



**FUJİ IX CAM İYONOMER SİMANA FARKLI YÜZDELERDE İLAVE EDİLEN TRİSODYUM
TRİMETAFOSFATIN CAM İYONOMER SİMANIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE FLOR
SALIM, GERİ ALIM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sena KARAKAYA

**UZMANLIK TEZİ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

ARALIK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sena KARAKAYA

04.12.2023

FUJİ IX CAM İYONOMER SİMANA FARKLI YÜZDELERDE İLAVE EDİLEN TRİSODYUM
TRİMETAFOSFATIN CAM İYONOMER SİMANIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE FLOR SALIM,
GERİ ALIM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
(Uzmanlık Tezi)

Sena KARAKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Aralık 2023

ÖZET

Çalışmada yüksek viskoziteli cam iyonomer siman GC Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya) içerisine remineralizasyon etkinliği bulunan, siklik formda bir fosfat bileşimi olan trisodyum trimetafosfat (TMP) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA) ağırlıkça %7 ve %14 oranlarında ilave edilerek simanın yüzey pürüzlülüğü ve flor salım, geri alım özelliklerine olan etkisinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma için kontrol grubu Fuji IX GP, %7 TMP + Fuji IX, %14 TMP + Fuji IX olmak üzere 3 grup oluşturuldu. Yüzey pürüzlülüğü testleri için 9mm çapında, 2mm derinliğinde kalıplara yerleştirilen örnekler (n= 8), 10 dakika sonra kalıplardan çıkartılıp distile deiyonize su içerisinde saklandı ve 24. ve 168. Saatlerde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapıldı. Flor salım testleri içinse 9mm çapında, 3mm derinliğinde hazırlanan örnekler (n=9), sertleşmeyi takiben 1 saat %100 nemli ortamda bekletildi, 8ml distile deiyonize su içerisinde saklandı. Flor testi için ölçümler 1. 2. 7. 14. 21. 28. günlerde yapıldı. 28. günden itibaren örnekler 14 gün boyunca flor geri alımı için 1000 ppm NaF içeren solüsyon içerisinde her gün 5 dk bekletildi 42. günde ve geri alım protokolünden 7 gün sonra 49. günde flor salım değerleri ölçümü yapıldı. Yüzey pürüzlülüğü testleri için çalışma grupları ve farklı zamanlarda elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılaştırılmasında Bağımlı Örneklem T ve ANOVA testleri uygulandı. Farklı zamanlarda gruplardan elde edilen flor ölçümlerinin ortalamalarının karşılaştırılmasının araştırılmasında varsayımlar kontrol edildi (küresellik varsayımı; Mauchly's test $p<0,05$) ve İki Yönlü Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi uygulandı. Farkı yaratan grup ya da grupların analizi için Düzeltilmiş Bonferroni testleri uygulandı. Analizler IBM SPSS 25 programında gerçekleştirildi. Yüzey pürüzlülüğü testleri sonucunda 24. Saat ölçümlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlendi ($p=0,000$, $p=0,000$ ve $p=0,005$). Ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde en yüksek değer % 14 TMP + Fuji IX grubunda izlendi bunu sırasıyla %7 TMP + Fuji IX ve Fuji IX grupları takip etti. 168. saatte yapılan ölçümlerde ise TMP ilave edilen grupların pürüzlülük ortalamaları kontrol grubunun ortalamasından yüksek bulundu. Flor salım ve geri alım testlerinde ise 14.gün ile 49.gün ölçümleri arasındaki farklılık bulunmadı, bunun dışında olan tüm zamanlarda elde edilen ölçümlerin birbirleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edildi ($p<0,05$). Tüm zamanlarda TMP ilave edilen grupların flor salım ortalamaları kontrol grubu ortalamasından yüksek bulundu. %14 TMP + Fuji IX grubunun flor salım ortalaması %7 TMP+ Fuji IX grubunun ortalamasından fazla olarak bulundu ($p<0,05$). Yine % 14 TMP + Fuji IX grubunun en yüksek geri alım değerini gösterdiği bulundu.

Bilim Kodu : 10101.03
Anahtar Kelimeler : Cam iyonomer siman, trisodyum trimetafosfat, sodyum trimetafosfat, yüzey pürüzlülüğü, flor salım ve geri alım
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Çağdaş ÇINAR

EVALUATION OF THE EFFECT OF TRISODIUM TRIMETHAPHOSPHATE ADDED IN DIFFERENT PERCENTAGES TO FUJI IX GLASS IONOMER CEMENT ON THE SURFACE ROUGHNESS AND FLUORIDE RELEASE AND UPTAKE PROPERTIES OF GLASS IONOMER CEMENT

(Speciality Thesis)

Sena KARAKAYA

GAZİ UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

December 2023

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the addition of 7% and 14% by weight of trisodium trimethaphosphate (TMP) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA), a cyclic phosphate compound with remineralization activity, into GC Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japan), a high viscosity glass ionomer cement, on the surface roughness and fluoride release and uptake properties of the cement under in vitro conditions. For the study, 3 groups were formed as control group Fuji IX GP, 7% TMP + Fuji IX, 14% TMP + Fuji IX. For surface roughness tests, samples (n=8) placed in 9mm diameter, 2mm deep molds and removed from the molds after 10 minutes, stored in distilled deionized water and surface roughness measurements were performed at 24th and 168th hours. For fluoride release tests, 9mm diameter, 3mm deep specimens (n=9) were kept in 100% humidity for 1 hour after hardening and stored in 8ml distilled deionized water. Measurements for the fluoride test were made on days 1, 2, 7, 14, 21 and 28 starting from the 28th day, the samples were kept in a solution containing 1000 ppm NaF for 14 days for fluoride uptake for 5 minutes every day and fluoride release values were measured on the 42nd day and 7 days after the uptake protocol on the 49th day. For surface roughness tests, Dependent Sample T and ANOVA tests were applied to compare the surface roughness values obtained from the study groups and at different times. To investigate the comparison of the mean fluoride measurements obtained from the groups at different times, assumptions were checked (sphericity assumption; Mauchly's test $p < 0.05$) and Two-Way Repeated Measures ANOVA test was applied. Adjusted Bonferroni tests were applied to analyze the group or groups that made the difference. Analyses were performed in IBM SPSS 25 program. As a result of the surface roughness tests, statistically significant differences were determined between all groups at 24 hours ($p=0.000$, $p=0.000$ and $p=0.005$). The highest mean surface roughness value was observed in the 14% TMP + Fuji IX group, followed by the 7% TMP + Fuji IX and Fuji IX groups, respectively. At 168 hours, the roughness averages of the TMP added groups were higher than the average of the control group. In the fluoride release and uptake tests, there was no difference between the measurements taken on the 14th day and the 49th day, but statistically significant differences were found between the measurements obtained at all other times ($p < 0.05$). The fluoride release averages of the groups to which TMP was added at all times were higher than the average of the control group. The fluoride release average of the 14% TMP + Fuji IX group was higher than the average of the 7% TMP + Fuji IX group ($p < 0.05$). It was also found that 14% TMP + Fuji IX group showed the highest uptake value.

Science Code : 10101.03

Key Words : Glass ionomer cement, trisodium trimetaphosphate, sodium trimetaphosphate, surface roughness, fluoride release and uptake

Page Number : 85

Supervisor : Prof. Dr. Çağdaş ÇINAR

TEŞEKKÜR

Uzmanlık sürecimde bilgilerini, desteğini esirgemeyen, tüm süreçte emeğini her zaman hissettiğim değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Çağdaş ÇINAR'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca üzerimde emekleri olan Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine ve asistan arkadaşlarıma,

Tez sürecinde katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Aysel BERKKAN, Doç. Dr. Sinem AKGÜL ve Dr. Arş. Gör. Hüma YILMAZ'a

Tez sürecimin bütün zorluklarında yanımda olup, destek veren değerli arkadaşım Nuray MUCUK'a,

Her zaman desteğini hissettiğim tez dönemim dahil nazımı çeken canım eşim Mustafa KARAKAYA'ya,

Beni bu günlere getiren, her anımda desteklerini hissettiğim canım aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Cam İyonomer Simanlar	3
2.1.1. Cam iyonomer simanların içeriği	3
2.1.2. Cam iyonomer simanların tipleri ve kullanım alanları	4
2.1.3. Cam iyonomer simanların dış dokularına bağlanma özelliği	5
2.1.4. Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu	6
2.1.5. Cam iyonomer simanların flor salım ve geri alım özellikleri	7
2.1.6. Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri	8
2.1.7. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini artırmak için yapılan modifikasyonlar	8
2.1.8. Cam iyonomer simanların antimikrobiyal etkinliği	14
2.1.9. Cam iyonomer simanların antimikrobiyel özelliklerini artırmak için yapılan çalışmalar	14
2.2. Fosfatlar	19
2.2.1. Kalsiyum Fosfat sistemler	22

	Sayfa
2.2.2. Polifosfat sistemler	26
2.3. Cam İyonomer Simanların Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi	33
2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü testleri	33
2.3.2. Flor salım ve geri alım testleri	33
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi	38
3.2. Flor Salım ve Geri Alım Testi	40
4. BULGULAR	43
4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi	43
4.2. Flor Salım ve Geri Alım Testleri	44
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Klinik kullanım için cam iyonomer simanların ISO gereksinimleri	8
Çizelge 4.1. Çalışma grupları ve zamana göre ortalama Ra (μm) değerlerinin karşılaştırılması	43
Çizelge 4.2. Çalışma grupları ve zamana göre flor salım (ppm) değerlerinin karşılaştırılması	45



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Çalışma gruplarının 24.- ve 168.- saatteki yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin çizgi grafiği	44
Şekil 4.2. Çalışma grupları ve zamana göre flor salım (ppm) değerlerinin dağılımı ve çizgi grafiği.....	45



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. GC Fuji IX GP	37
Resim 3.2. Hassas tartı cihazı	38
Resim 3.3. Trisodyum Trimetafosfat.....	38
Resim 3.4. Örneklerin hazırlanması ve distile su içerisine yerleştirilmesi	40
Resim 3.5. Profilometre cihazı	40
Resim 3.6. Flor salım ve geri alım değerleri ölçümü için örneklerin hazırlanması	42
Resim 3.7. Örneklerin etüve yerleştirilmesi.....	42
Resim 3.8. İyon analiz cihazı ve bağlı iyon spesifik elektrot.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
Ag	Gümüş
Al⁺³	Alüminyum
Al₂O₃	Alümina
AlF₃	Alüminyum triflorür
AlPO₄	Alüminyum fosfat
Ca⁺²	Kalsiyum
Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂	Hidroksiapatit
Ca₁₀(PO₄)₆F₂	Florapatit
CaF₂	Kalsiyum florit
CaHPO₄	Dikalsiyum fosfat
COO⁻	Karboksilat
COOH	Karboksil grubu
H₃O⁺	Hidronyum
HF	Hidroflorik asit
LaF₃	Lantan triflorür
Na⁺	Sodyum
Na₃AlF₆	Kriyolit
Na₃P₃O₉	Trisodyum trimetafosfat
NaF	Sodyum florür
pH	Çözeltinin asitlik ve bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
PO₄³⁻	Fosfat
SiO₂	Silika

Kısaltmalar	Açıklamalar
ART	Atravmatik restoratif tedavi
B-TCP	Beta-trikalsiyum fosfat
CaGP	Kalsiyum gliserofosfat
CHX	Klorheksidin
CPP	Kazein fosfopeptit
CPP-ACFP	Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum florür fosfat
CPP-ACP	Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat
DMFS	Çürük, dolgu ve kayıp yüzey sayısı
DNA	Deoksiriboz nükleik asit
EGCG	Epigallocatechin-3-gallate
fTCP	İşlevselleştirilmiş beta-trikalsiyum fosfat
GTF	Glukoziltransferaz
HEMA	2-hidroksietil metakrilat
HMP	Sodyum heksametafosfat
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
LED	Işık yayan diyet
PQAS	Poli kuarterner amonyum tuzu
PRG	Önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer partikülleri
RMCI	Rezin modifiye cam iyonomer siman
TISAB	Total ionic strength adjustment buffer solution
TMP	Trisodyum trimetafosfat

1. GİRİŞ

Diş çürükleri çocukluk çağıının en sık görülen kronik hastalığıdır ve astımdan beş kat, saman nezlesinden yedi kat daha sık görülür. Süt dişlerindeki diş çürükleri, tedavi edilmediğinde ağrı, bakteriyemi, yüksek tedavi maliyetleri, büyüme ve gelişmede azalma, konuşma bozuklukları ve erken diş kaybı ile birlikte çiğneme bozukluğu, özgüven kaybı, ve kalıcı dişlerde hasara neden olabilmektedir [1].

Tarih boyunca insan vücudunda, özellikle ağız kavitesinde çeşitli materyaller kullanılmıştır ve kullanılan bu materyallerde kararlı ve pasif olmaları, çevreyle hiçbir etkileşimde bulunmamaları gibi özellikler aranmaktadır. Genel olarak amalgam, rezin materyaller ve birçok siman böyle bir karaktere sahiptir [2,3]. Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin birçoğu, birbirine karışan ve kimyasal reaksiyona giren iki veya daha fazla bileşen olarak bulunabilir ve bu sırada materyalin mekanik ve fiziksel özellikleri önemli ölçüde değişebilir [4]. Rutin diş hekimliği uygulamalarında amalgam, rezin kompozitler ve cam iyonomer simanlar gibi farklı türde direkt restoratif materyaller kullanılmaktadır [5].

Cam iyonomer simanlar önemsiz bir ısı oluşumu veya büzülme ile mine ve dentine kimyasal olarak bağlanma, pulpa ve periodontal dokularla biyouyumluluk, karyostatik ve antimikrobiyal etki üreten flor salınımı ve diş yapısına benzer bir termal genleşme katsayısına sahip olan materyallerdir. Bununla birlikte, nispeten düşük fiziksel özellikleri ve aşınma direnci, erken dönemde neme karşı hassasiyetleri gibi olumsuz özellikleri kullanımını sınırlandırmaktadır [6,7]. Cam iyonomer simanların mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla alümina, zirkonya, silisyum karbür, hidroksiapatit ve biyoaktif cam gibi çeşitli malzemeler ilave edilmiştir. Ayrıca cam iyonomer simanların antimikrobiyal özelliklerini, içerisine farklı malzemeler ekleyerek geliştirmek için bazı çabalar sarf edilmektedir. Bu potansiyel materyallerin eklenmesinin cam iyonomer simanların özelliklerini iyileştirdiğine ve böylece klinik diş hekimliğinde daha geniş uygulama alanı sağladığına inanılmaktadır [8].

Trisodyum trimetafosfat (TMP) ise uygulandığında hidroksiapatit çözünürlüğünü azaltan bir fosfat tuzudur [9]. Florlu diş macunlarının kullanımının diş çürüğünü azaltıcı etkisi

bilinmektedir. Ancak florun diş çürükleri üzerindeki etkisindeki sınırlamaları göz önüne alındığında florun etkinliğini artırma konusunda birtakım materyaller kullanılmaktadır bunlardan birisi de inorganik fosfatlardır. Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda diyeteye katılan fosfat tuzlarının çürük önlemede etkinliği ispatlanmıştır [9].

Bu tez çalışmasında remineralizasyon etkinliği bulunan trisodyum trimetafosfat, bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan Fuji IX GP tozu içerisine ağırlıkça farklı yüzdelerde ilave edilerek *in vitro* koşullarda yüzey pürüzlülüğü ve flor salım, geri alım özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar 1970'lerin başında Wilson ve Kent tarafından tanımlanmış silikat siman ve poli-karboksilat simanlardan türetilmiştir. Bu simanlar 1975'te piyasaya sürülmüş, ancak bunların bugün mevcut malzemelerle karşılaştırıldığında çok düşük özelliklere sahip olduğu görülmüştür [3,4,10].

Cam iyonomer siman terimi çok öncelerden beri yayınlarda kullanılmaktadır, *Uluslararası Standardizasyon Örgütü'ne (ISO)* göre doğru terim cam polialkenoat siman olsa da cam iyonomer terimi diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan kabul görmüş bir terimdir [3,4,11].

Cam iyonomer simanlar, klinik diş hekimliğinde restorasyonlar, kaide materyali, yapıştırıcı maddeler, fissür örtücüler ve ortodontik braket için yapıştırıcılar dahil olmak üzere yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca diş dokularıyla biyouyumluluk, diş dokularına kimyasal bağlanma yeteneği ve flor salım özellikleriyle öne çıkmaktadır. Bununla birlikte termal genleşme kat sayısı da diş dokularına benzerdir [12].

Cam iyonomer simanlar, kalsiyum, stronsiyum alüminosilikat cam toz (baz) ve suda çözünen bir polimer (asit) içeren materyallerdir. Materyaller karıştırıldıklarında nötralizasyon asit-baz reaksiyonu ile sertleşme gösterirler [13].

