı Fuji IX cam iyonomer siman uygulanmış ve dişler, restorasyonların altındaki elementer içeriği incelenmek üzere 3 ay sonra çekilmişlerdir (105). Ngo ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada çürükten etkilenmiş dentin üstündeki yumuşak dentin kavitede bırakılarak kaviterler Fuji IX cam iyonomer siman ile restore edilmiştir. Daha sonra EPMA yöntemi ile yapılan mikroanalitik çalışmada restorasyonlardan sadece Sr^{+2} ve F^{-} iyonlarının çürükten etkilenmiş dentin bölgesinde anlamlı düzeyde biriktiği ve sağlam dentin bölgesine geçildiğinde ise dentinin içinde olması gereken normal sınırlara hızla inildiğini, buna karşılık ise Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarında herhangi bir geçişin olmadığını göstermişlerdir (105). Bu bulgular bizim çalışmamızdaki Fuji IX grubu bulgularıyla tamamen uyum göstermiş olup biz de çalışmamızda çürükten etkilenmiş dentin bölgesinde sadece Sr^{+2} ve F^{-} iyonlarının yoğunlaştığını Ca^{+2} ve P^{+3} yönünden ise herhangi bir birikimi gösterir bir bulgunun olmadığını belirtmiştik.

Massara ve arkadaşlarının yaptıkları bir *in vivo* çalışmada ise; araştırmacılar 12 dişe ART tekniği ile kavite açmışlar ve dişleri Fuji IX cam

iyonomer siman ile restore etmeden önce ekskavatör ile dentin örneği almışlardır (99). Araştırmacılar, daha sonra açılan kavimleri Fuji IX ile restore etmişler ve 3 ay sonra cam iyonomer simanları tekrar uzaklaştırıp ikinci bir dentin örneği almışlardır. Başlangıçta ve 3 ay sonra alınan bu dentin örneklerine EDS elementer analiz yapılmış, Ca^{+2} ve F^- elementleri % ağırlık olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, dentin örneklerinin hiçbirinde F^- iyonuna rastlanmamış, Ca^{+2} iyonu incelendiğinde ise restorasyon öncesi Ca^{+2} miktarı %30 iken restorasyon sonrası bu miktar %48 olarak bulunmuştur. Araştırmacılar dentin örneklerinin yanı sıra Fuji IX cam iyonomer simanını da EDS analizine tabi tutmuşlar ve içeriğinde ağırlık olarak %56 Si^{+4} , %31,3 Al^{+3} , %3,54 Na^+ , %8,61 F^- ve %0,6 Ca^{+2} iyonu saptamışlardır. Araştırmacılar 3 ay sonraki örnekleri Ca^{+2} konsantrasyonu açısından değerlendirdiklerinde, saptanan bu Ca^{+2} miktarının cam iyonomer simandan kaynaklanamayacağını çünkü cam iyonomer simandaki Ca^{+2} miktarının çok düşük olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Fuji IX cam iyonomer siman içerisinde Sr^{+2} varlığından söz etmemiş ve dolayısıyla restorasyon altındaki Sr^{+2} miktarı incelenmemiştir, oysa Fuji IX cam iyonomerin içeriğindeki Sr^{+2} miktarı (ağırlık %18-20) oldukça yüksektir. Yine araştırmacılara göre 3 aylık süre sonunda, restorasyon altında F^- iyonuna rastlanmaması hem bizim çalışmamız ile hem de Smales ve arkadaşları ile Ngo ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmaların sonuçları ile uyumluluk göstermemektedir (105,126). Araştırmacıların sonuçlarının gerek bizim sonuçlarımız ile gerekse çoğu literatür sonuçları ile ters düşmüş olmasının yani inceledikleri dentinde flor iyonunun bulunmadığını bildirmeleri ayrıca stronsiyumdan zenginleştirilmiş olan bir materyal olan Fuji IX'un altındaki dentine Sr^{+2}

geçişinin gösterilememiş olması uyguladıkları EDS analiz yöntemindeki farklılığa bağlı olma ihtimali çok yüksektir. Biz çalışmamızda, hemen hemen bu analiz ile çalışan diğer tüm çalışmacılar gibi tüm dentin yüzeyini değişik noktalardan tarayarak mineral ölçümleri yaptık, oysa araştırmacılar kavite tabanından ekskavatörle çok çok az bir miktar toz örnek almışlar ve bu örneklerde inceleme yapmışlardır.

Çalışmamızda *in vitro* bölümdeki cam iyonomer siman ile restore edilen çürükten etkilenmiş dentinin 6. aydaki mikrosertlik değeri kompozit ile restore edilen çürükten etkilenmiş dentinin mikrosertlik değerine göre daha yüksek bulunmuştur. Hotta ve arkadaşlarının, dana dişlerinde cam iyonomer ve kompomer simana komşu dentindeki mineralizasyonunu inceledikleri çalışmalarında, araştırmacılar her iki restoratif materyale komşu dentin yüzeyinden itibaren ilk 100 µm'luk bölgede her 20 µm'da bir toplam 5 derinliğin Knoop mikrosertlik değerlerini karşılaştırılmışlardır (70). Araştırmacılar ilk 20 µm'daki dentinlerin Knoop sertlik değerlerini restoratif materyallere göre karşılaştırdıklarında, cam iyonomer siman ile restore edilmiş grupta Knoop sertlik değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olarak bulmuşlardır (70). Kompomer simanlar yapısında %70-80 oranında kompozit rezin içermektedirler, bizim çalışmamızda karşılaştırılan diğer restoratif materyal de kompozit rezin ve bulgularımız araştırmacılarla uyumluluk göstermektedir ancak yapmış olduğumuz çalışmada 1. ay gözlem periyodundaki restoratif materyallerin altındaki mikrosertlik değerleri arasında fark gözlenmemiştir oysa Hotta ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada gözlem periyodu 1 aydır. Bu farklılığın, bizim çalışmamızda çürükten etkilenmiş dentin kullanılması, Hotta

ve arkadaşlarının ise çalışmalarını sağlıklı dentin üzerinde gerçekleştirmiş olması nedeni ile olduğu düşünülmektedir.

Pereira ve arkadaşları yaptıkları *in vitro* çalışmada, konvansiyonel CİS'e komşu dentinde üç farklı cam iyonomer siman materyali ile restorasyon sonrası yapay çürük oluşturmaya çalışmışlar ve kavite ile restoratif materyalin temas ettiği alana inhibisyon zonu demişler, bu zonun dışında oluşmuş olan çürüğün ve bu zonun mikrosertlik değerlerini Knoop ve üçgensel mikrosertlik testi ile ölçmüşlerdir (111). Meydana gelen inhibisyon alanı mikrosertlik değerinin, rezin modifiye cam iyonomer simanlara göre çok daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar bu inhibisyon alanının oluşması restoratif materyalden salınan florid miktarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Dunne ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmada ise, konvansiyonel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlardan salınan florid miktarı ve çürük engelleme derecelerinin birbiri ile aynı olduğunu bildirmişlerdir (38). Resin modifiye cam iyonomer simanlar içeriklerinde büyük oranda konvansiyonel cam iyonomer siman ihtiva eden restoratif materyallerdir ve doğal olarak beklenen, dentin üzerindeki etkilerinin konvansiyonel cam iyonomerlere benzer olmasıdır. Ancak, kullanılan rezin modifiye cam iyonomer simanın içeriğindeki cam iyonomer siman oranındaki farklılığa göre bu etki de değişiklik gösterebilir.

Cam iyonomer simanla yapılan restorasyonlarda sekonder çürük oluşumunun amalgam restorasyonlara göre daha az olduğu, ten Cate ve Van Duinen'in yapmış oldukları bir çalışmada gösterilmiş ve bu durum, restorasyona yakın dokulardaki florür artışına bağlanmıştır (140).