2.1.1. Cam iyonomer simanların içeriği

Cam iyonomer simanlar bazik karaktere sahip toz cam bileşeni ile reaksiyona giren sulu çözelti içerisinde poliakrilik, polialkenoik veya akrilik/maleik asit kopolimerinden oluşmaktadırlar. Kullanılan cam ise genellikle bir kalsiyum floro-alüminosilikattır, ancak stronsiyum bazlı camların da klinik olarak kullanımı mevcuttur. Camın bileşimi çok çeşitli olabilir, bu da simana birçok farklı özellik kazandırmaktadır [3,14].

Cam içeriği temel olarak silika (SiO_2), alümina (Al_2O_3), kriyolit (Na_3AlF_6), alüminyum triflorür (AlF_3), kalsiyum florit (CaF_2), sodyum florür (NaF) ve alüminyum fosfat (AlPO_4) tozlarının sinterlenmesiyle oluşturulur. Bileşenler yüksek sıcaklıkta eritilir, ardından şok soğutma ile soğutulur ve parçacıklara öğütülür[15,16]. Tozun parçacık boyutu, amaçlanan uygulamaya bağlıdır, restoratif dolgu malzemeleri için maksimum partikül boyutu 50 μm 'dir yapıştırma ve kaide malzemeleri için ise 20 μm 'nin altına düşürülür [3].

Başlangıçta cam iyonomer simanların sıvı kısmı, %40-%50 sulu bir poliakrilik asit çözeltisinden oluşmaktaydı. Zamanla çözeltinin, toz camla optimum karıştırma için fazla viskoz olduğu, kararsız olduğu ve jelleşme eğiliminde olduğu düşünülmüştür. Günümüzde üretilen poliasitler ise akrilik asit, maleik asit ve itakonik asit gibi doymamış mono-, di-, poli-karboksilik asitin homopolimer veya kopolimerlerini içermektedir [16]. Ayrıca geleneksel cam iyonomer simanlar günümüzde tipik olarak polimerik asidin bir kısmını kurutulmuş formda toz içerisinde bulundurmaktadır [17]. Yüksek moleküler ağırlık içeren polimerler simanın dayanıklılığını artırır, ancak yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin kullanıldığı çözeltiler yüksek viskoziteleri vardır, bu da karıştırmayı zorlaştırır [11].

2.1.2. Cam iyonomer simanların tipleri ve kullanım alanları

Cam iyonomer simanlar diş yapısına ve baz metallere yapışma, flor salımı, antikariyojenik özellik, diş yapısı ile termal uyumluluk, biyouyumluluk ve düşük sitotoksisite gibi onları restoratif ve adeziv olarak yararlı kılan bir çok özelliğe sahiptir [16]. Bununla birlikte cam iyonomer simanların zayıf kırılma ve bükülme dayanımı, sertleşmenin erken aşamalarında nem ve kuruma hassasiyeti gibi olumsuz özellikleri vardır bunlar klinik uygulamalarını sınırlar [18].

Cam iyonomerlerin, özellikle süt dişlenme döneminde restoratif materyal olarak ve ayrıca kaide materyali, fissür örtücü ve ortodontik braketler için yapıştırma ajanı olarak diş hekimliğinde çeşitli kullanımları vardır [11]. Cam iyonomer simanların özellikleri göz önüne alındığında, klinik özelliklerine, endikasyon ve kompozisyonlarına göre sınıflandırılabilir [19].

Tip I: inleylerin, tam kronların, ortodontik apareylerin yapıştırılmasında kullanılır.

Tip II: Tip I'e kıyasla daha büyük parçacıklar içerir ve restorasyonlarda kullanılır.

Tip III: Kaide materyali olarak ayrıca pit ve fissür örtücü olarak kullanılır [20].

Cam iyonomer simanların klinik kullanımları ise aşağıdaki gibidir [19,21].

- Sınıf V restorasyonlar
- Geçici restorasyon materyali olarak
- Onley ve tam kesimlerde andırcatların düzeltilmesinde
- Kaide olarak
- Kor yapımında (kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda)
- Süt dişi restorasyonlarında
- Endodontik kavitelelerin geçici restorasyonunda
- Ön ve arka dişlerin geçici restorasyonunda
- Ortodontik bantların yapıştırılmasında
- Ortodontik braketlerin yapıştırılmasında
- Subgingival çürük nedeniyle kron uyumu bozulan restorasyonların tamirinde
- Endodontik kök perforasyonlarının onarımında
- Eksternal kök rezorptif lezyonların onarımında
- Atravmatik restoratif tedavide (ART)
- Fissür örtücü olarak

2.1.3. Cam iyonomer simanların diş dokularına bağlanma özelliği

Cam iyonomer simanların diş sert dokularına bağlanması oldukça kompleks bir mekanizmadır. Cam iyonomerler diş sert dokularına fazladan aşama gerektirmeden, nem varlığında bile direkt olarak bağlanma gösterirler [22]. Basitçe özetlenecek olursa bağlanma mine ve dentindeki kalsiyum iyonları ve siman asidindeki karboksil iyonları arasında bir iyonik bağ oluşmasına dayanır [23].

Diş ile siman arasındaki bağlanma iki aşamada gerçekleşir. İlk olarak mikromekanik bir bağlanma meydana gelmektedir bu bağlanma yeni karıştırılmış konvansiyonel cam

iyonomer siman mine veya dentine yerleştirildiğinde smear tabakasının çözülmesi ile oluşur, ancak bu çözünme dişteki hidroksiapatitin asidi tamponlaması ve polialkenoik asitin oldukça zayıf karakteristiği nedeni ile minimal bir çözünmedir [23,24]. Bu ilk bağlanma simanın polialkenoik asit bileşeninin mevcut kolajen liflerini açığa çıkarmaya etki ettiği hibrit bir katman oluşturmaya ve mikromekanik birbirine kenetlenmeye dayanır [25]. Gerçek kimyasal bağlanma ise polialkenoik asidin karboksil grupları ile hidroksiapatit kristallerinin kalsiyum iyonları arasında oluşan iyonik bağlara dayanır. Yeni karıştırılmış simanın diş yüzeyine yapışmasının, hidrojen bağlarının oluşumundan kaynaklandığı öne sürülmüştür. Bu bağlar simandaki serbest karboksilat grubu ile diş mineral yapısında bulunan su arasında oluşmaktadır. Sonrasında bu hidrojen bağları kademeli olarak dişteki kalsiyum ve siman içerisindeki polimerden oluşan karboksilat gruplarındaki iyonlar arasında oluşan gerçek iyonik bağlarla değiştirilir. Oluşan bu iyon değişimi sonucunda diş ile siman arasında yavaşça bir iyon değişim tabakası oluşturulur ve siman dişe güçlü bağlarla bağlanmış olur [14,25].

Siman ve diş dokuları arasında oluşan bu iyon değişimi çürük varlığında da meydana gelmektedir. Hem diş yapısı hem simandan salınan iyonlar, iyon aktivitesi durana kadar düşük pH'ı tamponlarlar. Bu süreçte flor ve stronyum iyonları dentinde kalsiyum oranının düştüğü alanlarda apatit aktivitesini üstlenirler [26].

2.1.4. Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu

Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu ile ilgili yapılan birçok çalışma sonucu sertleşmenin poliakrilik asitin cam bileşenleri ile nötralizasyonu ve metal poliakrilat oluşumunu içerdiği gözlenmiştir [10]. Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu asit-baz reaksiyonu yoluyla gerçekleşir. Toz ve likit veya toz ve su karıştırıldığında karboksilik asidin karboksil grubu (COOH) karboksilat anyonuna (COO⁻) ve hidrate protona (H₃O⁺) ayrılır. Hidrate proton; cam partiküllerinin yüzeyinden, cam parçacıklarının dış katmanlarını Ca²⁺ ve Al³⁺ salarak yavaşça bozar [3,4,27]. Ancak burada Ca²⁺ ve Al³⁺ iyonlarının sıralı salınımı söz konusu değildir bunun yerine, bu ve diğer iyonlar, matris oluşum reaksiyonuna diferansiyel oranlar ile birlikte serbest bırakılır [28]. Başlangıç sertleşmesi sırasında, kalsiyum iyonları poliakrilat zincirlerine hızla bağlanır. Sonraki aşamada ise alüminyum

iyonlarına bağlanma gerçekleşir. İlk sertleşme reaksiyonu karıştırmayı takiben 3-4 dakika içerisinde izlenirken, iyonik reaksiyon 24 saat veya daha uzun süre devam eder böylece olgunlaşma daha sonra sağlanır. Siman ilk 1 saat nemden korunmalıdır, aksi takdirde dayanıklılık ve çözünürlük olumsuz etkilenir. Yaklaşık 24-72 saat içinde kalsiyum iyonlarının yerini alüminyum iyonları alır ve daha güçlü çapraz bağlar oluşturarak cam iyonomer simana daha dayanıklı bir yapı kazandırır. Bu olgunlaşma süresi daha yeni formülasyonlarda karışımın yerleştirilmesinden 15 dakika sonra bitirmeye izin verecek şekilde geliştirilmiştir [4,27,29].

2.1.5. Cam iyonomer simanların flor salım ve geri alım özellikleri

Çürük engelleyici etki nedeniyle restoratif materyallerden veya yapıştırıcı ajanlardan flor salımı önemlidir. Bir materyalden flor salımı, hidrofilik veya iyonik bir ortam tarafından kolaylaştırılan flor iyonlarının taşınması ile açıklanır. Ancak aynı zamanda geçirgenlik, yüzey çözünürlüğü ve çeşitli içsel faktörler flor salımına etki edebilir [30]. Flor salımının avantajlarından yararlanmak için, kompozit ve amalgam gibi diğer restoratif materyallere flor bileşenleri eklenmiştir ancak cam iyonomerlerden flor salımının ikisinden de çok daha fazla olduğu bulunmuştur [31]. Piyasada bulunan flor içeren restoratif materyaller göz önüne alındığında, cam iyonomer simanların birçok çalışmada en yüksek flor salımı değerine sahip olduğu görülmüştür [30,32-36].

Flor iyonları asit-baz reaksiyonu sırasında ortaya çıkar. Sertleşmiş bir cam iyonomer simanının matriks fazı, tuz oluşumunda yer almadıkları için oldukça hareketli olan önemli miktarlarda flor iyonları içerir. Hareketli flor iyonları, siman yüzeyine kolayca yayılır ve tükürük ile yıkanabilir veya çevredeki diş dokuları ile reaksiyona girebilir [4,37].

Bununla birlikte, sürekli, uzun süreli flor salınımı özellikle dolgu malzemesi ile diş arasındaki marjinal boşluklarda diş dokularının sekonder çürüklerini önlemeye yardımcı olur. Flor salan dolgu materyallerinin hedefleri; enfekte dentinin remineralizasyonunu sağlamak, ortamdaki canlı olarak kalmış bakteri sayısını azaltmak olarak sayılabilir [5,38].

2.1.6. Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri

Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri, simanın hazırlanma şekli, toz/likit oranı, poliasit konsantrasyonu, cam tozunun parçacık boyutu gibi durumlardan etkilenir. Cam iyonomer simanların belirli fiziksel özelliklerinde minimum değerler için mevcut ISO standardı Çizelge 2.1.' de verilmiştir [11].

Çizelge 2.1. Klinik kullanım için cam iyonomer simanların ISO gereksinimleri [11].

Özellik	Yapıştırma simanı	Restoratif siman
Sertleşme süresi/dakika	2.5–8	2–6
Basınç dayanımı/MPa	70 (minimum)	100 (minimum)
Asit erozyonu(maksimum)/mm ^{h-1}	-	0.05
Opaklık, C _{0.70}	-	0.35–0.90
Asitte çözünürlük As/mg kg ⁻¹	2	2
Asitte çözünürlük Pb/mg kg ⁻¹	100	100

Çeşitli ticari cam iyonomer simanların hem toz hem de sıvı bileşenlerindeki modifikasyonların, simanın fiziksel özelliklerinde büyük değişikliklere yol açtığı bildirilmiştir. Cam iyonomerler ayrıca makul bir bükülme direncine sahiptir [39]. Öte yandan, düşük kırılma dayanımı, dayanıklılık ve aşınma direnci gibi zayıf mekanik özellikler, stres taşıyan alanlarda dolgu malzemesi olarak diş hekimliğinde yaygın kullanımlarını sınırlar [5].

2.1.7. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini artırmak için yapılan modifikasyonlar

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar

Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer simanlar (RMCİS) 1980'lerde geliştirilmiştir. RMCİS, cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini iyileştirmek, sertleşme süresini ve nem hassasiyetini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir, ayrıca bu materyallerin geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde flor salma özellikleri vardır [5,11,40]. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, cam iyonomer simanlar gibi cam tozu ve poliasit içerirler, ayrıca tipik olarak 2-hidroksietil metakrilat gibi organik monomerler ve başlatıcı sistem de içermektedirler. [41]. Genel olarak, RMCİS'lerin sertleşme mekanizması için iki tür reaksiyon söz konusudur. Bunlar. polimer ağının kurulmasıyla sonuçlanan serbest radikal polimerizasyonu ve asit-baz reaksiyonudur [42]. RMCİS'ler adezyon ve flor salınımları gibi

geleneksel cam iyonomer simanların klinik avantajlarını korurken bir çok konuda cam iyonomer simanları geliştirme amacıyla üretilmiştir [43]. RMCİS'lerin biyouyumluluğu ise cam iyonomer simanlara göre önemli ölçüde başarısızdır, bunun nedeni, esas olarak ilk 24 saatte RMCİS'den değişen miktarlarda sızan HEMA monomerinin salınmasıdır HEMA dentin boyunca yayılabilir ve pulpa hücreleri için sitotoksiktir. RMCİS, geleneksel cam iyonomerlerle aynı klinik uygulamalara sahiptir ancak elektrikle çalışan ışık cihazları kullanma ihtiyacı nedeniyle ART tekniği için önerilmemektedirler [11].

Poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomer)

Kompomerler kompozit rezinlerin estetik özellikleri ile cam iyonomer simanların flor salım özelliklerini birleştirmek için tasarlanmıştır bir dental materyaldir [44]. Bu ürünler, polimerik matriks içine gömülmüş, genellikle kalsiyum-alüminyum-florosilikat camdan oluşan kompozit malzemelerdir [45]. Kompomerlerin sertleşme reaksiyonu geleneksel kompozitlere benzer şekilde bir ilave polimerizasyon reaksiyonudur [44]. Bu materyaller kullanım kolaylığı, estetik özellikleri ve flor salım özellikleri nedeniyle diş hekimliği pratiğinde kabul görmüştür [46]. Kompomerler, kompozitlerden daha az olsa da, temel olarak hidrofobik olmaları bakımından kompozit rezinlere benzerler [44]. Dişe kimyasal olarak bağlanamazlar ve flor salma yetenekleri cam iyonomerlerle kıyaslandığında oldukça düşüktür [44].

Soncini ve diğerleri yaptıkları çalışmada posterior dişlere yapılan amalgam, kompozit, kompomer restorasyonlar karşılaştırılmış ve sonuç olarak restorasyon ömrü arasında anlamlı bir fark bulunmasa da kompomer restorasyonların tekrarlayan çürükler nedeniyle yenilenme sıklığı daha fazla bulunmuştur [47].

Cam iyonomer sermet simanlar

Cam iyonomer simanlara klinisyenler tarafından yapılan temel eleştiriler cam iyonomer simanların esas olarak kırılgenlik, zayıf yüzey cilası, gözeneklilik ve yüzey aşınması gibi özelliklerine yöneliktir. Bu zayıf fiziksel özellikleri nedeniyle cam iyonomerlere gümüş, altın, amalgam gibi metal tozları eklenmiş ve fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi amaçlanmıştır [29,48]. Formüldeki cam tozu, 800°C'de gümüş elementi ile sinterlenir ve iki malzeme bir

araya getirilir [49]. Genel olarak, yüksek stres taşıyan alanlarda kullanım için diğer posterior restoratif materyallere kıyasla güçlerinin daha az olduğu bulunmuştur. Arka dişlerde klinik olarak iyi performans göstermezler [50]. Geleneksel cam iyonomere ait olan diş dokularına adezyon, diş yapılarına benzer genleşme kat sayısı gibi birçok özelliği korurken bazı özellikleriyle cam iyonomerlerden ayrılmaktadır. Cam iyonomer gümüş sermet simanlar geleneksel cam iyonomerden biraz daha az kırılğan, daha radyoopak ve büyük ölçüde daha iyi aşınma direnci gösterir [49]. Bununla birlikte sermet simanların flor salım özellikleri geleneksel cam iyonomerlere göre daha azdır [24].

Cam karbomer

Cam karbomer cam iyonomer simana nano boyutlarda florapatit ve hidroksiapatit eklenmesi ile oluşturulur [51]. Cam karbomerin geleneksel cam iyonomer simanlara göre avantajları, önemli ölçüde daha iyi mekanik ve kimyasal özellikler içermesi ve LED cihazlarla ısı uygulaması ile sertleşmenin kontrol edilebilmesidir [51]. Cam karbomerlerin klinik uygulaması sertleşme sırasında ısı uygulaması önerilmesi dışında geleneksel cam iyonomer simanlara benzemektedir [52]. Cam karbomer simanların sertleşmesi asit yapıdaki likit ve bazik yapıdaki camın nötralizasyonu ile gerçekleşir [53]. Bununla birlikte cam karbomer karıştırıldıktan sonra yavaş ilerleyen sertleşme reaksiyonunu 20 saniye LED uygulaması ile hızlandırılır. Bu uygulamada amaç fotopolimerizasyonu etkinleştirmek değil LED lambalarının yaydığı ısıdan yararlanmaktır [11].

El-Housseiny ve diğerleri yaptıkları çalışmada cam karbomer simanların süt dişlerinde sınıf II restorasyonlardaki başarısını değerlendirmiş ve rezin modifiye cam iyonomer simanların ve kompomerlerin daha iyi başarı gösterdiğini bulmuştur. Çalışma sonucunda cam karbomerlerin süt dişlerinde sınıf II restorasyonlar için önerilmediği belirtilmiştir [54].

Tatlı ve diğerleri süt dişi restoratif materyali olarak kullanılabileceği düşünülen cam karbomer simanın (GCP Glass Karbomer, Leiden, Hollanda), mikrosızıntı değerlerini geleneksel cam iyonomer siman ve kompomerle İn-vitro şartlarda karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda cam karbomer siman mikrosızıntı değerlerinin kompomere yakın ve geleneksel cam iyonomer simandan düşük olduğu bulunmuştur [55].

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar erken dönem nem duyarlılığının ve geleneksel cam iyonomerin düşük mekanik özelliklerinin üstesinden gelmek için geliştirilmiştir. Üreticilere göre nispeten daha yüksek viskozite, toza poliakrilik asit eklenmesi ve partikül boyutunun değiştirilmesine bağlanmıştır. Fuji IX GP, Ketac Molar gibi yüksek viskoziteli veya yüksek toz/likit oranlı cam iyonomer simanlar kondanse edilebilirlik hissi ile birlikte özellikle ART tekniğinde kullanılmaktadır. Bu simanlar sadece nötralizasyon yoluyla sertleşirler, sertleşme reaksiyonları hızlıdır ve erken dönem nem hassasiyeti önemli ölçüde azalmıştır [13,56].

Hilgert ve diğerleri 280 çocukla yaptıkları çalışmada konvansiyonel teknikle amalgam uygulaması ile ART tekniği ile yüksek viskoziteli cam iyonomer siman uygulaması karşılaştırılmış ve ART ile uygulanan yüksek viskoziteli cam iyonomerin, vital süt azı dişlerinde tek yüzeylerdeki çürük dentin lezyonlarının restorasyonu için uygun bir seçenek olduğunu belirtmiştir [57].

Amalgomer

Diş renginde bir restoratif materyal olan amalgomer amalgamın yüksek dayanıklılık özelliği ile cam iyonomer simanların sunduğu estetik ve diğer avantajları birleştirmek amacıyla üretilmiş bir seramikle güçlendirilmiş cam iyonomer restoratif materyal olarak tanıtılmıştır. Amalgomerler geleneksel cam iyonomer simanlar gibi asit-baz reaksiyonu ile sertleşirler. Ayrıca opak beyaz renklerini ve cam iyonomere özgü genel özelliklerini korurken dayanıklılığını artırmak için seramik bileşen parçacıklar içerirler [58]. Seramik parçacıklar ayrıca daha iyi aşınma direnci sağlar ve simanın radyoopasitesini artırır [59].

Ayad ve diğerleri yaptıkları in-vitro çalışmada amalgomer fiziksel özellikleri bakımından amalgam ile kıyaslanmış ve sonuç olarak fizyo-mekanik özellikleri amalgama çok yakın hatta bazı durumlarda daha üstün olarak bulunmuştur [60].

Deepa ve Shobha çocuklarda birinci süt molar dişler için ART tekniği kullanılarak oluşturulan küçük ve orta boyutlu kavitelerde Fuji IX ve amalgomer simanların başarısını

değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda amalgamerin başarısı Fuji IX'a göre daha fazla bulunmuştur ve her iki materyalin 1 yıl sonundaki performansının tatmin edici olduğu belirtilmiştir [61].

Zirkon ile güçlendirilmiş cam iyonomer simanlar (zirconomer)

Zirconomer, zirkonyum oksit, cam tozu, tartarik asit, poliakrilik asit içerir ve likidi ise deiyonize sudan oluşmaktadır [20]. Zirconomer'in cam bileşenine zirkonya dolgu maddelerinin dahil edilmesi, restorasyonun yapısal bütünlüğünü güçlendirmekte ve yük taşıyan bölgelerde üstün mekanik özellikler kazandırmaktadır [62].

Giomer

Bu ürünler önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer partikülleri “pre-reacted glass ionomer” (PRG) içeren rezin matriksten oluşur [63]. Giomerler silika dolgulu bir üretilen rezin içine dahil edilmeden önce polialkenoik asit ile reaksiyona girmiş floröalüminasilikat cam içerir. Üreticiye göre kompozit rezin ve cam iyonomerlerin avantajlarını barındırmaktadır. Giomerler cam iyonomer siman gibi flor salma ve geri alma özelliklerine ayrıca kompozitlere ait estetik görünüm, kolay cilalanabilirlik ve biyouyumluluk özelliklerine sahiptirler [64-66]. Ayrıca PRG teknolojisi kullanılan malzemeler artan aşınma direnci ve daha yüksek radyoopasite gösterir [67]. Giomerler, kompomerler gibi ışıkla sertleşmekte ve diş dokusuna bağlanmak için bir adeziv sisteme gereksinim duymaktadır [66]. Mousavinasab ve Meyers yaptıkları çalışmada geleneksel cam iyonomer siman, kompomer ve giomerin flor salım özelliklerini karşılaştırmış ve sonuç olarak geleneksel cam iyonomerlerin kompomer ve giomere kıyasla daha yüksek oranda flor salımı yaptığını belirtmiştir [35].

Nano-iyonomerler

Nanoteknoloji, boyutları yaklaşık 0,1 – 100 nm aralığında olan malzeme ve yapıların üretim ve manipülasyonu içerir [68]. Nano-iyonomerler, nano doldurucuların rezin modifiye cam iyonomer simanlara katılması, cam partiküllerinin boyutunun küçültülmesi ve cam tozuna nano boyutlu biyoseramiklerin eklenmesiyle elde edilebilir [69]. Nano doldurucular, aşınma direnci, yüzey cilalanabilirliği gibi mekanik özellikleri arttırmaktadır [70]. Doldurucu

içeriklerinin ağırlıkça yaklaşık %69'u nano dolduruculardan oluşmaktadır [71]. Nano-ionomer, asitle reaktif floroalüminosilikat cam ve reaktif olmayan nano doldurucuların kombinasyonundan oluşur [72].

Activa

Günümüzde mevcut restoratif materyallerin üzerine yararlı özellikler ekleyen yeni biyoaktif materyaller ortaya çıkmaktadır. Üreticisine göre ACTIVA (Pulpdent, Watertown, MA, USA), iyon değişimi yoluyla ağızdaki değişikliklere tepki vererek uzun vadeli klinik faydalar sağlayan biyoaktif-onarıcı bir malzemedir. Kompozit rezinlerin gücü ve estetiği ile cam iyonomer simanların nem toleransı, dişe kimyasal bağlanma ve iyonların salınması ve yeniden şarj edilmesi gibi faydalarını birleştirir. Diş yapısına kimyasal bağının bakteriyel mikrosızıntıya karşı sızdırmazlık sağlayarak bağlanma özelliklerine fayda kattığı varsayılmaktadır. ACTIVA'nın tükürük-restoratif materyal ve diş arasındaki iyonik etkileşim şeklindeki biyoaktivitesi göz ardı edilmemelidir. Kalsiyum, fosfat ve florür gibi iyonların yeniden şarj edilmesinin, restorasyon-diş arayüzünde apatit oluşumuna katıldığı ve bunun da uzun vadede restorasyonu dentine bağladığı ileri sürülmektedir [73].

Eissa ve diğerleri yaptıkları çalışmada rezinle modifiye edilmiş cam iyonomer biyoaktif materyal olan ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE (Pulpdent Corporation, Watertown, MA, USA) ile bulk-fill cam hibrit materyal olan EQUIA Forte Fil (GC Corporation, Tokyo, Japan) klinik başarıları açısından karşılaştırılmış, 6 ve 12 ay sonra restorasyon sağ kalımları için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış, ayrıca renk uyumu açısından Activa daha başarılı bulunmuş, Activa 6 ve 12 aylık gözlem dönemlerinde estetik anatomik form açısından daha iyi sonuçlar elde etmiş, ayrıca 6. ve 12. aylarda Activa, Equia'ya kıyasla oklüzal kontur ve aşınma açısından önemli ölçüde daha iyi sonuçlar göstermiştir [74].

Cention-N

Son zamanlarda, üreticilerin amalgam ve cam iyonomer simanların özelliklerine sahip olduğunu iddia ettiği Cention-N, diş hekimliğinde tanıtılmıştır. Cention-N (Ivoclar, Vivadent) bir "alkasit" restoratif materyaldir ve üreticiler, patentli dolgu teknolojisi (kısmen silanlarla işlevselleştirilmiş) ve bunların monomer bileşimi nedeniyle minimum büzülme

stresine ve hacimsel b z lmeye sahip olduklarını iddia etmektedir. Ayrıca malzemenin gelişmiş eğilme direncine sahip olduğunu iddia edilmektedir. Cention-N'deki bu alkalın dolgu maddesi, polimerizasyon büzülme gerilimlerini azaltmakta ve aynı zamanda asit saldırısı sırasında pH'ın düzenlenmesine yardımcı olan hidroksit iyonlarını serbest bırakmaktadır. Cention-N bazık, rezin esaslı, kendiliğinden sertleşen toz-likit formunda bir restoratif materyaldir. Toz, restorasyonun etrafındaki asidik iyonları nötralize eden florür ve kalsiyum gibi alkalın iyonları içerirken, sıvı, malzemenin akışkanlığını ve smear tabakasına uyumunu geliştiren monomer içerir [75-77] .

Mazumdar ve diğ rleri amalgam, geleneksel cam iyonomer siman ve cention-N'i mikrosızıntı yönünden karşılaştırdıkları çalışmaları sonucunda cention-N'in amalgam ve cam iyonomer simana kıyasla minimum mikrosızıntı sergilediğini bildirmişlerdir [78].

2.1.8. Cam iyonomer simanların antimikrobiyal etkinliğı

Çürüğün diş yüzeyindeki bazı mikroorganizmaların metabolik aktivitelerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Cam iyonomer simanlar yerleştirildikten hemen sonra flor salınımlarına ve düşük pH'larına bağılı olarak doğıal antimikrobiyal karakter gösterirler [79]. Bununla birlikte klinik araştırmalar, cam iyonomer simanların başarısızlığının en yaygın nedeninin ikincil çürükler olduğunu, ayrıca flor salımının bakterilerin büyümesini engelleyecek veya tamamen bakteriyel yıkıma yol açacak kadar güçlü olmadığını göstermiştir [80].

2.1.9. Cam iyonomer simanların antimikrobiyal özelliklerini artırmak için yapılan  alışmalar

Cam iyonomerler bir dereceye kadar antibakteriyel özellik gösterir. Ancak terapötik faydayı artırmak için çeşitli bakterisitler eklenerek bunun güçlendirilmesi gerekebilir. Bu nedenle, cam iyonomer simanların diğ r fiziksel ve/veya adeziv özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye neden olmadan çeşitli antimikrobiyal ajanlarla modifiye edilmesi gündeme gelmiştir [8,79].

Klorheksidin (CHX), mutans streptokoklar gibi gram pozitif bakteriler, gram negatif, aerobik ve fakültatif anaerobik bakteriler, mayalar ve mantarlar gibi birçok oral patojene karşı geniş bir aktivite yelpazesi sağlar [8]. Bununla birlikte CHX'in cam iyonomer simanlardaki flor iyonları ile etkileşime girebileceği ve böylece antibakteriyel aktiviteye etki edebileceği de bildirilmiştir [81]. Dental literatürde, CHX'in sıklıkla cam iyonomer simanlara dahil edildiği ve çalışmaların sonucunda artan bir antibakteriyel etki gözlemlendiği gösterilmiştir [82-84]. Bu amaçla, esas olarak diglukonat ve diasetat olmak üzere farklı CHX tuzları cam iyonomer siman karışımına eklenmiştir [8]. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda eklenen klorheksidin cam iyonomer simanın bazı fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur [85,86]. Bu konuyla ilgili Marti ve diğerleri yaptıkları çalışmada %0.5 konsantrasyonda CHX içeren cam iyonomer simanların klinik kullanımında antimikrobiyal aktivitede bir artış gösterdiği ve simanın fiziksel-mekanik özelliklerini koruduğu için kullanılabileceği bildirilmiştir [87].

Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), yeşil çayda bulunan başlıca polifenoldür ve antioksidan, antienflamatuar, antidiyabetik ve kanseri önleyici özellikler gibi insan sağlığı üzerinde potansiyel etkileri vardır. EGCG antimikrobiyal aktivitesi ve oral streptokoklar üzerindeki çeşitli biyolojik özellikleri nedeniyle çürük durdurucu ajan olarak umut vaat etmektedir [88]. Önemli antimikrobiyal aktivitesi çeşitli gram pozitif, gram negatif ve fungal patojenlere karşı in vitro olarak kanıtlanmıştır. EGCG bakterilerde hücresel yapılara zarar verir, hücre enzimlerini inhibe eder ve hücre içi oksidatif stresi indükler [8,89]. Çalışmalar cam iyonomer simana katılan %0.1 EGCG'nin 4 saat sonunda mekanik, antibakteriyel özellikleri geliştirdiğini ancak bu etkinin 24 saat sonra belirgin olmadığını belirtmiştir [90].

Poli kuarterner amonyum tuzunun (PQAS), katyonik antibakteriyellere dirençli bakterileri öldürme yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur [91]. PQAS'ın antibakteriyel metabolizması 4 adımda gerçekleşmektedir, bunlar: negatif yüklü bakteri hücre yüzeyine yapışma, hücreye penetrasyon, sitoplazmik membrana tutunma ve sitoplazmik membran bütünlüğü bozma olarak sayılabilir. Ancak, PQAS içeren cam iyonomer simanların antibakteriyel aktivitesi, tükürük proteinleriyle arasındaki güçlü elektrostatik etkileşimler nedeniyle azalabilir [90]. Xie ve diğerleri yaptıkları çalışmada Fuji II LC simanlara PQAS eklemiş ve çalışma sonucunda

PQAS eklenen simanların kontrol grubuna kıyasla daha fazla antibakteriyel etki ve daha az başlangıç basınç dayanımı gösterdiğini bulmuştur [91].

Furanon türevlerinin potansiyel antitümör aktiviteye ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu kanıtlanmıştır [92]. Ayrıca, oral tükürük kuaterner amonyum tuzlarının aksine, furanon ile modifiye edilmiş simanların antibakteriyel etkisini azaltmaz [93].

Doğal bir lineer biyopoliaminosakkarit olan kitosan, selülozdan sonra en çok bulunan ikinci polisakkarit olan kitinin alkalın deasetilasyonu ile elde edilir. Kitosan, biyouyumluluk, biyobozunurluk, mukoadesyon gibi biyomedikal uygulamalar için avantajlı olabilen özellikler sunar [94]. Bunun yanında gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal ve antibiyofilm özellikler gösterir [8]. Lateks partikülleri küçük kitosan ve dioktadesildimetilamonyum bromür eklenmesiyle *Enterobacter cloacae* ve *Pseudomonas aeruginosa* kontaminasyonundan korunmuştur [94]. Mishra ve diğerleri yaptıkları çalışmada Klorheksidin-setrimid modifiyeli cam iyonomer siman ve konvansiyonel cam iyonomer siman ile karşılaştırıldığında, Kitosan modifiyeli cam iyonomer simanın gelişmiş fiziksel özellikleri ile birlikte diş çürüğü ile ilişkili bakterileri inhibe etmede etkili olacağı sonucuna varılmıştır [95]. Nishanthine ve diğerleri kitosan eklenmiş cam iyonomer simanların konvansiyonel simanlara göre daha fazla florür salınımı gösterdiğini bildirmiştir [96]. Kitosanın antimikrobiyal mekanizması şu şekilde açıklanmıştır: Kitosan, bakteri zarının anyonik bölgelerindeki Ca^{2+} iyonlarının yer değiştirmesini teşvik eder böylece hücre hasarına yol açar. Ayrıca pozitif yüklü kitosan ile negatif yüklü mikrobiyal hücre duvarı arasındaki etkileşim yırtılmalara ve önemli hücre içi bileşenlerin kaybına neden olabilir [8].