Araştırmacıların, CİS'e komşu dentin lezyonlarını inceledikleri bu çalışmada, dentinde meydana gelen hipermineralizasyonun, dentin içine minerallerin çökmesiyle oluştuğunu ve böylece asitlerin difüzyon yollarının kısıtlanarak aside karşı direncin arttığını belirtmişlerdir (140).

Zaura-Arite ve arkadaşları *in vitro* çalışmalarında, yüksek flor içerikli rezin modifiye cam iyonomer simanın, demineralize sığır dentini üzerindeki etkisini araştırmışlardır (160). Bahsedilen çalışmada oluklu dentin modeli kullanılmış olup, bu model marjinal kenar, pits ve fissürler gibi plak retansiyonu sağlayan bölgelerdeki çürüğü inceleyebilmek amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Araştırmacılar da bu modeli kullanmışlar ve öncelikle demineralize olması istenmeyen dentin diski üzerine bonding işlemi uygulayıp, daha sonra bu disk üzerinde birbirine paralel ve standart derinlikte oluklar açmışlardır. Dentin diskinin kenar bölgesine rezin modifiye cam iyonomer siman yerleştirmişler ve rezin modifiye cam iyonomer simana komşu olukta ve herhangi bir materyal uygulanmamış bölgeye komşu olukta farklı iki derinlikteki mineral kayıplarını TMR yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Resin modifiye cam iyonomer simana komşu olukta, flor kaynağı olan restorasyon materyalinin üç milimetre derinliğe kadar demineralizasyonu inhibe ettiği gösterilmiş ve bu inhibisyonun nedenin de resin modifiye cam iyonomer siman içerisindeki flora bağlı olduğu gösterilmiştir (160).

Exterkate ve arkadaşları deneysel olarak geliştirdikleri ve içeriğinde yüksek düzeyde flor iyonu bulunan dolgu materyallerinin dentin lezyonlarındaki etkisini *in vitro* olarak inceledikleri çalışmalarında, konvansiyonel cam iyonomer siman sonuçları ile karşılaştırmışlardır (44).

Araştırmacılar, deneysel olarak çürük oluşturdıkları dana dişi dentin disklerine çalışmalarında kullandıkları CİS disklerini temas sağlamak amacıyla deydime yöntemi ile belirli bir süre yapay tükürük içinde bekletmişlerdir. Bu süre sonunda daha önce oluşturulmuş olan demineralize alanda oluşan remineralizasyon etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu incelemeyi de 100 µm'lik ve 30 µm'lik derinliklerde ayrı ayrı saptamışlardır. 100 µm'lik derinlikte yüksek konsantrasyonlu flor içerikli (deneysel CİS) ve konvansiyonel cam iyonomer simanların birbirleri arasında anlamlı olmayan ama başlangıç grubuna göre anlamlı düzeyde remineralizasyon etkisinin varlığını göstermişleridir. 30 µm'lik derinlikte ise yüksek F^- konsantrasyonlu cam iyonomer simanın konvansiyonel cam iyonomer simana göre de anlamlı olarak farklı remineralizasyon sağladığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada deneysel olarak kullanılan cam iyonomer simanın F^- konsantrasyonunun bildirilmemesi uzun dönemde bu yüksek florun restorasyon materyalinin diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerine ne gibi bir etkisinin olabileceği üzerinde kuşku yaratmıştır. Bizim çalışmamızda uyguladığımız EDS analiz yönteminde de cam iyonomer siman grubunda çürükten etkilenmiş dentin yüzeyine anlamlı düzeyde florun girdiği ama florun yanında yine anlamlı düzeyde stronsiyumunda girdiği belirlenmiştir.

Hotta ve arkadaşları, sağlıklı dana dişi dentinindeki mineralizasyonu inceledikleri çalışmalarında, cam iyonomer ve kompomer simana komşu dentindeki Ca^{+2} , P^{+3} ve F^- iyonlarını mikroanalitik yöntemlerden biri olan EPMA analizi ile değerlendirmişlerdir (70). Araştırmacılar, her iki restoratif materyale komşu dentin yüzeyinden itibaren Ca^{+2} , P^{+3} ve F^- miktarlarını değerlendirdiklerinde, konvansiyonel cam iyonomer simana komşu dentin

yüzeyindeki Ca^{+2} , P^{+3} ve F^- miktarlarını, kompomer simana komşu dentin yüzeyindeki miktarlarına göre daha fazla bulmuşlar ve konvansiyonel cam iyonomer simana bitişik dentinde hipermineralizasyon meydana geldiğini belirtmişlerdir (70). Çalışmamızın *in vitro* bölümünde sağlam dentin grubu örneklerine herhangi bir restorasyon ve başka deneysel işlem yapılmadığı için gözlem sürelerinde bu grupta herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca araştırmacıların kullandıkları cam iyonomer siman bizim kullandığımız cam iyonomer siman gibi stronsiyum içeriği yüksek bir materyal olmadığından dokudaki mineral birikimi açısından bizim bulgularımıza paralellik sadece flor iyonunda görülmektedir. Buna karşın, literatürde kalsiyum içeriği yüksek cam iyonomer siman kullanan araştırmacıların da yaptıkları çalışmalarda komşu dentin dokusuna anlamlı düzeyde Ca^{+2} geçişi gösteren bir çalışmaya rastlanamamıştır. Araştırmacılar kendi yaptıkları çalışmada bile benzeri bulguların bulunduğu başka bir çalışmanın olduğunu da bildirmemişlerdir.

Cam iyonomerlerin sadece kavite duvarını çürük oluşumundan korumadığı, aynı zamanda restorasyona komşu çürük lezyonlarının ilerlemesini engellediğine dair birçok kanıt mevcuttur. Yapılan birçok çürük deneyi, cam iyonomer restorasyonların çevresindeki duvar ve dış lezyonların sıklığı ve büyüklüğünün azaldığını göstermiştir (70,140). Dış lezyonunun ilerlemesinin azalması veya durması, genellikle cam iyonomerden salınan florid iyonlarının çevreye difüzyonuna bağlanmaktadır (140). Diğer yandan, duvar lezyonlarının inhibisyonu, materyalden salınan floridin, komşu diş yapısı tarafından alınması sonucu kavite duvarlarının çözünmeye direncinin artmasına bağlanmaktadır.

Çalışmamızda gerek *in situ* ve gerekse *in vitro* şartlarda yapılan EDS analizi yöntemi ile cam iyonomer simandan dentine flor ve stronsiyum iyonlarının geçişi olduğu saptanmış ve bu bulguları destekleyici olarak gerçekleştirilmiş olan XRD yöntemiyle çürükten etkilenmiş dentin yapısında hidroksiapatitin kararlı halden saparak Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarını kaybettiği ve cam iyonomer siman ile restorasyon sonucu flor ve stronsiyumun dentinin kristal yapısına entegre olarak kalsiyumstronsiyumfosfathidroksit ve stronsiyumkalsiyumfosfatflorür bileşiklerini oluşturduğu izlenmiştir. Xue ve arkadaşları da sağlam ve çürük diş yapısını XRD yöntemi ile inceledikleri çalışmalarında bizim çalışmamızdaki sağlam dentin ve çürükten etkilenmiş dentin grubu XRD sonuçlarına benzer kristal fazları gözlemlemişlerdir (157). Ancak literatürde remineralize dokuyu XRD yöntemi ile inceleyen bir çalışmaya rastlanamadığından bulgularımızı tartışamadık.

Yukarıda bahsedilen iki bileşik hidroksiapatitin çözünmüş olduğu bir durumda (çürükten etkilenmiş dentin yapısı) ortamda Sr^{+2} iyonlarının var olması nedeniyle, kaybedilen Ca^{+2} iyonları yerine Sr^{+2} iyonlarının yerleşmesiyle açıklanabilir.