Son zamanlarda, cam iyonomer simanlar gibi restoratif materyaller için mekanik ve antibakteriyel özelliklerini arttırmak amacıyla ve dolgu maddesi olarak nanopartiküllerin eklenmesi araştırılmıştır. Ayrıca, bakterilerin metal nanoparçacıklara karşı dirençli hale gelmesi olasılığı piyasada bulunan çoğu antibiyotiğe kıyasla daha azdır [97]. Gümüşün bakteri hücre duvarına nüfuz etme gibi antibakteriyel mekanizmaları sonucu bakteri hücre duvarı geçirgenliğinin artması, bakteriyel hücre zarının bütünlüğünün kaybı, bakterilerin hayati enzimlerinin inaktivasyonu ve DNA replikasyon yeteneği kaybı ile gümüş nano parçacıklar düşük konsantrasyonunda antibakteriyel ve antiviral etkinlik gösterir [97]. Bu

nedenle, cam iyonomer siman içerisine katılan gümüş nanopartiküller, hızlı bir gümüş ve florür iyonları artışıyla, kavitasyon oluşturmuş çürüklerde, yüksek çürük risk yönetiminde kullanılır [98]. Ayrıca yapılan çalışmalarda gümüş nano partikülleri eklenen cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinde de artış gözlenmiştir [97,98]. Nano-gümüş bakterisidal etkisi ile ilgili olumlu sonuçlar bulunmasına rağmen, nanoparçacıkların doğal toksisitesi de düşünülmelidir. Bu toksite parçacıkların biyolojik moleküllerle (örneğin, DNA ve proteinler) aynı boyutlara sahip olması sonucu oluşur bu nedenle doğrudan hasarlı DNA, denatüre proteinler ve enzimlerle etkileşime girer ve serbest radikaller üretir. Toksisitesinin parçacıkların boyutuna, doz ve maruz kalma süresine bağlı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur, öte yandan, nano-gümüşün insanlar üzerindeki teratojenitesi bilinmemektedir [99].

Zeolit, hidratlanmış sodyum alüminosilikatın gözenekli kristalin bir malzemesidir, gümüşe yüksek afinitesi vardır ve bu iyonları ağırlıkça %40 oranına yakın elektrostatik olarak bağlayabilir [100]. Çınar ve diğerleri, ART teknik için geliştirilen cam iyonomer siman olan Fuji IX GP ve ChemFlex'e gümüş zeolit ilave ederek elde edilen materyallerin fiziksel özelliklerini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda gümüş zeolit eklenmesinin cam iyonomer simanların mikrosızıntı değerleri üzerinde bir etkisi olmadığını belirtmiştir [101].

Triklosan diş temizleme ürünlerinde ve ağız gargaralarında sıklıkla kullanılan güvenilir ve etkili bir antibakteriyel ajandır [102]. Triklosan hafif aromatik bir kokuya sahip beyaz kristal bir tozdur. Kullanımdaki konsantrasyonlarda triklosan, bakterisit görevi görür daha düşük konsantrasyonda ise bakteriyostatik etki gösterir [103]. Jaidka ve diğerleri yaptıkları çalışmada %2.5 oranında triklosan eklenmiş cam iyonomer simanların *Lactobacillus acidophilus* ve *S. mutans*'a karşı %2.5 CHX içeren cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında daha fazla antimikrobiyal aktivite gösterdiğini, mekanik dayanımlarının da benzer olduğunu belirtmiştir [104]. Somani ve diğerleri ise %2.5 triklosan içeren cam iyonomer simanların mikrosızıntısının geleneksel cam iyonomer simanlara benzer olduğunu bildirilmiştir [103].

Propolis, bal arıları tarafından üretilen doğal reçineli bir maddedir. Arılar propolisi tükürük bezlerinde bulunan enzimi kullanarak işledikleri bitkilerden çıkarır. Bitkilerin

mikroorganizmalara karşı savunma mekanizması propolisin antimikrobiyal etkisini açıklar [105]. Propolis birçok çeşitli bakteri, mantar, maya ve virüse karşı etkilidir. Propolis farklı bakterilere karşı göstermiş olduğu aktivite nedeniyle dünya pazarında etanol özleri, diş macunları ve ağız gargaraları gibi birçok üründe kullanılmaktadır. Propolis, antibakteriyel özelliklerini iki şekilde göstermektedir. Bunlar; karyojenik bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite göstermesi ve glukoziltransferaz enzim aktivitesini inhibe etmesidir [106]. Propolisin ağız hastalıklarının, dental biyofilm içerisinde mikroorganizma oluşumunun önlenmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır [90]. Subramaniam ve diğerleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, konvansiyonel restoratif cam iyonomer simana propolis eklenmesinin basınç dayanımını önemli ölçüde azalttığını ve 7 günlük süreç boyunca çözünürlüğün arttığını belirtmiştir [107]. Altunsoy ve diğerleri yaptıkları çalışmada cam iyonomer simana propolis eklenmesinin simanın mikrosertliğini artırdığını ve mikrosızıntıyı olumsuz etkilemediğini bulmuştur [108].

Orta Doğu'da ağız hijyeni için kullanılan geleneksel yöntem olan misvak, salvadora persica veya arak ağacının kök, dal veya kabuklarından elde edilir [109]. Misvak kelimesi Arapça diş temizleme çubuğu anlamına gelir [110]. Misvağın antiplak ve antikaryojenik etkisi birçok çalışma ile kanıtlanmıştır [111,112]. Ayrıca misvak ekstraktının demineralize diş yapılarının remineralizasyonuna yardımcı olabilecek yüksek miktarlarda kalsiyum içerdiği gösterilmiştir [109]. Kabil ve diğerleri çalışmalarında CHX ve misvak içeriklerinin cam iyonomer simanın klinik performansı ve antibakteriyel aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak CHX ve misvak ilavelerinin 6 aylık takip periyodunda restorasyonun klinik performansını etkilemeden geleneksel cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliğini artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca CHX içeren grupta bakteri sayısında azalma en yüksek bulunurken aynı grupta 9 aylık klinik performansta restorasyonda marjinal bozukluklar nedeniyle azalma olduğu belirtilmiştir [109].

Literatürde, metronidazol, siprofloksasin, minosiklin gibi antibiyotikler sıklıkla cam iyonomer simanlara dahil edilmiş ve çalışmalar, modifiye simanın antimikrobiyal etkinliğine ilişkin cesaret verici sonuçlar göstermiştir [8]. Prabhakar ve diğerleri cam iyonomer simana antibiyotik ilavesinin simanın antibakteriyel ve flor salım özelliklerini artırdığını ancak fiziksel özelliklerini olumsuz etkilediğini bildirmiştir [113].

2.2. Fosfatlar

Diş sert dokusu mine, dentin ve sementten oluşur. Mine, neredeyse tamamen mineralden oluşan sert bir yapıdır, esas olarak hidroksiapatitten ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) oluşur ve dişin kronundaki dentini kaplar. Oral biyofilm, tipik olarak tutunmak için konak tükürük glikoproteinlerini gerektirdiğinden, diğer biyofilm türleri arasında benzersizdir. Oral biyofilm oluşumunun ilk aşaması pelikülün diş yüzeyine bağlanmasıdır. Dişler, proteinler ve glikoproteinlerden oluşan pelikül tabakası ile kaplanmıştır ve oral mikrobiyal yapıların diş yapışmasını kolaylaştırır. Pelikülün bir işlevi, verimli çiğneme sağlamak için bir kayganlaştırıcı tabaka oluşturmaktır. Diğer işlevi ise demineralizasyona karşı koruma ve sürme sonrası minenin olgunlaşmasına yardımcı olmaktır. Pelikül içerisinde ayrıca histatinler, lizozim, amilaz, laktoferrin, laktoperoksidaz, karbonik anhidrat, immünoglobulin A gibi diğer tükürük kaynaklı bileşenler ve bakteri kaynaklı glukoziltransferaz (GTF) da bulunmaktadır [114,115]. Pelikula bakteri yapışması, biyofilm oluşumunun ikinci adımıdır. Planktonik bakterilerin bazıları, peliküldaki bağlayıcı proteinleri, yani α -amilaz ve prolinden zengin glikoproteinler ve proteinleri tanıyabilir ve zara bağlanabilir. *Actinomyces*, *Streptococcus*, *Haemophilus*, *Capnocytophaga*, *Veillonella* ve *Neisseria* diş yüzeyine yapışan başlıca bakteri cinsleridir. Olgun biyofilmin mikrobiyal bileşenleri, ilk biyofilmden oldukça farklıdır. *Streptokok* ve *Neisseria*'nın bağıl miktarı azalırken, *Actinomyces*, *Corynebacterium*, *Fusobacterium* ve *Veillonella* miktarı artar [116].

Diş çürüğü karyojenik ve karyojenik olmayan bakterilerin, proteinler, enzimler, kalsiyum, fosfat, florür gibi tükürük bileşenlerinin ve sükröz, glikoz gibi fermente olabilen karbonhidratların katıldığı multifaktöriyel bir hastalıktır. Çürük belirtileri diş sert yüzeylerinde demineralizasyon olarak görülür, ancak hastalık süreci bir diş kaplayan bakteriyel biyofilm (diş plağı) içinde başlatılır [114,117]. En az iki ana bakteri grubu, yani *mutans streptokoklar* ve *laktobasiller* fermente olabilen karbonhidratların metabolizması sırasında organik asitler üretebilmektedir. Laktik asit, asetik asit, formik asit ve propionik asit gibi üretilen asitlerin mine ve dentin mineral yapısını kolayca çözdüğü gösterilmiştir. Asitler pH değerinin kritik pH olarak adlandırılan 5.5 altına düşmesine neden olur ve bu durum demineralizasyonla sonuçlanır. Eğer bu süreç yeterince uzun sürerse kaviteye neden olur. [117-119].

Mikroorganizmalar tarafından diş plağı içinde asit üretimi karbonhidrat substratı metabolize olana kadar devam eder. Aynı zamanda plağın asidik pH'sının tükürük varlığında asidikten birkaç dakika içinde normal seviyeye değiştiği bilinmektedir. Bunun öncelikli nedeni tükürükte bulunan karbonat ve fosfat gibi pH tamponlama ajanlarıdır [120]. Asit üretimine ek olarak, *mutans streptokoklar* diş plağının karyojenitesinden sorumlu olan çok çeşitli virülans faktörleri üzerinde etkilidir. Ancak tükürük bu virülans faktörlerine karşı bir savunma sistemi sağlar ve demineralizasyon-remineralizasyon arasındaki denge bakteriyel virülans faktörler ve konak savunması etkileşiminden sürekli olarak etkilenir. Kısaca çürük oluşumu savunma faktörlerini içeren tükürük, diş yüzey morfolojisi, genel sağlık, hormon durumu gibi iç faktörler ve diyet, dişler üzerine kolonize olan mikrobiyal flora, ağız hijyeni ve flor alımı gibi dış faktörlerden etkilenen kompleks bir durumdur [121].

Tükürük elektrolitleri arasında özellikle florür, kalsiyum, fosfat ve bikarbonatın dişlerin çürüklerden korunmasında önemi kabul edilmiştir. Tükürükteki bikarbonat, aside karşı ana tampon görevi görür. Florür, kalsiyum ve fosfat iyonları diş dokularının bütünlüğünü korumak için onarıcı ve koruyucu bir ortam sunar. Demineralizasyon kalsiyum, fosfat ve florür alımı yoluyla erken aşamalarında tersine çevrilebilir. Düşük seviyedeki kalsiyum, fosfat ve florür iyonları diş plağına alınabilir, plak ve diş yüzeyi arasındaki arayüz boyunca etkili olarak remineralizasyonu kolaylaştırır veya demineralizasyonu engeller [117,122].

Flor iyonları, uygulandığında tükürük ve plakta yeterli kalsiyum ve fosfat iyonları mevcut olduğunda daha önce demineralize olmuş minerde remineralizasyona neden olabilir. Bununla birlikte, 2 florür iyonu, 10 kalsiyum iyonu ve 6 fosfat iyonu bir birim florapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) oluşturur. Florapatit, hidroksiapatite göre asitte daha az çözünür. Kalsiyum ve fosfat iyonlarının remineralizasyon için klinik kullanımı kalsiyum fosfatların düşük çözünürlüğü nedeniyle geçmişte başarılı sonuçlar vermemiştir. Çözünmeyen kalsiyum fosfatlar kolayca uygulanmaz, diş yüzeyinde etkili bir şekilde lokalize olmaz ve diş dokularına difüze olabilmek için asit gerektirir. Öte yandan çözünebilir kalsiyum ve fosfat kendi iç çözünmezlikleri nedeniyle yalnızca düşük konsantrasyonlarda kullanılabilir. Kalsiyum fosfatın çözünürlüğü çok düşükse, çok az sayıda mineral demineralize mine ile bağlantı kurar ve mine yüzey altı lezyonunda zayıf mineralizasyon oluşturur. Kalsiyum fosfat

iyonlarının çözünürlüğü nispeten yüksekse mineral çözeltileri mine yüzeyinde çok hızlı form alırlar ve yüzey altı lezyonlara efektif entegrasyon engellenir [123-125].

Dört oksijen atomu ile çevrili fosfor atomundan oluşan tetrahedron yapısındaki orto fosfat anyonu, tüm fosfatlar için temel anyonik birimdir. Anyon tribaziktir ve üç değerliği hidrojen, metal iyonlar veya ikisinin kombinasyonu ile tepkimeye girer. Bu tetrahidronik yapı polimer oluşumuna izin verir böylece fosfat anyonu tuzları bir, iki (pirofosfatlar) veya üç (tripolifosfatlar) birim fosfat anyonu içerebilir ve her birim paylaşılan oksijen atomları ile bağlıdır [126].

Polifosfatların diş çürüğünü azaltmak için kullanımı 60'lı yıllarda diyetlere, sakızlara ve daha sonra diş macununa eklenmesi ile gerçekleşmiştir. Polifosfatlar hidroksiapatit üzerinde yüksek afiniteye sahiptir böylece iyon salınımını engeller ve çözünme için mevcut yüzey alanını azaltır [127]. Üreticiler modern topikal remineralize edici ajanlarda florür ile birlikte kalsiyum ve fosfat iyonlarını da kullanmaktadır [128]. Florür aracılı tükürük remineralizasyonunun dışın dış 30 μm 'si ile sınırlı olduğu görülmektedir. Bu sadece yüzey remineralizasyonu, yüzey altı lezyonunun ne estetiğini ne de yapısal özelliklerini iyileştirir. Ek dış kaynaklı stabilize Ca^{2+} ve PO_4^{3-} iyonları kaynaklarının varlığı difüzyon gradyanlarını artırarak daha hızlı ve derin yüzey altı lezyon remineralizasyonu ile doğal remineralizasyon potansiyelini artırabilir [129].

Organik fosfatların diş minesine adsorbe olarak koruyucu bir tabaka oluşturup dişleri koruduğu düşünülmektedir. Hayvan çalışmalarından elde edilen umut verici sonuçlara rağmen, organik fosfatların insanlarda etkili olduğu bulunmamıştır. İnorganik fosfatlar ise ortak bir iyon etkisi yoluyla hareket eder ve mine yüzeyindeki yüksek fosfat konsantrasyonları ile minenin remineralizasyonunu destekler. İnorganik fosfatların çürüklere karşı koruduğuna dair birçok hayvan çalışmasından elde edilen kanıtlar mevcuttur. Diş çürüklerini önlemede en etkili inorganik fosfat sodyum trimetafosfattır, sakıza eklendiğinde ve çocuklar tarafından günde üç kez çiğnendiğinde çürükleri önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur [130].

Harris ve diğerkleri basit (orto-), doğrusal (piro-, tripoli- ve heksameta-) ve siklik (trimeta-) olmak üzere beş tür sodyum fosfatı karşılaştırmıştır. Deneyde gruplar farelerin diyetlerine katılmış ve siklik trimetafosfatın çürük önlemede en başarılı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada çürük önleyici etkilileri sırayla %29 pirofosfat, %33 ortofosfat, %46 tripolifosfat, %51 heksametafosfat ve %78 trimetafosfat şeklinde bulunmuştur [131].

2.2.1. Kalsiyum Fosfat sistemler

Son zamanlarda, bir dizi yeni kalsiyum fosfat bazlı sistemler piyasaya sunulmuştur. Bu sistemler kristalin, stabilize edilmemiş amorf veya stabilize amorf formülasyonları olarak üç sınıf şeklinde kategorize edilmiştir [132].

Kristalin kalsiyum fosfatlar

Kalsiyum fosfat, çok sayıda kristal fazdan birinde bulunabilir. Bu kristal fazların her biri farklı çözünürlüğe sahiptir ve birçoğu kalsiyum ve fosfat iyonlarının yüzey altı mine lezyonlarına iletmeleri konusunda test edilmiştir. Mine remineralizasyonunu teşvik eden bu kristalin materyallerin ağız boşluğuna uygulanmasıyla ilgili problem, kalsiyum fosfat fazlarının zayıf çözünürlüğüdür. Bu kristal kalsiyum fosfat fazları tükürük ile temas halinde üründen salınmalıdır ve daha sonra sıvıda serbest iyonlara çözünmeli mine yüzey altı lezyonuna etki etmelidir. Kalsiyum fosfat fazının çözünmesi için tükürüğün kristalin faza göre daha doymamış olması gerekir [132].

Kısmen çözünmeyen kalsiyum fosfatın benzersiz bir formu olan beta-trikalsiyum fosfat (β -TCP), hidroksiapatit oluşumunun bilinen bir öncüsüdür, biyoseramiklere ve implantların osseoentegrasyonunu iyileştirmek için kaplama veya dolgu malzemelerine yaygın olarak dahil edilir [133]. β -TCP, bir kalsiyum fosfat sistemidir, hidroksiapatit dönüşümündeki bir geçiş fazı olarak görünebilir ayrıca biyouyumlu ve biyoaktiftir [125]. Kristalin β -trikalsiyum fosfat (β -TCP), karboksilik asitler ve yüzey aktif maddeler ile birleştirilerek işlevselleştirilmiş β -trikalsiyum fosfat (fTCP) olarak modifiye edilmiştir. β -TCP'yi işlevselleştirmenin amacı erken florür-kalsiyum etkileşimlerini önleyen bariyerler oluşturmak, böylece diş macunları veya gargaralar aracılığıyla dişlere uygulandığında hedeflenen düşük dozlu iletim sistemi olarak hareket etmesine izin vermesidir [129].

Viana ve diğerkleri yaptıkları çalışmada flor, stanöz ve β -TCP'nin diş erozyonu üzerindeki etkinliğini değerklendirmiş ve flor ile işlevselleştirilmiş β -TCP nanoparçacıklarının dentin üzerindeki anti-erozyon etkisinin flor solüsyonuna kıyasla arttığını göstermiştir [134].

Kalsiyum sodyum fosfosilikat, başlangıçta biyouyumlu bir kemik rejeneratif ajan olarak geliştirilmiş biyoaktif bir cam malzemedir. Sulu ağız iç ortamla karşılaştığında, Na^+ , Ca^{2+} ve PO_4^{3-} iyonlarını serbest bırakır daha sonra tükürük ile etkileşime giren iyonlar yapısal ve kimyasal olarak diş mineral yapısına benzer kristalin bir hidroksikarbonat apatit tabakası formasyonuna neden olur. Diş macununa ilave edildiğinde dentin yüzeyleri üzerinde biriktirilir ve dentin tübüllerini mekanik olarak tıkar. Artık kalsiyum sodyum fosfosilikat partikülleri ve hidroksikarbonat apatit tabakasının kombinasyonu, dentin tübüllerinin fiziksel olarak tıkanmasıyla sonuçlanır ve bu da dentinde aşırı duyarlılığı giderir [129,135].

Pradeep ve diğerkleri yaptıkları çalışmada başlangıçta dişeti çekilmesi veya servikal erozyonun neden olduğu bir dentin aşırı duyarlılığı öyküsü bulunan 110 hasta üzerinde, kalsiyum sodyum fosfosilikat içeren diş macunu, potasyum nitrat içeren diş macunu ve plesebo diş macunları kullanımı sonrası hassasiyetteki değışim araştırılmış ve kalsiyum sodyum fosfosilikat içeren diş macunlarının dentin hassasiyetini engellemede diğerklerine göre daha etkili olduğu bulunmuştur [136].

Stabilize kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat

Kalsiyum ve fosfat iyonları insan yaşamı için gereklidir ve biyolojik sistemlerdeki çözünürlükleri proteinlerle sıkı bir şekilde düzenlenir. Biyolojik sıvılar yüksek konsantrasyonda kalsiyum ve fosfat, ayrıca stabilizasyonu sağlamak için pirofosfat gibi inhibitör iyonları ve proteinler de içerir. Bu stabilize edici proteinler arasında sütteki kazeinler ve tükürükteki statherin sayılabilir. Bu remineralizasyon sistemi süt kazeinatının triptik sindiriminin esasen süt proteininin çözünürlüğünü ve Ca^{2+} ile PO_4^{3-} iyonlarını stabilize etme yeteneğini önemli ölçüde arttıran multifosforile kazein fosfopeptitler ürettiği (CPP) fikri temel alınarak geliştirilmiştir [129,132].

Diş çürüklerinin süt kaynaklı biyoaktif peptitler ile önlenmesi karmaşık bir fiziksel ve kimyasal olaylar dizisidir. Genel olarak biyoaktif peptitlerin bakteriyel inhibisyon, pelikül

tamponlama kapasitesinde artış, mine demineralizasyonunun azalması ve mineda remineralizasyonun artması gibi özellikleri bulunur. Üç tip fosfopeptid bazlı ürün vardır: kazein fosfopeptitler (CPP), kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP), ve kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum florür fosfat (CPP-ACFP) [137]. Yapılan çalışmalar CPP'nin yalnızca yüksek düzeyde kalsiyum ve fosfat iyonlarının stabilizasyonunda değil, aynı zamanda iyonların diş yüzeyine iletilmesindeki önemini de vurgulamaktadır. CPP-ACP rapor edilen sonuçlarda önemli farklılıklar olmasına rağmen muhtemelen florür içermeyen remineralize edici ajanlar içinde en çok çalışılmıştır [129,138].

Rajendran ve diğerleri demineralize diş yüzeyinde normal diş macunu, kalsiyum sodyum-fosfosilikat içeren diş macunu ve kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat içeren topikal kremin etkinliğini araştırmış ve herhangi bir remineralize edici ajan içermeyen diş macunu uygulaması sonrası kalsiyum ve fosfat iyonlarında artış görülmezken, kalsiyum sodyum-fosfosilikat içeren ve kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfat içeren ajanların uygulanması sonrası kalsiyum-fosfat düzeyinde artış görülmüştür. Ayrıca kazein fosfopeptid-amorf kalsiyum fosfatın, kalsiyum sodyum fosfosilikattan daha iyi remineralizasyon potansiyeli gösterdiğini bildirmişlerdir [139].

Meeky ve diğerleri yaptıkları randomize klinik çalışmada kazein fosfopeptid amorf kalsiyum fosfat florür verniği (MI Varnish) ve sodyum florür içeren vernik (Duraphat Varnish), 3 ve 5 yaş arasındaki beyaz nokta lezyonu içeren çocukta uygulanmış ve lezyondaki değişim DIAGNOdent ile değerlendirilmiştir. MI Varnish'in, a Duraphat Varnish ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmış aktif lezyon sayısına sahip olduğu bulunmuştur [140].

Ramalingam ve diğerleri CPP-ACP eklenmiş sporcu içeceklerinin diş erozyonu üzerindeki etkisini araştırmış ve sporcu içeceklerine CPP-ACP eklenmenin içeceğin diş erozyonunu azaltacağını bulmuşlardır [141].

Lata ve diğerleri yaptıkları çalışmada flor vernik, CPP-ACP ve CPP-ACP'nin flor ile kombinasyonunun remineralizasyon üzerindeki etkinliğini değerlendirmiş ve CPP-ACP'nin flor vernikten daha az etkili olduğunu, florür ve ACP-CPP kombinasyonunun tek başına

florür ile karşılaştırıldığında herhangi bir ilave remineralizasyon potansiyeli sağlamadığını bulmuştur [142].

Al Zraikat ve diğerleri Fuji VII (GC Corporation, Tokyo, Japan) cam iyonomer simana CPP-ACP ilavesinin simanın fiziksel özellikleri ve iyon salımı üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Fuji VII'ye %5'e kadar CPP-ACP ilavesinin simanın dayanıklılığını azalttığı ve sertleşme süresini uzattığı %3 veya %5 CPP-ACP ilavesinin flor salınımını önemli ölçüde azaltırken, daha yüksek kalsiyum ve inorganik fosfat salınımı meydana getirdiği bildirilmiştir. Ayrıca %3 veya %5 CPP-ACP ilavesi sonucunda minedeki demineralize alanların, sadece cam iyonomer grubuna kıyasla önemli ölçüde daha küçük olduğu bulunmuştur [143].

Stabilize olmayan kalsiyum fosfatlar

Amorf kalsiyum fosfat (ACP) teknolojisi, stabilize edilmemiş kalsiyum ve fosfat sistemi olarak geliştirilmiştir. ACP'nin muhtemelen biyoapatitin öncüsü olarak ve biyomineralizasyonda geçici bir aşamada rol aldığı belirtilmiştir. Çözeltilerde ACP, oktakalsiyum fosfat veya apatitik ürünler gibi stabil kristalin fazlara kolayca dönüştürülür. ACP, mükemmel biyoaktivitesi, yüksek hücre adezyonu, ayarlanabilir biyobozunma hızı ve iyi osteokondüksiyonu nedeniyle biyomedikal alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca doldurucu olarak iyonomer simanlarda veya çürük lezyonların remineralizasyonunu desteklemek ve/veya diş demineralizasyonunu önlemek için diş macunlarında, sakızlarda veya ağız gargaralarında kolloidal süspansiyon olarak kullanılır [132,144]. Fırçalama sırasında Ca^{2+} ve PO_4^{3-} iyonlarının ağız içi karışımı ACP'nin veya amorf kalsiyum florür fosfatın anında çökmesi ile sonuçlanır. Hem ACP hem de amorf kalsiyum florür fosfat kararsızdır ve hızla daha kararlı hidroksiapatit veya florhidroksiapatite dönüşür. Ancak dönüşümden önce Ca^{2+} ve PO_4^{3-} iyonları mine yüzey altı lezyonlarının remineralizasyonunu artırabilirler [129,132].

Moreau ve diğerleri yaptıkları çalışmada amorf kalsiyum fosfat nanopartikülleri (NACP) içeren nanokompozitlerin mekanik özellikleri ve asit nötralizasyon özelliklerini incelemişler ve %10 ila %30 NACP içeren nanokompozitin bükülme dayanımının, hibrit kompozitin

dayanımına yakın olduğunu, %40 NACP' içeren nanokompozitin, pH'ı 4 olan bir laktik asit çözeltisini 10 dakikada hızla 5.69 pH'a yükselttiğini bulmuşlardır [145].

Karimi ve diğerleri rezin modifiye cam iyonomer siman içerisine ACP ilavesinin simanın özelliklerine etkisini araştırmış ve ilave edilen ACP yüzdesinin artmasıyla simanların çalışma süresinin azaldığını, %1.5-5 ACP ilavesini RMCİS'in basınç dayanımında önemsiz bir azalmaya neden olduğunu, %5 ACP ilavesi ile RMCİS'in biyouyumluluğunun yükseldiğini, ek olarak, ACP içeren RMCİS'e maruz kaldıktan sonra alkalen fosfataz aktivitesi ve mezenkimal kök hücrelerin osteojenik farklılaşmasının gözle görülür şekilde arttığını bildirmişlerdir [146].

2.2.2. Polifosfat sistemler

Polifosfatlar, florürün kısmen yerini alması için diş macunlarına eklenirler. Polifosfatlar arasında kalsiyum gliserofosfat, heksametafosfat ve sodyum trimetafosfat, gibi sistemler sayılabilir [147].

Kalsiyum gliserofosfat

Kalsiyum gliserofosfat (CaGP), antikaryojenik etkiye sahip organik bir fosfattır. Araştırmalar kalsiyum gliserofosfatın pH tamponlayıcı etkisi olduğunu, plaktaki kalsiyum ve fosfat konsantrasyonlarında artış ve plak hacminde azalma sağladığını ayrıca diş dokuları üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir.

Tenuta ve diğerleri yaptıkları çalışmada demineralize mine üzerinde flor içermeyen diş macunu, flor içeren diş macunu ve flor yanında kalsiyum gliserofosfat içeren diş macunlarını değerlendirmiş, çalışmada CaGP içeren ve içermeyen diş macunlarının flor konsantrasyonu aynı (1500 µg F/g) olacak şekilde çalışma planlamış ve çalışma sonucunda CaGP ve flor içeren diş macunlarının flor içeren diş macunlarına göre minenin demineralizasyonunu önlemede herhangi bir üstünlüğü olmadığını bildirmiştir [148].

Sodyum heksametafosfat

Sodyum heksametafosfat (HMP), mine üzerine adsorbe olma ve katyonlarla kompleks oluşturma yönünde güçlü eğilim gösteren siklik bir inorganik fosfattır. HMP kendiliğinden hidrolize olmadığı için diş minesini ile reaksiyona girecek bir fosfat kaynağı olarak kabul edilemez. Bu siklik fosfat, metal iyonlarıyla güçlü kompleksler oluşturur ve ağız ortamında mine yüzeyine adsorbe olur böylece siklik yapıdaki Na^+ 'nın yerini alarak yüklü CaF^+ , Ca^{2+} iyonlarını tutar, Ca^{2+} 'nın bir veya daha fazla HMP molekülüne bağlanması yoluyla retiküler bir oluşuma yol açar [149].

Sodyum heksametafosfat uzun süredir kullanılan pirofosfatla aynı sınıfta yer alan bir kimyasal beyazlatma ajanıdır. Ayrıca sodyum heksametafosfat diş yüzeyine tutunur, böylece mine yüzeyinde diş taşı ve leke oluşumunu inhibe eder.

Archila ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada kalay florür ve sodyum heksametafosfat içeren diş macunu, triklosan/kopolimer diş macunu ile karşılaştırılmış ve 6 ay sonunda, deney grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az diş eti iltihabı (%25.8) ve istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az kanama (%27.4) görülmüştür [150].

Papas ve diğerleri yaptıkları çalışmada ağız kuruluğu bulunan hastalarda kalay florür ve sodyum heksametafosfat içeren diş macununu, sodyum florür ve %0.30 triklosan/kopolimer içerikli diş macunu ile karşılaştırmıştır. Sonuçta, ağız kuruluğu hastalarında sodyum florür ve triklosan/kopolimer içeren diş macunu ve kalay florür ile sodyum heksametafosfat içeren diş macununun klinik ataçman kaybı ve kök çürüklerinin önlenmesinde benzer fayda sağladığını bildirmiştir [151].

Sodyum trimetafosfat

Polifosfatlar arasında sodyum trimetafosfat (TMP) sadece demineralizasyonu engellemekle kalmayıp, aynı zamanda remineralizasyonu arttırma yeteneğine sahip etkili çürük önleyici ajan olarak görülmektedir. TMP siklik yoğunlaştırılmış bir fosfattır. Sulu çözeltileri nötr pH'ta ve oda sıcaklığında stabildir. TMP ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$) mine üzerindeki fosfata güçlü bir şekilde bağlanır böylece kristalden kalsiyum ve fosfat salınımını engeller ve mine yüzeyinde asit

iyon difüzyonunu sınırlayan bir tabakanın oluşmasına sağlar. Ancak minede kalsiyum ve fosfat difüzyonunun etkilenmediği görülmektedir [129,152,153]

Eğer TMP çözünmüş fosfat gruplarının yerini alırsa, TMP grupları çürük saldırısı sırasında yüzeyi çözünmeye karşı korur. Mine üzerine adsorbe edildikten sonra, TMP muhtemelen yüklü CaF^+ ve Ca^{++} iyonlarını tutacaktır. Ca^{2+} ile bir veya daha fazla TMP arasındaki etkileşim mine üzerinde CaF de içeren retiküler bir formasyon oluşumuna neden olur. Asidik koşullar altında TMP Ca^{++} ve CaF^+ iyonlarını serbest bırakır böylece CaHPO_4^0 ve HF^0 oluşumuna yol açar. Retiküler formasyonun bozulmasıyla birlikte TMP, yapısını korur ve mine içine asit difüzyonunu azaltarak mine demineralizasyonunu azaltır [152,154].

Liu ve diğerleri yaptıkları çalışmada yapay dentin çürüğünün remineralizasyonu için matriks fosfoproteinlerin biyomimetik bir analogu olarak TMP kullanımını incelemiş ve TMP'yi kullanan biyomimetik remineralizasyonun, mineral alımı ve yapısal açısından yapay çürük lezyonlarının remineralizasyonu için umut verici bir yöntem olduğu sonucuna varılabileceğini bildirmişlerdir [155].