Diş sert dokularının temel inorganik yapısını oluşturan hidroksiapatit molekülü oldukça kararlı bir yapıya sahiptir ve buna bağlı olarak da çözünürlüğü oldukça zordur. Ama çözünme koşulları oluşup da Ca^{+2} bağları zayıfladığı andan itibaren yapı hızla kararsız hale döner ve molekül zayıflar. Bu arada eğer ortama, iyonik yarıçapı Ca^{+2} ile benzer olan iyonlar girerse Ca^{+2} 'un yerini doldurabilir. Bizim çalışmamızda gösterdiğimiz gibi Sr^{+2} böyle

bir iyondur ve hızla hidroksiapatit molekülünde kaybedilmiş iyonların yerini doldurmaya ve sonuçta da tekrar molekül kararlı bir hale dönmeye başlar.

Çalışmamızda remineralize dokuda saptanan bileşikler, 24 saatlik süre sonunda hidroksiapatite göre daha az çözünürlük göstermiştir.

Featherstone ve arkadaşlarının, labaratuvar ortamında deneysel olarak elde ettikleri bileşiklere Sr^{+2} ve F^- iyonlarının aynı anda ilave edilmesi sonucu, çürüğe neden olan asitlere karşı çözünme direncinin F^- ve Sr^{+2} 'un ortamda olmasına bağlı olarak oldukça yükseldiğini bildirmişlerdir (47).

Thuy ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada, 60 mine örneği üzerinde yapay çürük oluşturmuşlar ve farklı konsantrasyonlarda sadece F^- içeren remineralizasyon solüsyonları ile F^- ve Sr^{+2} iyonlarını birlikte içeren remineralizasyon solüsyonlarını, oluşturulan yapay çürükler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, transversal mikroradyografi yöntemi ile lezyon derinliği, mineral kaybı ve mine remineralizasyon yüzdesini incelemişler ve F^- 'un remineralizasyonu önemli olarak etkilediğini, buna karşın ortama değişik konsantrasyonlarda Sr^{+2} ilave edilmesinin ise sinerjistik bir etki göstererek remineralizasyonu daha da artırdığını saptamışlardır. Bu çalışma, Sr^{+2} 'un ortamda F^- ile beraber spesifik konsantrasyonlarda yer almasının mine remineralizasyonunu artırdığını göstermektedir. Araştırmacılar, Sr^{+2} 'un farklı konsantrasyonlarda remineralizasyonu değişik şekilde etkileyebileceği yorumlarını yapmışlardır (141).

Ersin ve arkadaşlarının yapmış oldukları cam iyonomer siman ile kompozit simanı karşılaştırdıkları 2 yıllık klinik çalışmanın sonuçlarında Sr^{+2} içerikli cam iyonomer simanların altında sekonder çürük oluşumunun düşük düzeyde olduğunu göstermişlerdir (42).

Tüm bu çalışmaların ışığı altında bizim çalışmalarımızı değerlendirdiğimizde, gerçekten Thuy ve arkadaşlarının düşündükleri gibi hassas yöntemlerle yapılan analizlerde, çürükten etkilenmiş dentinde oluşan remineralize dokuda göstermiş olduğumuz iki farklı konsantrasyondaki Ca^{+2} ve Sr^{+2} içerikli bileşiklerin çürüğü oluşturan aside karşı çözünürlüklerinin oldukça farklı olduğu, dolayısı ile remineralize dokuların mineral yapı farklılıklarına bağlı olarak biyolojik olaylara karşı değişiklikler gösterdiğini saptamış bulunmaktayız. Sr^{+2} içerikli iki bileşikten birinde F^- diğeri ise OH^- iyonu bulunmakta olup Sr^{+2} 'un F^- ile birlikte olduğu bileşiğin asit ataklarına karşı en yüksek direnci göstermiş olması Featherstone ve arkadaşları ile Thuy ve arkadaşlarının çalışmalarını doğrular nitelikte bulgulardır (47,141).

Sonuç olarak Sr^{+2} 'un F^- içerikli cam iyonomer simanların yapısına karıştırılması ve bu karışımdaki oransal ayarlamaların remineralizasyona olan etkisinin çok önemli olduğu görülmekte olup, konu ile ilgili çok daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

BÖLÜM V

SONUÇLAR

ART yöntemi ile kavitesi açılmış süt dişi çürüklerinde kavite tabanında kalmış olan çürükten etkilenmiş bölgenin, kullandığımız iki farklı restoratif materyale karşı göstermiş olduğu iyon değişikliklerini ve kullanılan restoratif materyallere göre çürükten etkilenmiş dentinin mikrosertliğindeki değişimi hem *in situ* hem de *in vitro* olarak tüm boyutları ile incelediğimiz çalışmamızda;

1. Çalışmamızın *in situ* bölümünde yüksek viskoziteli bir cam iyonomer siman olan Fuji IX grubunda restorasyona komşu dentinin 40 µm'lik bir alanda mikrosertlik değerlerinin arttığı, Surefil grubunda ise restorasyona komşu dentinin mikrosertlik değerlerinde bir değişim olmadığı,

2. *In situ* bölümünde yapılan elementer analiz bulgularına göre; Fuji IX grubunda, F^- ve Sr^{+2} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları restorasyona komşu dentin yüzeyinde artış gösterdiği, Surefil grubunda ise aynı iyonların konsantrasyonlarında derinliklere göre değişim olmadığı,

3. Restorasyonlara komşu dentin yüzeyleri Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları bakımından incelendiğinde, her iki restoratif materyale komşu dentinde Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının konsantrasyonlarının alt derinliklere göre daha düşük olduğu,

4. *In vitro* bölümde, çürükten etkilenmiş dentin üzerine uygulanan Fuji IX grubunda restorasyona komşu dentinin mikrosertlik değerlerinin 6. aydaki mikrosertlik değerlerinin 1. hafta ve 1. ay değerlerine göre artış gösterdiği, Surefil grubunda ise restorasyona komşu dentinin mikrosertlik değerlerinde bir değişim olmadığı ve çürükten etkilenmiş dentin ile aynı sertlik değerini gösterdiği,

5. *In vitro* bölümde, çürükten etkilenmiş dentin üzerine uygulanan Fuji IX grubunda, 6. ayda restorasyona komşu dentindeki F^- ve Sr^{+2} konsantrasyonlarının 1. hafta ve 1. ay değerlerine göre arttığı, Surefil grubunda ise iyonik konsantrasyonlarda süreye bağlı değişimin olmadığı,

6. Tüm gözlem sürelerinde ve restorasyonlara komşu dentin yüzeyleri Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının % ağırlık konsantrasyonları bakımından incelendiğinde, her iki restoratif materyale komşu dentinde ve çürükten etkilenmiş dentinin ilk derinliğinde Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarının konsantrasyonlarının alt derinliklere göre daha düşük olduğu,

7. XRD yöntemiyle çürükten etkilenmiş dentin yapısında hidroksiapatitin kararlı halden saparak Ca^{+2} ve P^{+3} iyonlarını kaybettiği ve cam iyonomer siman ile restorasyon sonucu 6. ay sonunda flor ve stronsiyumun dentinin kristal yapısına entegre olarak kalsiyumstronsiyumfosfathidroksit ve stronsiyumkalsiyumfosfatflorür bileşiklerini oluşturduğu izlenmiştir.