Çalışmalarda diyetle TMP eklenmesinin koruyucu etki sağladığı ve çürük gelişimini geciktirdiği bulunmuştur. %1.5 TMP içeren sakızları veya %3 TMP içeren diş macunlarını test eden klinik araştırmalar, çürük sayısında azalma olduğunu göstermiştir [152].

Finn ve diğerleri yaptıkları çalışmada sakızlara TMP ilavesinin çürük önlemedeki etkinliğini araştırmış bunun için sorbitol içeren sakız, TMP ve sorbitol içeren sakız, TMP ve sükroz içeren sakızlar ile sakız çiğnemeyen gruplardan oluşan çocukların DMFS skorları 6 aylık aralıklarla toplanarak 30 ay karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda TMP içeren sakızları çiğneyen gruplarda önemli ölçüde daha az proksimal çürük izlenmiştir. Ayrıca sorbitol içeren sakız çiğneyen grup ile hiç sakız çiğnemeyen grup arasında fark bulunmazken TMP içeren sükroz veya sorbitol gruplarında da birbirine benzer proksimal çürük değerleri bulunmuştur [156].

Huntington ve diğerleri yaptıkları çalışmada %3 TMP içeren diş macunu ile herhangi bir çürük önleyici ajan içermeyen diş macununu karşılaştırmış ve 3 yıllık çalışma sonucunda

düzenli kullanıldığında %3 TMP içeren bir diş macununun çürüklere karşı etkili olacağı sonucuna varılmıştır [157].

Florun diş çürüklerini önleme ve tersine çevirmedeki etkinliği iyi belgelenmiş olmasına rağmen, florlu diş macunlarının erken yaşta kullanılması artan florozis riski ile ilişkilendirilmiştir. Çocukların kullanımına sunulan çoğu diş macununun göz önüne alındığında 1000 ppm'den fazla flor içerebilmektedir. Standart diş macunlarının etkinliğini koruyarak daha düşük konsantrasyonlarda flor içeren diş macunu kullanımı arzu edilmektedir. Çürük aktif çocuklar tarafından kullanıldığında 500 ppm flor içeren diş macunlarının 1100 ppm flor içeren diş macunlarına göre daha az etkili olduğu gösterilmiştir. Florun flor olmayan maddelerle kombinasyonu, florlu diş macunlarının çürük önleyici etkilerini arttırırken fırçalama sırasında yutulan flor miktarını azaltmak için umut verici bir alternatiftir [158].

Missel ve diğerleri düşük konsantrasyonda flor içeren (250 ppm) diş macununa TMP ekleyerek, 500 ve 1100 ppm flor içeren diş macunlarının mine demineralizasyonu üzerindeki etkisini kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda %0.25-1.0 oranında TMP içeren düşük florürlü diş macunlarında görülen mine mineral kaybının 1100 ppm içeren diş macununda görülene benzer olduğu, ayrıca 250 ppm flor içeren diş macununa TMP eklenmesinin minedeki florür konsantrasyonunu 500 ppm içeren diş macununa benzer düzeyde artırdığı, 250 ppm flor ve %0.25 TMP içeren diş macununun tüm gruplar arasında en düşük mineral kaybına neden olduğu gösterilmiştir [159].

Favretto ve diğerleri flor içeren ağız gargarasına TMP eklenmesinin mine remineralizasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda %0.4 TMP eklenmesinin minedeki flor miktarını artırdığını. Ayrıca TMP ilave edilen 100 µg F/ml ağız gargarasının mine demineralizasyonunu engellemedeki etkinliğinin, 225 µg F/ml içeren ağız gargaralarıyla karşılaştırıldığında daha üstün olduğunu bildirmişlerdir [160].

Takeshita ve diğerleri yaptıkları çalışmada 500 ppm flor içeren diş macunu, 500 ppm flor ve %1 TMP içeren diş macunu ve 1100 ppm flor içeren diş macununu karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda 500 ppm flor ve %1 TMP içeren diş macununun 1100 ppm flor içeren diş

macununa benzer özellikler gösterdiğini belirtmişlerdir. Düşük florlu diş macununa TMP eklenmesinin mineye iyon akışını artırdığını ve 500 ppm flor ve TMP içeren grupta minede F, Ca, P iyonlarının 500 ppm flor içeren gruptan yüksek olduğunu bildirmişlerdir. 500 ppm flor ve TMP içeren diş macununda bu daha yüksek mineral içeriğinin, 1100 ppm flor içeren diş macunuyla benzer mine remineralizasyonuna neden olduğu da belirtilmiştir. Çalışmada flor ve TMP'nin lezyona etkilerinin farklılığı vurgulanırken, TMP'nin lezyonun daha derin katmanlarında artan remineralizasyonla birlikte lezyonların içinde daha büyük bir kalsiyum akışına olacağı, bu çökeltme ile, lezyonun dış kısmındaki interprizmatik gözenekleri daha etkili bir şekilde tıkayacak ve böylece alttaki sağlam mine tabakasına asit difüzyonunu engelleyeceğini bildirmişlerdir [158].

Freire ve diğerleri çalışmalarında süt dişlenme dönemindeki çocuklarda 500 ppm flor ve %1 TMP içeren diş macunu, 500 ppm flor ve %0.25 kalsiyum gliserofosfat içeren diş macunu ve 1100 ppm flor içeren diş macununun çürük insidansı etkisini araştırmıştır. 18 aylık periyodun ardından 500 ppm flor ve TMP içeren diş macunu etkinliğinin 1100 ppm içeren standart diş macunundan daha üstün olduğu ayrıca 500 ppm flor ve CaGP içeren diş macunu ile 1100 ppm flor içeren diş macununun etkinliklerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada Kısaca organik ve inorganik polifosfat tuzlarının çürük önleyici etkisinin diş minesine ile etkileşime girme yetenekleri ile ilgili olduğu ve TMP'nin, mine yüzeyindeki fosfat bölgelerine bağlanabilen ve diğer polifosfatlara kıyasla daha uzun süre absorbe kalabilen inorganik bir polifosfat olduğu, bu etkileşimin, mine yüzeyinde asit difüzyonunu sınırlandıran ve mine içine kalsiyum ve florür difüzyonunu artıran koruyucu bir tabakanın oluşmasına yol açtığı belirtilmiştir [161].

Yüksek flor konsantrasyonlu ürünlerin uygulanması diş çürüğü gelişme riski yüksek olan hastalara önerilir. Bu ürünlerin küçük çocuklarda kullanımında akut intoksikasyon riski nedeniyle dikkatli olunmalıdır [162].

Danelon ve diğerleri çalışmalarında sodyum trimetafosfat ilavesinin düşük florürlü (F) jellerin mine demineralizasyonuna etkisini araştırmış. TMP ilavesinin minede demineralizasyonu azalttığını bildirmiştir. 4500 µg F/g ve %5 TMP içeren grup ile 12300 µg F/g içeren grupların benzer sonuçlar verdiği bulunmuştur. TMP içeren düşük florürlü jellerin

kullanımının toksikolojik açıdan klinik kullanım için aynı çürük önleyici etkiyi sağlayan yüksek flor konsantrasyonlu ürünlere kıyasla daha güvenilir bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir [162].

TMP, inorganik bir siklofosfat ve belirli metal iyonlarına bağlanma yeteneğine sahip bir şelasyon maddesi olarak kabul edilir. TMP gram pozitif bakterilerin hücre duvarlarındaki metaller (Ca^{2+} ve Mg^{2+}) ile bağlanarak bakteri hücre metabolizmasında değişikliğe neden olurlar [163].

Cavazana ve diğerleri yaptıkları çalışmada flor ile kombine edilen ve edilmeyen TMP'nin dental biyofilmdeki *S. Mutans* ve *Candida albicans* üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda tek başına TMP'nin canlı *S. mutans* ve *C. albicans* hücrelerinin sayısında değişiklik yapmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, 500 ppm flor ve TMP içeren solüsyonların, canlı *S. mutans* sayısını azalttığı ve 500 ppm flor içeren çözeltiye benzer şekilde davrandığı görülmüştür. Ayrıca flor içermeyen TMP'nin biyofilm metabolizması üzerinde önemli bir etkisi olduğu gözlenmiştir. TMP'nin tek başına biyofilmlerin metabolizması ve hücre dışı matriks bileşenleri üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [163].

Tiveron ve diğerleri çalışmalarında in vitro olarak kompozit rezinlere %1.6 NaF ve %14.1 TMP ilavesinin mine remineralizasyonu üzerindeki etkinliğini değerlendirmiş ve çalışma sonucunda kompozit rezine flor ve TMP eklenmesinin, minenin remineralizasyon kapasitesini arttırdığını bildirmişlerdir. TMP içeren kompozit rezinin flor kullanılabilirliğinin arttığının ve mineral kaybını azaltabildiği sonucunda varmışlardır. Çalışmada ayrıca florun daha çok minenin yüzeyinde daha etkin olduğunu, minenin yüzeysel alanlarının derin bölgelere göre daha hızlı remineralize olduğu, lezyon içinde kısmi bir remineralizasyonun bulunabileceğinden bahsedilmiştir. Mineye adsorbe edilen TMP'nin CaF_2 çökmesini azalttığı ve mine yüzeyindeki florür ile sıkı bir şekilde bağlandığı ve muhtemelen bu durumun mine gözeneklerinin tıkanmasını azaltarak esas olarak remineralizasyon aşamasında lezyonun iç kısmına, mine içerisine iyon (CaHPO_4^0 ve HF^0) difüzyonunu kolaylaştırdığını bildirmişlerdir [154].

Mendes-Gouvêa ve diğerleri çalışmalarında sodyum trimetafosfat (TMP) veya sodyum heksametafosfat (HMP) ile gümüş nanopartikülleri (AgNP) içeren nanokompozitlerin *Candida albicans* ve *Streptococcus mutans*'a karşı etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda minimum inhibitör konsantrasyonunu %10 Ag içeren gruplarda (TMP + %10 Ag ve HMP + %10 Ag) her iki mikroorganizmaya karşı daha etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmada AgNP ile TMP veya HMP ilişkisinin, gümüşün antimikrobiyal etkisini engellemediği, polifosfatların proteinlerin hidroksil ve amino bölgelerine bağlanması sonucu gümüşün kullanılabilirliğinin artabileceği ve bu kompozitlerin antimikrobiyal etkisinde artış görülebileceğini bildirmişlerdir. Bu durumun da özellikle yüksek konsantrasyonda Ag içeren gruplarda (TMP + %10 Ag ve HMP + %10 Ag) görüldüğünü vurgulamışlardır [164].

Silva ve diğerleri yaptıkları çalışmada rezin modifiye cam iyonomer simanlara %1.25 veya %2.5 oranında klorheksidin ve %7 veya %14 oranında trisodyum trimetafosfat (TMP) ilavesinin etkinliği araştırılmıştır. RMCİS + %2.5 CHX + %14 TMP içeren grupta muhtemelen klorheksidinin daha yüksek salınımından dolayı biyofilm *S.mutans* aktivitesini azaltmada en iyi sonuçları gösterdiği gözlenmiştir. Ancak aynı RMCİS + CHX %2.5 + TMP %14 grubunun antimikrobiyal ve antibiyofilm etkileri açısından en iyi kombinasyon olmasına rağmen, mekanik özellikler açısından en kötü performansı gösterdiği bulunmuştur. Cam iyonomer simanlara farklı bileşenlerin dahil edilmesinin poliakrilik asit ve cam parçacıklarının reaksiyonunu etkileyebileceği bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada, TMP'nin katılmasının diş macunları, cilalar, jeller ve hatta kompozit rezinler gibi diğer materyallere yerleştirildiğinde gözlemlendiği gibi flor salımında artış sağladığı görülmüştür. %1.25 CHX + %14 TMP grubunun kontrol grubunda gözlemlenenin neredeyse iki katı kadar flor salınımı gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmada yüksek flor ve TMP salımı ile birlikte minde yüzey ve yüzey altı demineralizasyonun azaltılmasında en etkili gruplar RMCİS + %1.25 CHX + %14 TMP ve RMCİS + %2.5 CHX + %14 TMP içeren gruplar olarak bulunmuştur [127].

2.3. Cam İyonomer Simanların Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü testleri

Yüzeyler, şekil sapmalarından atomlar arası mesafe düzensizliklerine kadar çeşitli düzensizlikler içerir. Ne kadar hassas olursa olsun, hiçbir işleme yöntemi geleneksel malzemeler üzerinde moleküler olarak düz bir yüzey üretemez. Bazı kristallerin bölünmesiyle elde edilenler gibi en pürüzsüz yüzeyler bile, yükseklikleri atomlar arası mesafeleri aşan düzensizlikler içerir [165].

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için lazer yansıtma, optik ve taramalı elektron mikroskobu, profilometre, atomik kuvvet mikroskobu, basınçlı hava ölçümü gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. Profilometreler interferometri, odak algılama ve ışık saçılımı gibi çeşitli optik prensipleri kullanır. Profilometre cihazları uzun süredir malzeme yüzeyindeki bu değerin in vitro olarak belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu cihazlar numune yüzeyinden 2 boyutlu görüntüler elde ederek çeşitli malzemelerin ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini hesaplayabilmektedir. Profilometre, takip cihazı vasıtasıyla yüzeydeki 3 hat boyunca profili belirler. Profilometre cihazlarıyla birçok parametre değerlendirilebilir; en yaygın olanları ortalama pürüzlülük sapması (R_a), ortalama karekök (rms) ve pürüzlülük sapması (R_q)'dır. R_a parametresi bir yüzeyin genel pürüzlülüğünü tanımlar ve pürüzlülük profilinin ölçüm uzunluğu dahilinde merkez çizgisinden tüm mutlak mesafelerinin aritmetik ortalama değeri olarak tanımlanabilir. [166-168].

Bazı in vivo çalışmalar, bakteri tutulumu için ideal yüzey pürüzlülüğü eşiğinin ($R_a=0,2 \mu m$) olduğunu öne sürmektedir. Buna karşılık, mine pürüzlülüğünün de bir kılavuz parametre olduğu bildirilmektedir ancak bu, diş tipine ve ağız boşluğundaki konumuna bağlıdır [168].

2.3.2. Flor salım ve geri alım testleri

Flor çürük önleyici etkisi kanıtlanmış bir ajandır. Florun çürük önleyici etkinliğinde hidroksiapatitten daha düşük çözünürlüğe sahip florapatit oluşturması, remineralizasyonu artırması, plak oluşumu sırasındaki iyonik bağlantıyı engelleme ve mikrobiyal büyümenin ve metabolizmanın engellenmesi gibi faktörler rol oynamaktadır [169].

Herhangi bir örnek tipindeki florürün herhangi bir yöntemle belirlenmesi için yöntemin üç temel gereksinimi vardır [170].

1. Gerektiğinde florürün etkileşen maddelerden ayrılması veya etkileşen maddelerin uygun şekilde bastırılması gerekir.
2. Florürün nihai konsantrasyonu güvenilir ölçüm için uygulanan yöntemle göre yeterli olmalıdır.
3. Deneysel florür hedefi, analizde kapsanan florür miktarından önemli ölçüde daha küçük olmalıdır.

Flor tayini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Spektrofotometri, kapiller elektroforezi, iyon kromatografisi ve gaz kromatografisi gibi analitik teknikler farklı türdeki örneklerde florürün belirlenmesi amacıyla uygulanabilir [171]. Flor iyon seçici elektrot yöntemi 1966 yılında M.S. Frant ve J.W. Ross tarafından sulu çözeltilerdeki florür iyonu aktivitesini ölçmek için tasarlanmıştır. İyon seçici elektrotlar rutin olarak laboratuvarlarda kullanılan en basit ve en ucuz analitik tekniklerdendir ve bunların kullanımı mükemmel doğruluk ve hassasiyetleri nedeniyle farklı ortamlarda florür tayini için referans tekniği olarak kabul edilmiştir. Ancak kendine has özellikleri nedeniyle iyon seçici elektrotlar özellikle dış macunu matrisi gibi karmaşık bir ortamda, toplam ölçümler için uygun değildir [171,172]. Bu elektrotun aktif ölçüm membranı bir elektrot gövdesine yerleştirilmiş europium katkılı LaF_3 kristalinden yapılmıştır. Konsantrasyonu ölçebilmek için kalibrasyon ve örnek çözeltilerde iyon kuvvetinin sabit tutulması gerekir. Ölçümden önce örneklerle yüksek konsantrasyonda inert elektrotlar eklenir. Bu arka plan elektroliti, ölçüm koşullarını faydalı bir şekilde etkileyebilir ve pH'ı optimum değere ayarlayabilir, kompleks oluşumundan kaynaklanan etkileşimleri maskeleyebilir veya gerekiyorsa numune oksidasyonunu önleyebilir. Potansiyometrik florür ölçümleri için özel bir arka plan elektroliti olan toplam iyonik güç ayarlama tamponu (TISAB) önerilir. Hidroksit iyonları, LaF_3 bazlı iyon seçici florür elektrotun işlevine güçlü bir şekilde müdahale eder. Bu nedenle numunenin ve kalibrasyon solüsyonunun pH'ının düşük tutulması gerekir, düşük florür konsantrasyonlarında pH 8,0'in altında olmalıdır [173].

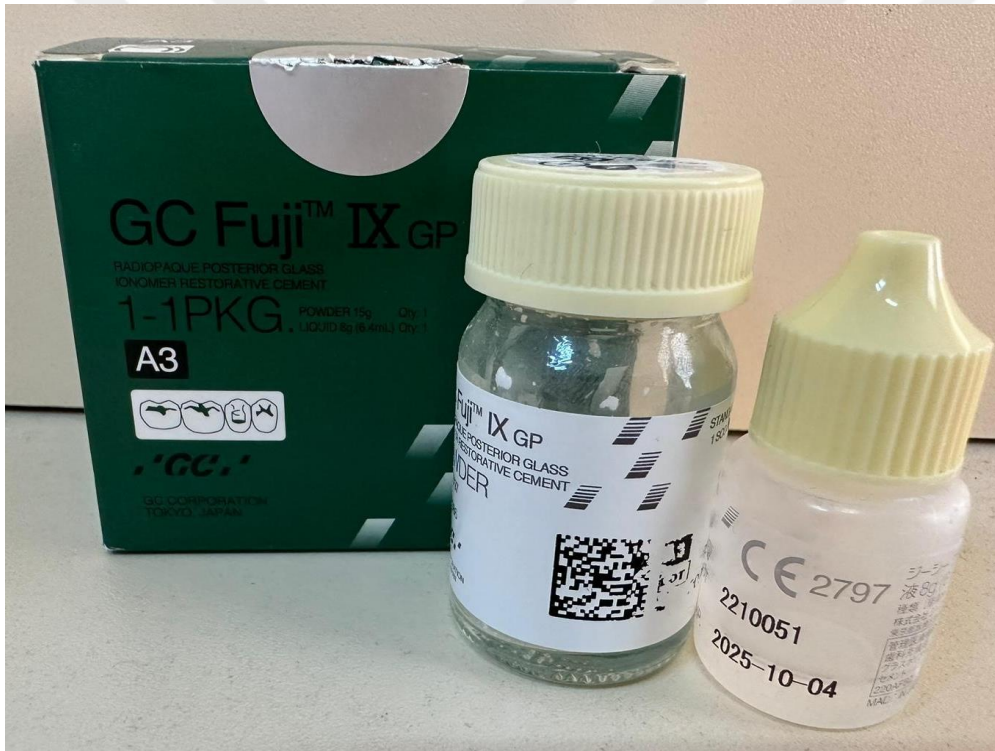
Bu tez çalışmasında yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan Fuji IX GP içerisine trisodyum trimetafosfat ilavesinin materyalin flor salım, geri alım ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerine etkisinin in vitro şartlarda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



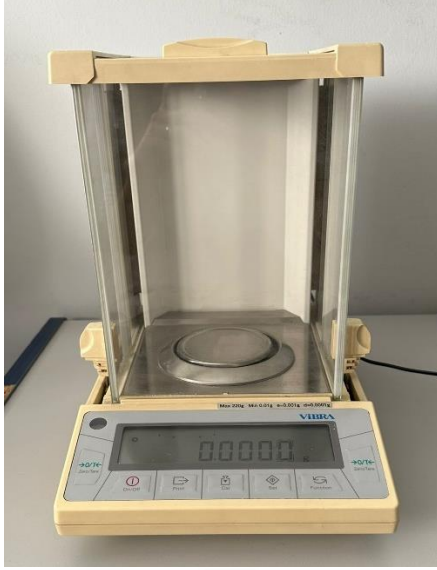


3. GEREÇ VE YÖNTEM

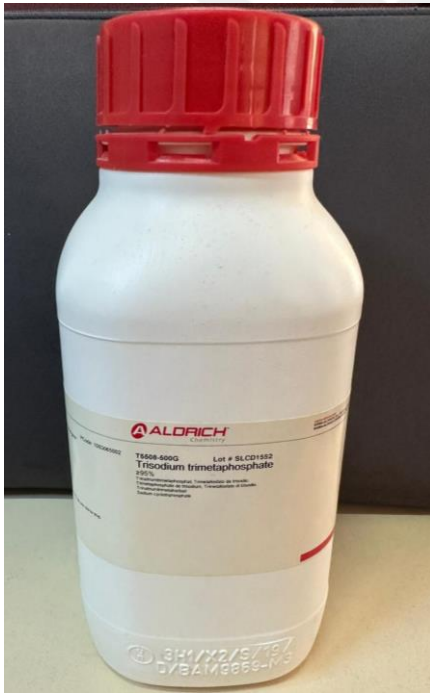
Bu çalışmada yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan GC Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya)'in (Resim 3.1) toz bileşeni içerisinde, hassas tartı cihazı (Resim 3.2) ile ölçülüp toz ağırlığının %7 ve %14 oranlarında trisodyum trimetafosfat (TMP) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA) (Resim 3.3) ilave edilerek, *in vitro* şartlarda yüzey pürüzlülüğü ve flor salım, geri alım değerlerinin araştırılması amaçlandı. Çalışmada Grup 1 GC Fuji IX GP (kontrol grubu), Grup 2 %7 TMP + GC Fuji IX GP ve Grup 3 %14 TMP + GC Fuji IX GP olmak üzere 3 farklı grup oluşturuldu.



Resim 3.1. GC Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya)



Resim 3.2. Hassas tartı cihazı



Resim 3.3. Trisodyum Trimetafosfat (TMP) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA)

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

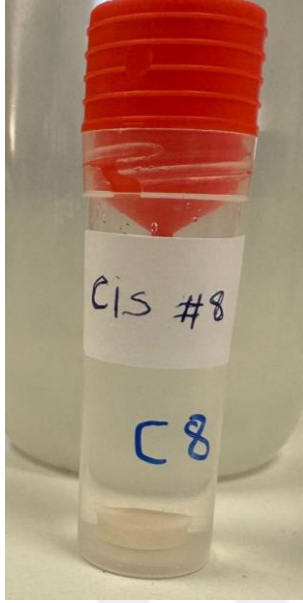
Çalışmanın yüzey pürüzlülüğü testi *Power* analiz sonuçlarına göre her grupta en az 8 örnek olmak üzere toplam 24 örnek şeklinde planlandı ($n= 8$).

Yüzey pürüzlülüğü testi için materyaller üretici firmanın talimatları doğrultusunda oda sıcaklığında belirtilen toz likit oranlarına uygun şekilde karıştırıldı. Her grup örneklerinde karıştırılmayı takiben numuneler 9mm çapına 2mm derinliğe sahip silikon kalıplara yerleştirildi ve sonrasında üzerlerine mylar strip bant kapatılan örnekler siman camı ile basınç uygulanarak hava kabarcıklarının oluşması engellendi ve kalıplardan taşan fazla materyaller uzaklaştırıldı. Sertleşmeye bırakılan materyaller 10 dakika sonra kalıplardan çıkarıldı. Daha sonra örnekler distile su içeren plastik kaplarda 37 °C'de 24. saat ve 168. saat ölçümlerine kadar saklandı (Resim 3.4). Ölçüm yapılmadan önce örnekler distile su ile yıkandı ve kurutma kağıdıyla kurutuldu. Örneklerin 24. ve 168. saatteki yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde bulunan ve 5 µm uç çapına sahip bir profilometre cihazı (Perthometer; Mahr GmbH Göttingen, Almanya) (Resim 3.5) cut off değeri 0.8 mm, sürücü ünite hızı 0.5 mm/s olacak şekilde ayarlanarak ölçümler yapıldı. Her bir örnek için 3 kez ölçüm yapıldı bu okumaların ortalaması Ra değeri olarak alındı.

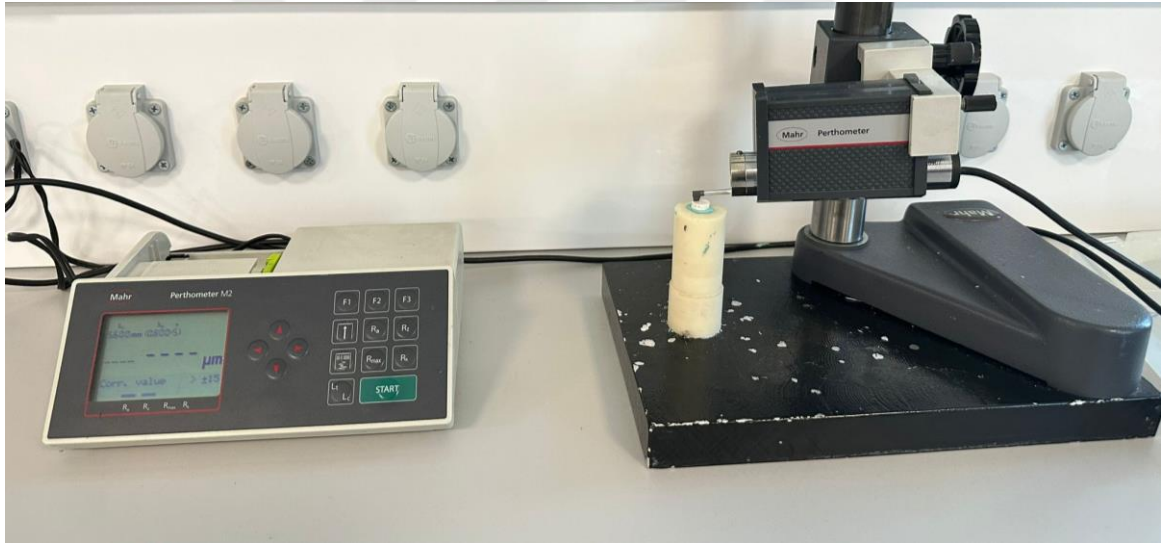
Bu araştırmada “G. Power-3.1.9.2” programı kullanılarak, %95 güven düzeyinde örneklem büyüklüğü hesaplandı (Cohen, J. (1988)). 0,80 teorik güç ile grup başı minimum örneklem hacmi 8 olarak hesaplandı.

Normallik varsayımının karşılandığı bağımsız üç ve daha fazla grubun ortalamaları arasındaki farkın incelenmesi için ANOVA testi kullanıldı. Normallik varsayımının karşılandığı bağımlı üç grup ortalamaları arasındaki farkın etkileşim etkisi ile incelenmesi için İki Yönlü Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi yapıldı. Farkı yaratan grup ya da grupların ortaya çıkartılması için Post Bonferroni, Düzeltilmiş Bonferroni ve Tamhane testleri kullanıldı. Normal dağılıma sahip bağımlı iki grubun karşılaştırılması için Bağımlı Örneklem T testi uygulandı. Analizler IBM SPSS 25 (SPSS Inc., Chicago, ABD) programında gerçekleştirildi.

Çalışma grupları ve farklı zamanlarda elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin karşılaştırılmasında Bağımlı Örneklem T ve ANOVA testleri uygulandı.



Resim 3.4. Örneklerin hazırlanması ve distile su içerisinde yerleştirilmesi



Resim 3.5. Profilometre cihazı (Perthometer; Mahr CmbH Göttingen, Almanya)

3.2. Flor Salım ve Geri Alım Testi

Flor salım ve geri alım kapasiteleri ölçümü için *Power* analiz sonuçlarına göre her grupta 9 örnek olacak şekilde planlandı (n=9).

Çalışmada hazırlanan örneklerin flor salım ve geri alım kapasitelerini ölçmek için materyaller üretici firmaların talimatlarına göre karıştırılarak 9mm çapında 3mm derinliğinde silindirik kalıplara yerleştirildi ve her gruptan test örnekleri elde edildi. Tüm

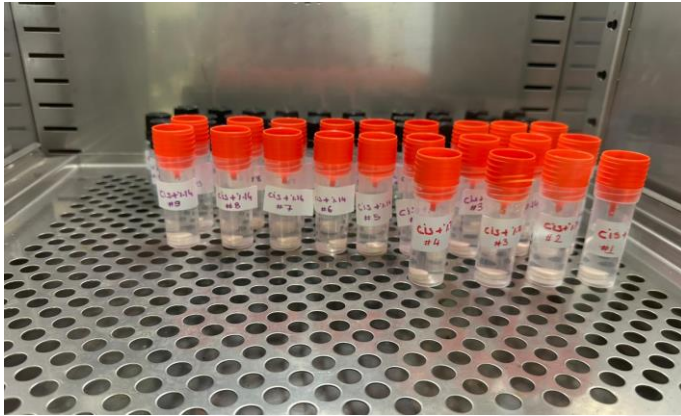
örneklerin yüzeyleri polimerizasyon sırasında Mylar strip bantlarla kapatıldı. Ayrıca kalıpların alt ve üst kısmına yerleştirilen siman camlarıyla basınç uygulanarak hava kabarcıkları oluşması engellendi ve taşan fazla materyaller uzaklaştırılarak her gruptan test örnekleri elde edildi (Resim 3.6). Gruplarda hazırlanan tüm örnekler, %100 nemli ortamda etüv içerisinde 37 °C'de 1 saat süreyle bekletildi ve ardından 8 ml distile deiyonize su içeren kaplar içerisine tek tek yerleştirilerek çalkalanmadan tekrar 37 °C'de 24 saat etüve alındı (Resim 3. 7) 1 gün sonra örnekler plastik kaplardan uzaklaştırıldı 2 ml distile deiyonize su ile yıkanarak yeniden 8 ml distile deiyonize su içerisine yerleştirildi. Saklama için ilk kullanılan 8 ml ve yıkama için kullanılan 2 ml distile deiyonize su toplandı, 10ml'lik solüsyonun 3ml'si alınarak flor konsantrasyonunun belirlenmesi için analiz edildi. Bu prosedür 2. 7. 14. 21. ve 28. günlerde tekrarlandı.

28 günlük periyodun ardından, örnekler 2ml distile deiyonize su ile yıkandı daha sonra örnekler oda sıcaklığında 5 dk süreyle %0,221'lik NaF (1000 ppm F) uygulandı. Flor uygulaması sonrası örnekler yıkanarak tekrar 8ml distile deiyonize su içerisine yerleştirildi. Bu uygulamaya devamlı olarak 29. günden 42. güne kadar 14 gün boyunca devam edildi. 14 günlük NaF uygulamasında sonra 42. günde ölçüm yapıldı. 42. gün ölçümünden sonra örnekler 49. günde ölçüm yapılana kadar 7 gün süreyle 8 ml distile deiyonize suda saklandı ve her gün 2 ml distile deiyonize su ile yıkandı. Flor ölçümleri 3 ml saklama solüsyonu 0,3 ml TISAB II tamponlama solüsyonu ile karıştırılarak, Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Analitik Kimya Anabilim Dalı'nda bulunan iyon analiz cihazı (Consort C863 Multi - parameter analyser, Parklaan, Belçika) bağlı iyon spesifik elektrot (PerfectION comb. PB Combined Ion-selective electrode, Metter Toledo, İsviçre) (Resim 3.8) kullanılarak analiz edildi. Her bir örnek için ölçümler üçer kez tekrarlandı ve ortalamaları alınarak elde edilen sonuçlar mV cinsinden kaydedildi ve bilgisayar ortamında ppm cinsine çevrildi.

Farklı zamanlarda gruplardan elde edilen flor ölçümlerinin ortalamalarının karşılaştırılmasının araştırılmasında varsayımlar kontrol edildi, (küresellik varsayımı; Mauchly's test $p < 0,05$) ve İki Yönlü Tekrarlı Ölçümler ANOVA testi uygulandı. Farkı yaratan grup ya da grupların analizi için Düzeltilmiş Bonferroni testleri uygulandı ($p < 0.05$).