8. Oluşan bu bileşiklerin, asidik yapay tükürük ortamındaki çözünme dirençlerinin hidroksiapatitten daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları birçok araştıracının gerek *in vitro* gerekse *in situ* şartlarda yaptıkları çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Stronsiyum esaslı bir cam iyonmer siman olan Fuji IX'un remineralizasyon sağlama yeteneğinin daha fazla olduğu düşünölmekte ancak konu ile ilgili daha fazla çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelecekte çürüğe nasıl müdahale edileceğı; çürüğün kısmen mi tamamen mi uzaklaştırılması gerekliliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Minimal invaziv yaklaşımları takiben kavitede kalan çürüğün zaman içerisinde remineralize olma kapasitesinin ve kavitede kalan mikroorganizmaların canlılığını ne kadar sürdürebileceğı konuları tartışmalıdır. Günümüzde; biyouyumlu, başlangıç çürüklerini önleyen ve/veya çürüğün ilerlemesini durduran, remineralizasyon sağlayan ve aside daha dirençli bir diş yapısının oluşmasını sağlayabilecek restoratif materyallerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

BÖLÜM VI

ÖZET

SÜT DİŞİ ÇÜRÜKLERİNİN TEDAVİLERİNDE KULLANILAN DİŞ RENGİ RESTORATİF MATERYALLERİN REMİNERALİZASYONA OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmanın amacı çürükten etkilenmiş dentinin, restorasyonda kullanılan yüksek viskoziteli cam iyonomer (Fuji IX) ve kompozit (Surefil) simandan geçen iyonlar ile etkileşim düzeyini mikrosertlik ve elementer analiz incelemelerine tabi tutarak araştırmak ve remineralizasyon düzeylerini saptamaktır.

Çalışmamızın *in situ* bölümünde, aynı ağza cam iyonomer siman ve kondanse edilebilir kompozit siman ile restorasyon yapıldı. İki yıl sonunda dişler çekilerek, restorasyona komşu dentin yüzeyinden başlayarak mikrosertlik ölçümleri ve EDS element analizi yapıldı. *In vitro* bölümde süt molar dişlere standart büyüklükte kaviteler açıldı ve dişler 4 farklı grubu oluşturacak şekilde dörde bölündü. Bir grup, sağlıklı dentin grubunu olacak şekilde herhangi bir işlem yapılmadan bırakıldı, diğer üç grupta, yapay çürük solüsyonu ile kavitelerde standart şekilde çürükten etkilenmiş dentin elde edilip, bir gruba Fuji IX, diğer gruba Surefil kompozit siman uygulandı ve bir grupta ise çürükten etkilenmiş dentin üzerine herhangi bir restoratif materyal uygulanmadı. Restorasyonlar yapıldıktan sonra örneklerle 1 hafta, 1 ay ve 6

ay süre sonunda *in situ* bölümde uygulanan analizler yapıldı. *In vitro* bölümde EDS analizi ile elementer geçişin saptanmasından sonra, oluşan yeni kristal fazın saptanması amacıyla XRD analizi yapıldı. XRD analizi ile saptanan remineralize dokunun, asidik yapay tükürük ortamındaki çözünürlükleri hidroksiapatit ile karşılaştırılarak araştırıldı. Her iki bölümde de gruplar arasındaki ve derinlikler arasındaki farklılığı saptamak ve süreye göre değişimlerini saptamak için Repeated Measure ANOVA testleri, aynı grubun derinlikleri arasında fark var ise Bonferroni testi ile ikili karşılaştırma yapıldı.

Çalışmanın hem *in situ* hem de 6 aylık *in vitro* bulguları değerlendirildiğinde, Fuji IX ile restore edilen çürükten etkilenmiş dentinin restorasyona bitişik mikrosertlik değerlerinin ve flor ve stronsiyum iyonlarının konsantrasyonlarının arttığı saptandı. XRD analiz bulguları değerlendirildiğinde ise 6 ay sonunda cam iyonomer siman ile restorasyon sonucu flor ve stronsiyumun dentinin kristal yapısına entegre olduğu izlendi. Remineralize dokuda oluşan yeni fazın çözünürlük direncinin hidroksiapatite göre daha yüksek olduğu saptandı.

Sonuç olarak stronsiyum esaslı bir cam iyonomer siman olan Fuji IX'un remineralizasyon sağlama yeteneğinin daha fazla olduğu düşünülmekte ancak konu ile ilgili daha fazla çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE REMINERALIZATION EFFECTS OF TOOTH COLOURED RESTORATIVE MATERIALS ON PRIMARY CARIOUS LESIONS

The aim of this study is to investigate the interaction between ionic exchanges from the high viscosity glass ionomer cement (Fuji IX), composite (Surefil) restorative materials and caries affected dentine and to determine the remineralization levels.

In a split mouth design glass ionomer and composite restorations were made *in vivo*. At the end of a two year period the teeth were extracted and microhardness and EDS element analysis were performed starting from the dentin surface adjacent to the restoration *in situ*. In the *in vitro* study model, standard cavities were prepared and the teeth were sectioned to four pieces in order to form the four different groups. The first group was saved as sound dentin and the remaining three were exposed to artificial caries solution in order to create standard caries affected dentin areas. Fuji IX and Surefil was used as restorative materials for two of the caries affected dentin groups and the last group was left unoperated. Following the restorative applications analysis mentioned in the *in situ* study model were performed at the end of 1 week, 1 month and 6 months time intervals. Following the EDS analysis XRD analysis was performed in order to determine new crystal

formation. The dissolution rate of remineralized tissue which was determined with the XRD analysis was also investigated in artificial saliva with comparison to hydroxyapatite. Repeated Measure ANOVA and Bonferroni tests were used to evaluate statistical data.

The microhardness level and concentrations of Sr^{+2} and F^{-} ions of the caries affected dentin adjacent to the restorative material Fuji IX were found to be increased according to *in situ* and 6 month *in vitro* findings. XRD analysis results revealed that F^{-} and Sr^{+2} ions were integrated to the crystal structure of dentin at the end of 6 month interval. The dissolution resistance of new crystal structure formed in remineralized tissue was found to be higher than hydroxyapatite.

As a result a Sr^{+2} based glass ionomer cement Fuji IX is more capable of remineralizing caries affected dentin compared to Surefil and further studies are needed to elaborate this judgement.

BÖLÜM VII

KAYNAKLAR

1. Adrian, J.C., Bernier, J.L., Sprague, W.G. (1971). Laser and Dental Pulp, *J Am Dent. Assoc*, 83:113-117
2. Almqvist, H., Lagerlöf, F. (1993). Influence of Constant Fluoride Levels in Solution on Root Hard Tissue De-and Remineralization Measured By 125I Absorptiometry, *Caries Res*, 27:100-105
3. Angmar-Månsson, B. (2001). How to Measure the Effects of Fluoride Treatments in Clinical Trials? Assessment: Modern Versus Traditional Methods, *Caries Res*, 35:30-33
4. Anusavice, K.J. (1999). Does ART Have a Place in Preservative Dentistry? *Community Dent Oral Epidemiol*, 27:442-448
5. Anusavice, K.J., Kincheloe, J.E. (1987). Comparison of Pain Associated with Mechanical and Chemomechanical Removal of Caries, *J Dent Res*, 66:1680-1683
6. Arends, J., ten Bosch, J.J. (1992). Demineralization and Remineralization Evaluation Techniques, *J Dent Res*, 71:924-928
7. Arnold, W.H., Bietau, V., Renner, P.O., Gaengler, P. (2007). Micromorphological and Micronanalytical Characterization of Stagnating and Progressing Root Caries Lesions, *Arch Oral Biol*, 52:591-597

8. Arnold, W.H., Gaengler, P. (2007). Quantitative Analysis of The Calcium and Phosphorus Content of Developing and Permanent Human Teeth, *Ann. Anat.*, 189:183-190
9. Asaka, Y., Miyazaki, M., Aboshi, H., Yoshida, T., Takamizawa, T., Kurokawa, H., Rikuta, A. (2004). EDX Fluorescence Analysis and SEM Observations of Resin Composites, *J Oral Sci.*, 46:143-148
10. Avery, J.K. (2000). *Dentin* In “Essentials of Oral Histology and Embryology” Ed. by Steele PF 94-106, Mosby, USA.
11. Banerjee, A., Watson, T.F., Kidd, E.A.M. (2000). Dentine Caries Excavation: A Review of Current Clinical Techniques. *Br Dent J*, 188:476-482
12. Banerjee, A., Watson, T.F., Kidd, E.A.M. (2000). Dentine caries: Take it or Leave It? *Dental Update*, 272-276
13. Bao, M.U., Vernois, V., Deschamps, N., Revel, G. (1990). Study of Physiopathological Phenomena in Dental Enamel by Neutron Activation Analysis. *Biol Trace Elem Res*, 26:169-176
14. Beeley, J.A., Yip, H.K., Stevenson, A.G. (2000). Chemomechanical Caries Removal: A Review of the Techniques and Latest Developments, *Br Dent J*, 188:427-430
15. Beltz, R., Herrmann, E., Nordbö, H. (1999). Pronase Digestion of Carious Dentin, *Caries Res*, 33:468-472
16. Bjørndal, L., Thylstrup, A. (1995). A Structural Analysis of Approximal Enamel Caries Lesions and Subjacent Dentin Reactions, *Eur J Oral Sci*, 103:25-31

17. Borczyk, D., Piatowska, D., Krzemiński, Z. (2006). An *in vitro* Study of Affected Dentin as a Risk Factor for the Development of Secondary Caries, *Caries Res.*, 40:47-51.
18. Boue, D., Armau, E., Tiraby, G. (1987). A Bacteriological Study of Rampant Caries in Children, *J Dent Res*, 66:23-28
19. Brudevold, F. Steadman, L.T., Smith, F.A. (1960). Inorganic and organic components of tooth structure, *Ann N. Y Acad Sci*, 29:85:110-132
20. Bulut, G. (2003). Carisolv Jelinin Çürük Süt Dişler Üzerindeki Etkisinin *in vivo* ve *in vitro* Olarak İncelenmesi, Doktora Bitirme Tezi.
21. Burgess, J.O., Walker, R., Davidson, J.M. (2002). Posterior Resin-Based Composite: Review of the Literature, *Pediatr Dent*. 24:465-479
22. Ceballos, L., Camejo, D.G., Victoria Fuentes, M., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R.M., Pashley, D.H. (2003). Microtensile Bond Strength of Total-Etch and Self-Etching Adhesives to Caries-Affected Dentine. *J Dent*. 31:469-477
23. Cengiz, T. (1996). *Endodonti*, Barış Yayınları.
24. Chow, L.C., Takagi, S., Shih, S. (1992). Effect of a Two-Solution Fluoride Mouthrinse on Remineralization of Enamel Lesions *in vitro*, *J Dent Res*, 71:443-447
25. Cole, B.O.I., Welbury, R.R. (2000). The Atraumatic Restorative Treatment (ART) Technique: Does It have a Place in Everyday Practice? *Dent Update*, 27:118-123

26. Courson, F., Bouter, D., Ruse, N.D., Degrange, M. (2005). Bond Strengths of Nine Current Dentine Adhesive Systems to Primary and Permanent Teeth. *J Oral Rehabil.* 32:296-303
27. Craig, R.G., Gehring, P.E., Peyton, F.A. (1959). Relation of Structure to The Microhardness of Human Dentin, *J Dent Res.* 38:624-630
28. Creanor, S.L., Awawdeh, L.A., Saunders, W.P., Foye, R.H., Gilmour, W.H. (1998). The Effect of a Resin-Modified Glass Ionomer Restorative Material on Artificially Demineralised Dentine Caries *in vitro*, *J. Dent.*, 26:527-531.
29. Crisp, S., Kent, B.E., Lewis, B.G., Ferner, A.J., Wilson, A.D. (1980). Glass-ionomer Cement Formulations. II. The Synthesis of Novel Polycarboxylic Acids, *J Dent Res*, 59:1055-1063
30. Daculsi, G., Legeros, R.Z., Jean, A., Kerebel, B. (1987). Possible Physico-Chemical Processes in Human Dentin Caries, *J Dent Res*, 66:1356-1359
31. Damen, J.J., Exterkate, R.A., ten Cate, J.M. (1997). Reproducibility of TMR for the Determination of Longitudinal Mineral Changes in Dental Hard Tissues, *Adv Dent Res*, 11:415-419
32. Davidson, C.L., Hoekstra, J.S., Arends J. (1974). Microhardness of Sound, Decalcified and Etched Tooth Enamel Related to the Calcium Content, *Caries Res.*, 8:135-144.
33. Davidson, C.L., Mjör, I.A. (1999). Advances in Glass Ionomer Cements, Quintessence Publishing Co, Inc.
34. Dayangaç, G.B. (2000). Kompozit Rezin Restorasyonlar, Günes Kitapevi Ltd. Sti., Ankara

35. Draper, N.R., Smith, H. (1998). Applied regression analysis, J. Wiley & Sons, Inc., New York
36. Duckworth, R.M., Gilbert, R.J. (1992). Intra-oral Models to Assess Cariogenicity: Evaluation of Oral Fluoride and pH. *J Dent Res*, 71:934-944
37. Dung, T.Z., Liu, A.H. (1999). Molecular Pathogenesis of Root Dentin Caries, *Oral Dis*, 5:92-99
38. Dunne, S.M., Goolnik, J.S., Millar, B.J., Seddon, R.P. (1996). Caries Inhibition by a Resin Modified and a Conventional Glass Ionomer Cement, *in vitro*, *J. Dent.*, 24:91-94.
39. Eden, E., Topaloglu-Ak, A., Frencken J.E., van't Hof, M. (2006). Survival of Self-etch Adhesive Class II Composite Restorations Using ART and Conventional Cavity Preparations in Primary Molars, *Am J Dent.*, 19:359-363
40. Eidelman, E., Finn, S.B., Koulourides, T. (1965). Remineralization of Carious Dentin Treated with Calcium Hydroxide, *J Dent Child.*, 32:218-225
41. Eisenburger, M., Addy, M., Hughes, J.A., Shellis, R.P. (2001). Effect of time on the remineralisation of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion, *Caries Res*, 35:211-215
42. Ersin, N.K., Candan, U., Aykut, A., Onçağ, O., Eronat, C., Kose, T.A. (2006). Clinical Evaluation of Resin-Based Composite and Glass Ionomer Cement Restorations Placed in Primary Teeth Using The ART Approach: Results at 24 Months, *J Am Dent Assoc.*, 137:1529-1536

43. Exterkate, R.A., Damen, J.J., ten Cate, J.M. (1993). Single-Section Model for Enamel De-and Remineralization Studies. 1. The Effects of Different Ca/P Ratios in Remineralization Solutions, *J Dent Res*, 72:1599-1603
44. Exterkate, R.A., Damen, J.J., ten Cate, J.M. (2005). Effect of Fluoride-Releasing Filling Materials on Underlying Dentinal Lesions *in vitro*, *Caries Res*, 39:509-513
45. Feagin, F., Koulourides, T., Pigman, W. (1969). The Characterization of Enamel Surface Demineralization, Remineralization, and Associated Hardness Changes in Human and Bovine Material, *Arch. Oral Biol*, 14:1407-1417
46. Featherstone, J.D. (1994). Fluoride, Remineralization and Root Caries, *Am J Dent*, 7:271-274
47. Featherstone, J.D., Shields, C.P., Khademazad, B., Oldershaw, M.D. (1983). Acid reactivity of carbonated apatites with strontium and fluoride substitutions. *J Dent Res*. 62:1049-1053
48. Fogel, H.M., Marshall, F.J., Pashley, D.H. (1988). Effects of Distance From the Pulp and Thickness on the Hydraulic Conductance of Human Radicular Dentin, *J Dent Res*, 67:1381-1385
49. Fox, M.R.S., Mickelsen, O. (1959). Salt mixtures for purified-type diets. II. Effect of salts on the Maillard browning reaction. *J Nutr*. 68:289-295
50. Frank, R.M., Voegel, J.C. (1980). Ultrastructure of the Human Odontoblast Process and Its Mineralisation During Dental Caries, *Caries Res*, 14:367-380

51. Frankenberger, R., Tay, F.R. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse Adhesives: Effect of Thermo-mechanical Fatigue Loading on Marginal Quality of Bonded Resin Composite Restorations, *Dent Mater*, 21:397-412
52. Frencken, J.E., Pilot, T., Songpaisan, Y., Phantumvanit, P. (1996). Atraumatic Restorative Treatment (ART) Rationale, Technique, and Development. *J Public Health*, 56:135-140
53. Fuentes, V., Toledano, M., Osorio, R., Carvalho, R.M. (2003). Microhardness of Superficial and Deep Sound Human Dentin. *J Biomed Mater Res A*. 66:850-853
54. Fusayama, T. (1979). Two Layers of Carious Dentin; Diagnosis and Treatment, *Oper Dent*, 4:63-70
55. Fusayama, T. (1988). Clinical Guide for Removing Caries Using A Caries-Detecting Solution, *Quint Int*, 19:397-401
56. Fusayama, T. (1991). Intratubular Crystal Deposition and Remineralization of Carious Dentin, *J Biol Buccale*, 19:255-262
57. Fusayama, T. (1993). Ideal Cavity Preparation for Adhesive Composites, *Asian J Aesthet Dent*, 1:55-62
58. Fusayama, T., Kurosaki, N. (1972). Structure and Removal of Carious Dentin, *Int Dent J*, 22:401-411
59. Gandolfi, M.G., Chersoni, S., Acquaviva, G.L., Piana, G., Prati, C., Mongiorgi, R. (2006). Fluoride Release and Absorption at Different Ph from Glass-ionomer Cements, *Dent Mater*, 22:441-449
60. Gao, W., Smales, R.J., Yip, H.K. (2000). Demineralisation and Remineralisation of Dentine Caries and The Role of Glass-Ionomer Cements, *Int Dent J*, 50:51-56

61. García-Godoy, F., Hicks, M.J. (2008). Maintaining the Integrity of the Enamel Surface: The Role of Dental Biofilm, Saliva and Preventive Agents in Enamel Demineralization and Remineralization, *J Am Dent Assoc*, 139:25-34
62. Ghazali, F.B.C. (2003). Permeability of Dentin, *Malaysian J Med Sci* 10:27-36
63. Goldman, M., Kronman, J.H. (1976). A preliminary report on a chemomechanical means of removing caries, *J Am Dent Assoc*, 93:1149-1153
64. Goldstein, J., Newbury, D., Joy, D., Lyman, C., Echlin, P., Lifshin, E., Sawyer, L., Michael, J. (2003). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, Kluwer Academic, Plenum Publishers, New York
65. Goldstein, R.E., Parkins, F.M. (1995). Using Air-Abrasive Technology to Diagnose and Restore Pit And Fissure Caries, *J Am Dent Assoc*, 126:761-766
66. Gonzales-Cabeaz, C., Fontana, M., Dunipace, A.J., Li, Y., Fischer, G.M., Proskin, H.M., Stookey, G.K. (1998). Measurement of Enamel Remineralization Using Microradiography And Concofocal Microscopy, *Caries Res*, 32:385-392
67. Goto, G., Zhang, Y. (1996). Kinetic Cavity Preparation: Protection Of The Cavo Surface Enamel, *J Clin Pediatr Dent*, 21:61-65
68. Hargreaves, K.M., Goodis, H.E. (2002). Seltzer and Bender's Dental Pulp. China, Quintessence Publishing Co., Inc.

69. Hatton, P.V., Brook, I.M. (1992). Characterisation of The Ultrastructure of Glass-Ionomer (Poly-Alkenoate) Cement, *Br Dent J*, 173:275-277
70. Hotta, M., Li, Y., Sekine, I. (2001). Mineralization in Bovine Dentin Adjacent to Glass-ionomer Restorations, *J. Dent.*, 29:211-215
71. Inaba, D., Ruben, J., Takagi, O., Arends, J. (1996). Effect of Sodium Hypochlorite Treatment on Remineralization of Human Root Dentine *in vitro*, *Caries Res*, 30:218-224
72. Itota, T., Nakabo, S., Torii, Y., Narukami, T., Doi, J., Yoshiyama, M. (2006). Effect of Fluoride-Releasing Liner on Demineralized Dentin, *Quintessence Int.*, 37:297-303
73. Jackson, R.D., Morgan, M. (2000). The New Posterior Resins and Simplified Placement Technique, *J Am Dent Assos*, 131:375-383
74. Jeanjean, J., J. (1996). *Solid State Chem.*, 126:195
75. Jeanjean, J., Vincent, U., Fedoroff, M., J. (1994). *Solid State Chem.*, 108:68
76. Johnson, M.W., Taylor, B.R., Berman, D.S. (1969). The Response of Deciduous Dentine to Caries Studied by Correlated Light and Electron Microscopy, *Caries Res*, 3:348-368
77. Kaaden, C., Powers, J.M., Friedl, K.H., Schmalz, G. (2002). Bond Strength of Self-Etching Adhesives to Dental Hard Tissues. *Clin Oral Investig*, 6:155-160
78. Kashani, H., Birkhed, D., Arends, J., Ruben, J., Petersson, L.G., Odelius, H. (1998). Effect of Toothpicks With and Without Fluoride on

De-and Remineralization of Enamel and Dentine *in situ*, *Caries Res*, 32:422-427

79. Kato, S., Fusayama, T. (1970). Recalcification of Artificially Decalcified Dentin *in vivo*, *J Dent Res*, 49:1060-1067

80. Keller, U., Hibst, R., Geurtsen, W., Schilke, R., Heidemann, D., Klaiber, B., Raab, W.H. (1998). Erbium:YAG Laser Application in Caries Therapy. Evaluation of Patient Perception and Acceptance, *J Dent*, 26:649-656

81. Kirkham, J., Robinson, C., Strong, M., Shore, R.C. (1994). Effects of Frequency and Duration of Acid Exposure on Demineralization/Remineralization Behaviour Of Human Enamel *in vitro*, *Caries Res*, 28:9-13

82. Kleter, G.A., Damen, J.J., Everts, V., Niehof, J., ten Cate, J.M. (1994). The Influence of the Organic Matrix on Demineralization of Bovine Root Dentin *in vitro*, *J Dent Res*, 73:1523-1529

83. Kleverlaan, C.J., Duinen, R.N.B., Feilzer, A.J. (2004). Mechanical Properties of Glass Ionomer Cements Affected by Curing Methods, *Dent Mater*, 20:45-50

84. Klont, B., ten Cate, J.M. (1990). Release of Organic Matrix Components from Bovine Incisor Roots During *in vitro* Lesion Formation, *J Dent Res*, 69:896-900

85. Klont, B., ten Cate, J.M. (1991). Remineralization of Bovine Incisor Root Lesions *in vitro*: The Role Of The Collagenous Matrix. *Caries Res*, 25:39-45

86. Koutsi, V., Noonan, R.G., Horner, J.A., Simpson, M.D., Matthews, W.G., Pashley, D.H. (1994). The Effect of Dentin Depth on The Permeability and Ultrastructure of Primary Molars, *Pediatr Dent*, 16:29-35
87. Lee, W.L., Shalita, A.R., Poh-Fitzpatrick, M.B. (1978). Comparative Studies of Porphyrin production in *Propionibacterium Acnes* and *Propionibacterium Granulosum*, *J Bacteriol* 133:811-815
88. Levine, R.S. (1972). Remineralization of Human Carious Dentine *in vitro*, *Arch Oral Biol.*, 17:1005-1008
89. Liebenberg, W.H. (1997). A Useful Evacuation Aid for Intraoral Air-Abrasive Devices, *Quint Int*, 28:105-108
90. Linde, A., Goldberg, M. (1993). Dentinogenesis, *Crit Rev Oral Biol Med*, 4:679-728
91. Little, M.F., Steadman, L.T. (1966). Chemical And Physical Properties of Altered and Sound Enamel. IV. Trace Element Composition, *Arch Oral Biol*, 11:273-278
92. Lo, E.C., Holmgren, C.J. (2001). Provision of Atraumatic Restorative Treatment (ART) restorations to Chinese Pre-School Children--a 30-month Evaluation, *Int J Paediat Dent*, 11:3-10
93. Low, I.M., Duraman, N., Mahmood, U. (2008). Mapping the Structure, Composition and Mechanical Properties of Human Teeth, *Mat Sci Eng C.*, 28:243-247
94. Manhart, J., Kunzelmann, K.H., Chen, H.Y., Hickel, R. (2000). Mechanical Properties and Wear Behavior of Light-Cured Packable Composite Resins, *Dent Mater*, 16:33-40

95. Manly, R.S, Hodge, H.C. (1939). Density and Refractive Index Studies of Dental Hard Tissues, *J Dent Res*, 18:133-141
96. Manning, R.H., Edgar, W.M. (1992). Intra-Oral Models for Studying De-and Remineralization in Man: Methodology and Measurement, *J Dent Res*, 71:895-900
97. Maroli, S., Khera, S.C., Krell, K.V. (1992). Regional Variation in Permeability of Young Dentin, *Oper Dent*, 17:93-100
98. Marshall, Jr.G.W., Marshall, S.J., Kinneyt, J.H., Ballooch, M. (1997). The Dentin Substrate: Structure and Properties Related to Bonding, *J Dent*, 25:441-458
99. Massara, M.L., Alves, J.B., Brandao P.R. (2002) .Atraumatic Restorative Treatment: Clinical, Ultrastructural and Chemical Analysis, *Caries Res*, 36: 430-436
100. Massler, M. (1967). Pulpal Reactions to Dental Caries, *Int Dent J*, 17:441-460
101. Mjör, I.A. (1985). Dentin-Predentin Complex and its Permeability: Pathology and Treatment Overview, *J Dent Res.*, 64:621-627
102. Mounth, G.J. (1990). An Atlas of Glass-Ionomer Cements, A Clinicians's Guide.
103. Nelson, D.G., Featherstone, J.D. (1982). Preparation, analysis, and characterization of carbonated apatites. *Calcif Tissue Int.*, 34:69-81
104. Ngo, H., Ruben, J., Arends, J., White, D., Mount, G.J., Peters, M.C., Faller, R.V., Pfarrer, A. (1997). Electron Probe Microanalysis And Transverse Microradiography Studies of Artificial Lesions in Enamel and Dentin: A Comparative Study, *Adv Dent Res.*, 11:426-432

105. Ngo, H.C., Mount, G., Mc Intyre, J., Tuisuva, J., Von Doussa, R.J. (2006). Chemical Exchange Between Glass-ionomer Restorations and Residual Carious Dentine in Permanent Molars: An *in vivo* Study, *J Dent*, 34:608-613
106. Nikiforuk, G. (1985). Understanding Dental Caries: Etiology and Mechanisms, Basic and Clinical Aspects. Basel, Karger
107. Ohgushi, K., Fusayama, T. (1975). Electron Microscopic Structure of the Two Layers of Carious Dentin. *J Dent Res*, 54:1019-1026
108. Önal B.(2001). Restoratif Dişhekimliğinde Maddeler Bilgisi. Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları, Bornova-İzmir
109. Pashley, D., Okabe, A., Parham, P. (1985). The Relationship Between Dentin Microhardness and Tubule Density. *Endo Dent Traumatol*, 1:176-179
110. Pashley, E.L., Talman, R., Horner, J.A., Pashley, D.H. (1991). Permeability of Normal Versus Carious Dentin, *Endod Dent Traumatol*, 7:207-211
111. Pereira, P.N., Inokoshi, S., Tamada, T., Tagami, J. (1998). Microhardness of *in vitro* Caries Inhibition Zone Adjacent to Conventional and Resin Modified Glass Ionomer Cements, *Dent Mater*, 14:179-185
112. Peters, M.C., McLean, M.E. (2001). Minimally Invasive Operative Care. II. Contemporary Techniques and Materials: an Overview, *J Adhes Dent*, 3:17-31
113. Peumans, M., Van Meerbeek, B., Asscherickx, K., Simon, S., Abe, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2001). Do Condensable Composites Help to Achieve Better Proximal Contacts?, *Dent Mater*, 17:533-541

114. Poskus, L.T., Placido, E., Cardoso, P.E. (2004). Influence of Placement Techniques on Vickers and Knoop Hardness of Class II Composite Resin Restorations, *Dent Mater.* 2004 20:726-732
115. Posner, A.S., Diorio, A.F., (1958). *Acta Crystallogr.*, 11:308
116. Prati, C., Chersoni, S., Mongiorgi, R., Montanari, G., Pashley, D.H. (1999). Thickness and Morphology of Resin-Infiltrated Dentin Layer in Young, Old, and Sclerotic Dentin, *Oper Dent*, 24:66-72
117. Puscharovskii, D.Y., Nadezina, T.N., Khomyakov, A.P., (1987). *Kristallografiya*, 32:891
118. Rameshbabu, N., Sampath Kumar, T.S., Prasad, K. (2006). Synthesis of Nanocrystalline Fluorinated Hydroxyapatite by Microwave Processing and its *In vitro* Dissolution Study, *Bull Mater Sci.*, 29:611-615
119. Rinehart, J.D., Taylor, T.D., Tian, Y., Latour, R.A. Jr.J. (1999). Real-time dissolution measurement of sized and unsized calcium phosphate glass fibers. *Biomed Mater Res.*, 48:833-840
120. Rutar, J., McAllan, L., Tyas, M.J. Clinical Evaluation Of A Glass Ionomer Cement in Primary Molars, *Pediatr Dent.*, 22:486-488
121. Sakar-Deliormanli, A., Güden, M. (2006). Microhardness and Fracture Toughness of Dental Materials by Indentation Method, *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 76:257-264
122. Santiago, B.M., Ventin, D.A., Primo, L.G., Barcelos, R. (2005). Microhardness of Dentine Underlying ART Restorations in Primary Molars: An *in vivo* Pilot Study, *Br Dent. J.*, 199:58

123. Shah, H.N., Bonnett, R., Mateen, B., Williams, R.A. (1979). The Porphyrin Pigmentation of Subspecies of *Bacteroides Melaninogenicus*, *Biochem J*, 180:45-50
124. Shovelton, S. (1972). The Maintenance Of Pulpal Vitality, *Br Dent J*, 133:95-101
125. Silverstone, L.M., Hicks, M.J. (1985). The Structure and Ultrastructure of the Carious Lesion in Human Dentin, *Gerodontology*, 1:185-193
126. Smales, R.J., Ngo, H.C., Yip, K.H., Yu, C. (2005). Clinical Effects of Glass Ionomer Restorations on Residual Carious Dentin in Primary Molars, *Am J Dent.*, 18(3):188-193
127. Smales, R.J., Yip, H.K. (2002). The Atraumatic Restorative Treatment (ART) Approach for the Management of Dental Caries, *Quintessence Int*, 33:427-432
128. Soncini, J.A., Maserejian, N.N., Trachtenberg, F., Tavares, M., Hayes, C. (2007). The Longevity of Amalgam Versus Compomer/Composite Restorations in Posterior Primary and Permanent Teeth: Findings from the New England Children's Amalgam Trial, *J Am Dent Assoc*, 138:763-772
129. Sønju Clasen, A.B., Ogaard, B., Duschner, H., Ruben, J., Arends, J., Sønju, T. (1997). Caries Development in Fluoridated and Non-Fluoridated Deciduous and Permanent Enamel *in situ* Examined by Microradiography and Confocal Laser Scanning Microscopy, *Adv Dent Res*, 11:442-447

130. Stanley, H.R., Pereira, J.C., Spiegel, E., Broom, C., Schultz, M. (1983). The Detection and Prevalence of Reactive and Physiologic Sclerotic Dentin, Reparative Dentin and Dead Tracts Beneath Various Types of Dental Lesions According to Tooth Surface and Age, *J Oral Pathol*,12:257-289
131. Stanley, H.R., Swedlow, H. (1960). Biological Effects of Various Cutting Methods in Cavity Preparation: The Part Pressure Plays In Pulpal Response, *J Am Dent Assoc*, 61:450-456
132. Sudarsanan, K., Young, R.A., (1978). *Acta Crystallogr., Sec B*, 34:1401
133. Sudarsanan, K., Young, R.A., (1978). *Acta Crystallogr., Sec B*, 34:1402
134. Sumikawa, D.A., Marshall, G.W., Gee, L., Marshall, S.J. (1999). Microstructure of primary tooth dentin. *Pediatr Dent*, 21:439-444
135. Taifour, D., Frencken, J.E., Beiruti, N., Vant Hof, M.A., Truin, G.J. (2002). Effectiveness of Glass- Ionomer (A.R.T.) and Amalgam Restorations in the Deciduous Dentition: Result after 3 Years. *Caries Res.*, 36:437-444
136. Tatsumi, T., Inokoshi, S., Yamada, T., Hosoda, H. (1992). Remineralization of Etched Dentin, *J. Prosthet. Dent.*, 67:617-620
137. Ten Bosch, J.J., Angmar-Mansson, B. (1991). A Review of Quantitative Methods for Studies of Mineral Content of Intra-Oral Incipient Caries Lesions, *J Dent Res*, 70:2-14
138. ten Cate, J.M. (1994). *In situ* models, physico-chemical aspects. *Adv Dent Res*, 8:125-133

139. ten Cate, J.M., Damen, J.J., Buijs, M.J. (1998). Inhibition of Dentin Demineralization by Fluoride *in vitro*, *Caries Res*, 32:141-147
140. ten Cate, J.M., van Duinen, R.N. (1995). Hypermineralization of Dentinal Lesions Adjacent to Glass-Ionomer Cement Restorations, *J Dent Res.*, 74:1266-1271
141. Thuy, T.T., Nakagaki, H., Kato, K., Hung, P.A., Inukai, J., Tsuboi, S., Nakagaki, H., Hirose, M.N., Igarashi, S., Robinson, C. (2008). Effect of strontium in combination with fluoride on enamel remineralization *in vitro*. *Arch Oral Biol*. 53:1017-1022
142. Tyas, M.J., Anusavice, K.J., Frencken, J.E., Mount, G.J. (2000). Minimal Intervention Dentistry--a Review, *Int Dent J*, 50:1-12
143. Van Meerbeek, B., Inokoshi, S., Braen, M., Lambrechts, P., Vanherle, G. (1998). Morphological Aspects of the Resin Based Interdiffusion Zone with Different Dentin Adhesive Systems, *J Dent Res*, 7:1530-1540
144. Venugopalan, R., Lucas, L.C. (1998) Evaluation of restorative and implant alloys galvanically coupled to titanium. *Dent Mater.*, 14:165-172
145. Verges, M., (1983). Department of Quimica Inorganica, Badajoz, Spain, Private Communication
146. Vermeersch, G., Leloup, G., Vreven, J. (2001). Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil* 28:26-32
147. Vieira, A.S., dos Santos, M.P., Antunes, L.A., Primo, L.G., Maia, L.C. (2007). Preparation time and sealing effect of cavities prepared

by an ultrasonic device and a high-speed diamond rotary cutting system. *J Oral Sci* 49:207-211

148. Weerheijm, K.L., Groen, H.J. (1999). The Residual Caries Dilemma, *Community Dent Oral Epidemiol*, 27:436-441

149. Wei, S.H., Koulourides, T. (1972). Electron Microprobe and Microhardness Studies of Enamel Remineralization, *J Dent Res*, 51:648-651

150. Welbury, R.R. (1997). Paediatric Dentistry, Oxford University Press, Hong Kong

151. White, D.J. (1995). The Application of *in vitro* Models to Research on Demineralization and Remineralization of the Teeth, *Adv Dent Res*, 9:175-193

152. White, D.J., Faller, R.V., Bowman, W.D. (1992). Demineralization and Remineralization Evaluation Techniques-Added Considerations, *J Dent Res*, 71:929-933

153. White, J.M., Eakle, W.S. (2000). Rationale and Treatment Approach in Minimally Invasive Dentistry, *J Am Dent Assoc*, 131:13-19

154. Wilson, A.D., Kent, B.E. (1972). A New Translucent Cement For Dentistry, *Br Dent J*, 132:133-135

155. Wright, G.Z., Hatibovic-Kofman, S., Millenaar, D.W., Broverman, L. (1999). The Safety and Efficiency of Treatment with Air Abrasion Technology, *Int Paediatr Dent*, 9:133-140

156. Xu, H.H, Kelly, J.R., Jahanmir, S., Thompson, V.P., Rekow, E.D. (1997). Enamel Subsurface Damage Due to Tooth Preparation with Diamonds, *J Dent Res*, 76:1698-1706

157. Xue, J., Zhang, L., Zou, L., Liao, Y., Li, J., Xiao, L., Li, W. (2008). High-Resolution X-Ray Microdiffraction Analysis of Natural Teeth, *J Synchrotron Radiat.*, 15:235-238
158. Yip, H.K., Samaranayake, L.P. (1998). Caries Removal Techniques And Instrumentation, A Review, *Clin Oral Invest*, 2:148-154
159. Young, R.A., Mackie, P.E., (1980). *Mater Res Bull.*, 15:17
160. Zaura-Arite, E., Exterkate, R.A., ten Cate, J.M. (1999). Effect of High Fluoride Concentration on Bovine Dentin Demineralization in Narrow Grooves *in vitro*, *Eur. J. Oral Sci.*, 107:455-460
161. Zero, D.T., Rahbek, I., Fu, J., Proskin, H.M., Featherstone, J.D. (1990). Comparison of the iodide permeability test, the surface microhardness test, and mineral dissolution of bovine enamel following acid challenge. *Caries Res*, 24:181-188
162. Zuidgeest, T.G., Herkströter, F.M., Arends, J. (1990). Mineral Density and Mineral Loss After Demineralization at Various Locations in Human Root Dentine. A Longitudinal Microradiographic Study, *Caries Res*, 24:159-163

ÖZGEÇMİŞ

30.11.1979 yılında İzmir’de doğdum. İlk öğrenimimi İzmir Hakimiyet-i Milliye İlköğretim Okulu’nda, orta ve lise öğrenimimi İzmir 60 Yıl Anadolu Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1997-2002 yılları arasında Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi’nde üniversite eğitime devam ettim. 2002 yılında aynı üniversitenin Pedodonti Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaya başladım ve halen devam etmekteyim. Evliyim.