Resim 3.6. Flor salım ve geri alım değeri ölçümü için örneklerin hazırlanması



Resim 3.7. Örneklerin etüve yerleştirilmesi



Resim 3.8. İyon analiz cihazı (Consort C863 Multi - parameter analyser, Parklaan, Belçika) ve bağlı iyon spesifik elektrot (PerfectION comb. PB Combined Ion-selective electrode, Mettler Toledo, İsviçre)

4. BULGULAR

4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Materyallerin yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

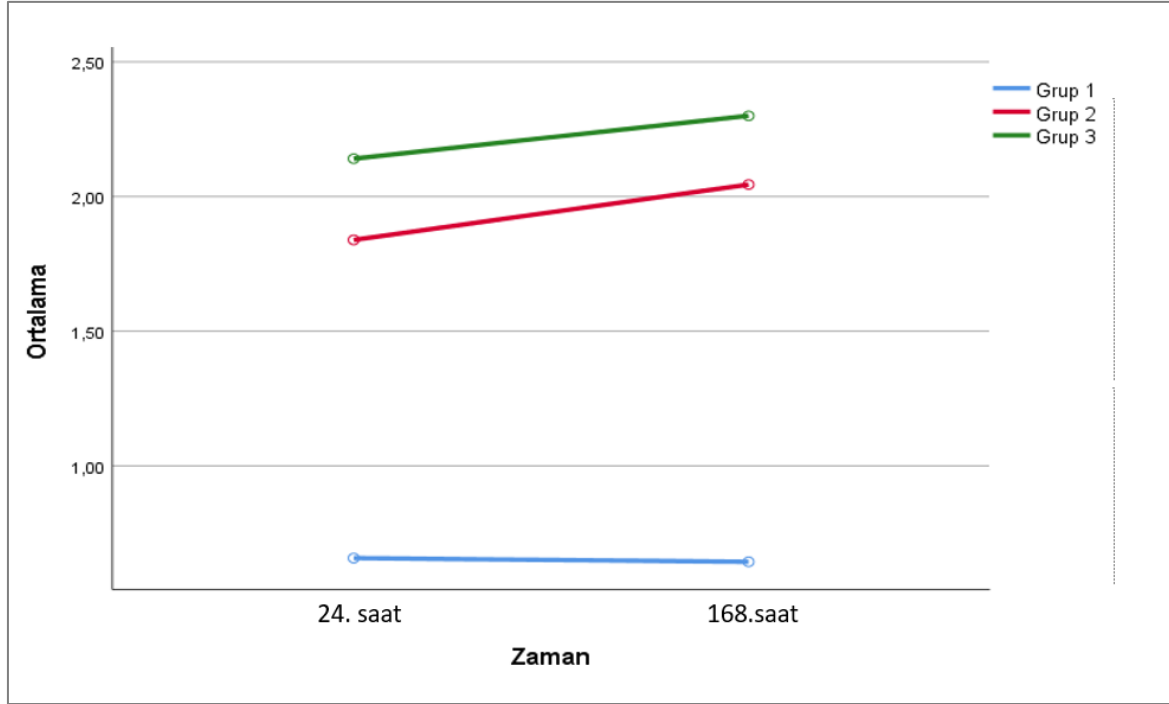
24. saatteki en yüksek pürüzlülük değerleri sırasıyla grup 3’te 2,14 μm , grup 2 ‘de 1,84 μm , grup 1’de 0,66 μm olarak ölçüldü. Gruplar arası karşılaştırmada 24.saat ölçümlerinde gruplara göre yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ($p<0,05$). Grup 1 ile grup 2-3 arasında ve grup 2 ile grup 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlendi (sırasıyla $p=0,000$, $p=0,000$ ve $p=0,005$). 168.saat ölçümlerinde en yüksek pürüzlülük değeri grup 3’te 2,30 μm ölçüldü bunu grup 2 2.04 μm ve grup 1 0,64 μm olarak izledi. Gruplara göre yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar belirlendi ($p<0,05$). Grup 1 ile grup 2 ve 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edildi ($p=0,000$ ve $p=0,000$).

Zamana göre değişimin belirlenmesi için yapılan analizler sonucunda grup 1, 2 ve 3 için istatistiksel olarak anlamlı farklar elde edilmedi ($p>0,05$).

Çizelge 4.1. Çalışma grupları ve zamana göre ortalama Ra (μm) değerlerinin karşılaştırılması

	örnek sayısı	24. saat	168. saat
Grup 1	8	$0,66 \pm 0,15^{Aa}$	$0,64 \pm 0,14^{Aa}$
Grup 2	8	$1,84 \pm 0,14^{Ba}$	$2,04 \pm 0,19^{Ba}$
Grup 3	8	$2,14 \pm 0,21^{Ca}$	$2,30 \pm 0,28^{Ba}$

Aynı sütun içerisinde farklı büyük harf istatistiksel anlamlılığı, aynı satır içerisinde farklı küçük harf istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir (* $p<0,05$) (n = 8)



Şekil 4.1. Çalışma gruplarının 24.- ve 168.- saatteki yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin çizgi grafiği

4.2. Flor Salım ve Geri Alım Testleri

Çalışmada grupların flor salım değerleri Tablo 4.2 ve Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Tüm gruplarda en yüksek flor salım değerleri 1. günde ölçülmüş olup 28 günlük süreçte düşüş gözlemlendi. 1. günde en fazla flor salımının 3. grupta olduğu ve bu değerlerin ortalama 54,73 ppm olduğu bulundu.

Zamana ve gruplara göre ölçümlerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ($p < 0,05$).

28. günden sonra uygulanan NaF (1000 ppm F) uygulamasının ardından tüm materyallerin flor salımlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görüldü ($p < 0,05$). NaF (1000 ppm F) uygulamasından sonra en fazla artışın grup 3’te olduğu bunu grup 2 ve grup 1’in takip ettiği görüldü. Geri alım sonrası 42. günde ölçülen değerlerin tüm gruplarda 1. gün ölçülen değerlerden düşük 2. 7. 14. 21. ve 28. günlerde ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu bulundu.

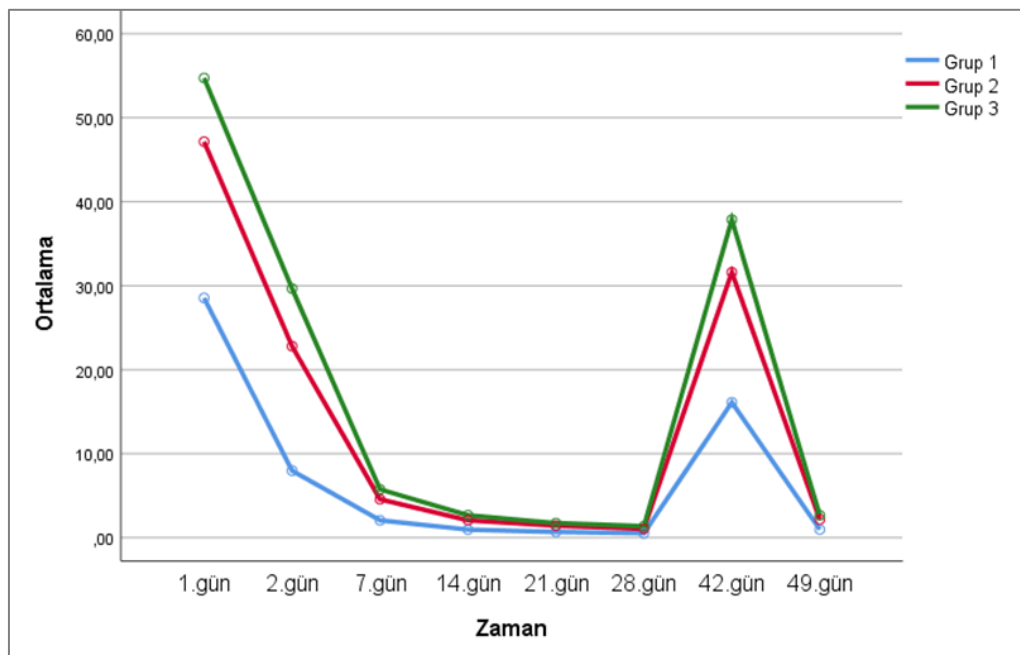
Grup 1, 2 ve 3 için yapılan testlerde 14.gün ile 49.günler dışında olan tüm zamanlarda elde edilen ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edildi ($p<0,05$).

Tüm zamanlarda grup 1 ile grup 2 ve 3 arasında ve grup 2 ile grup 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptandı ($p<0,05$). Grup 2 ve 3'ün flor ortalamaları grup 1'in ortalamasından yüksek, Grup 3'ün flor ortalaması grup 2'nin ortalamasından yüksek olarak bulundu.

Çizelge 4.2. Çalışma grupları ve zamana göre flor salım (ppm) değerlerinin karşılaştırılması

	1.gün	2.gün	7.gün	14.gün	21.gün	28.gün	42.gün	49.gün
G1	28,54±1,36 ^{Aa}	7,97±0,29 ^{Ab}	2,07±0,07 ^{Ac}	0,95±0,04 ^{Ad}	0,68±0,03 ^{Ae}	0,52±0,02 ^{Af}	16,11±0,79 ^{Ag}	0,96±0,06 ^{Ad}
G2	47,14±1,86 ^{Ba}	22,79±1,22 ^{Bb}	4,57±0,25 ^{Bc}	2,07±0,12 ^{Bd}	1,42±0,06 ^{Be}	1,05±0,10 ^{Bf}	31,59±1,55 ^{Bg}	2,17±0,10 ^{Bd}
G3	54,73±1,54 ^{Ca}	29,66±1,61 ^{Cb}	5,75±0,24 ^{Cc}	2,67±0,11 ^{Cd}	1,73±0,06 ^{Ce}	1,36±0,06 ^{Cf}	37,87±1,32 ^{Cg}	2,65±0,10 ^{Cd}

Aynı sütun içerisinde farklı büyük harf istatistiksel anlamlılığı, aynı satır içerisinde farklı küçük harf istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir ($*p<0,05$) (n=9)



Şekil 4.2. Çalışma grupları ve zamana göre flor değerlerinin (ppm) dağılımı ve çizgi grafiği



5. TARTIŞMA

Ağız ve diş sağlığı tedavisinin bir parçası olan restoratif uygulamalar; çürük riski değerlendirmesi, malzemelerin dayanıklılığı, güvenlik, çocuklarda dişlenmenin gelişimsel durumu ve hastanın tedavisi için iş birliği yapma yeteneği de dahil olmak üzere birçok faktörü dikkate alan bir planlama içerisinde değerlendirilir. Çocuklarda ve ergenlerde restoratif tedaviler için kullanılan birçok materyal mevcuttur [174]. Cam iyonomer simanlar düşük bir ısı oluşumu veya büzülme ile mine ve dentine kimyasal olarak bağlanma yeteneği, pulpa ve periodontal dokularla biyouyumluluk, antimikrobiyal ve çürük önleyici etkinliği bulunan flor salınımı, diş yapısına benzer bir termal genleşme katsayısına sahip olması ve rezin içerikli materyallere kıyasla neme karşı hassasiyetinin daha az olması gibi avantajlarıyla çocuk diş hekimliğinde sıkça kullanılır hale gelmiştir. Ancak sertleşme sırasında neme karşı hassasiyet ve düşük mekanik özellikler gibi dezavantajları kullanım alanlarını sınırlamaktadır [7,174]. Geleneksel cam iyonomer simanların çeşitli özelliklerini geliştirmek için yıllar boyunca farklı cam tozu ve poliasit sıvı formülasyonları aracılığıyla ilerlemeler kaydedilmiştir [8].

Polifosfatlar hidroksiapatite karşı yüksek afinitesi ile iyonların salınmasını önler ve çözünme için mevcut yüzey alanını azaltır ve bu şekilde mine üzerinde çürük önleyici etkinlik gösterirler. Sodyum trimetafosfat (TMP) minede remineralizasyonu artıran, hidroksiapatit çözünürlüğünü ve mineral değişimini azaltan ve mine yüzeyi ile tükürük proteinleri arasındaki afiniteyi değiştiren sıklıkla bir polifosfattır [127]. Yapılan çalışmalarla ratların diyetlerine eklenen TMP'nin çürük önleyici etkinliği ortaya konmuştur. Ayrıca sakızlarda veya diş macunlarında kullanıldığında insanlarda çürük vakalarında azalmaya neden olduğunu gösteren klinik çalışmalar mevcuttur [9].

Trisodyum trimetafosfatın diş macunlarına [9,157-159,161], jellere [162], sakızlara [156], gargaralara [160] ilave edildiği çok sayıda çalışma mevcuttur bununla birlikte restoratif materyallere TMP ilavesiyle ilgili daha az araştırmaya rastlanmıştır [127,154,164] .

Bu tez çalışmasında yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya) tozu içeresine, hassas terazi ile ölçülerek ağırlıkça %7 ve %14 oranlarında

trisodyum trimetafosfat (TMP) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA) ilavesinin simanın flor salım, geri alım ve yüzey pürüzlülüğü özellikleri üzerindeki etkinliği değerlendirilmiştir.

Yıldırım ve Çınar tez çalışmalarında trisodyum trimetafosfat ilave edilen cam iyonmer simanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini in vitro şartlarda değerlendirmişler ve cam iyonmer siman örneklerinin 10. dakika ortalama pH değerini TMP içermeyen kontrol grubunda, %7 ve %14 TMP içeren gruplara göre istatistiksel olarak yüksek bulmuşlardır. 24. saat ve 48. saatlerde yapılan ölçümlerde ortalama pH değerleri arasında fark bulunmazken, 72. saatte ortalama pH değerleri %7 TMP içeren grupta daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca çalışmada örneklerin mikrosertlik değerleri karşılaştırılmış GC Fuji IX GP grubunun mikrosertlik ortalama değeri, GC Fuji IX GP + %7 TMP ve GC Fuji IX GP + %14 TMP gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur [175].

Çalışmamızda benzer şekilde fiziksel, mekanik ve antimikrobiyal özelliklerini geliştirmek amacıyla farklı birçok materyalle modifiye edildiği çalışma bulunan yüksek viskoziteli cam iyonmer siman olan Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Daha çok yüksek viskoziteli cam iyonmer simanlar olarak adlandırılan kondanse edilebilir cam iyonmer simanlar, 1990'ların başlarında büyük ölçüde atravmatik restoratif tedavi tekniğindeki dolgu malzemeleri ihtiyacına yanıt olarak geliştirilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonmer simanlar geleneksel cam iyonmer simanlardan, parçacıklarının boyutu küçültülerek ve dağılım oranı değiştirilerek elde edilmektedir. Bu malzemeler, daha ince cam parçacıklarının, yüksek moleküler ağırlığa sahip susuz poliakrilik asitlerin ve yüksek tozsıvı karışım oranının varlığı nedeniyle daha hızlı sertleşir ve daha yüksek bir viskoziteye sahiptir. [176-178]. Yüksek viskoziteli cam iyonmer simanlar daha yüksek bir toz/likit oranı ile karıştırılır bu nedenle geleneksel cam iyonmer simanlardan daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptirler. Üreticiler bu malzemedeki aşınma oranını ve sertleşme süresini azaltmış olsa da elle karıştırma çok kolay değildir. En iyi mekanik özellikleri elde etmek için gerekli olan başarılı bir karışım, doğru dozaj ve manipülasyona bağlıdır. Karışımın çok ince ve akışkan olması durumunda mekanik özelliklerin ve aşınma direncinin olumsuz etkilenmesi beklenebilir. Öte yandan, karışım çok kalın veya kuru ise, diş dokusunu ıslatacak poliakrilik asit eksikliği nedeniyle diş yapısına tatmin edici bir şekilde bağlanmayacaktır [179,180].

Kapsül formundaki malzemelerin elle karıştırılan malzemelere göre bazı doğal avantajları vardır. Bileşenlerin oranı imalatçı tarafından kontrol edilir ve karıştırma, normalde elle karıştırmadan daha hızlı, daha temiz ve tekrarlanabilir bir şekilde gerçekleştirilir. Kapsül formundaki materyaller, karıştırmanın sonunda genellikle doğrudan kapsülden enjekte edilerek hemen kullanıma hazır hale gelir. Elle karıştırılan materyallerde ise, toz ve sıvı oranı değişkendir [181]. Toz ve sıvının dağıtılması ve karıştırılması kritik öneme sahiptir ve sertleşen simanın mekanik ve fizikokimyasal özelliklerinde önemli değişikliklere neden olabilir [182]. Çalışmamızda cam iyonomer simanların çeşitli materyallerle modifikasyonunda sıklıkla kullanılan toz likit formunda GC Fuji IX GP kullanılmıştır. Siman örneklerinin hazırlanmasında standardizasyonu sağlamak için aynı araştırmacı tarafından örnekler üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanmıştır.

Restoratif işlemlerde temel amaçlardan biri, pürüzsüz yüzeylere sahip, gözeneksiz, daha iyi estetik sonuçlar veren ve diş plağı birikimini en aza indiren restorasyonlar elde etmektir. Restorasyonun yüzey pürüzlülüğü sürtünmeyi, aşınmayı, optik özellikleri ve yüzeye yabancı maddelerin mekanik tutunmasını etkileyeceğinden dolayı önemlidir [183]. Ayrıca pürüzsüz bir yüzey hastanın konforuna katkıda bulunur, çünkü yüzey pürüzlülüğündeki 0,3 μm 'lik bir değişiklik hastanın dilinin ucuyla tespit edilebilmektedir. Bir restoratif materyalin yüzey pürüzlülüğü, parçacıkların şekli, boyutu, sayısı ve dağılımı gibi birçok faktöre bağlıdır. Artan pürüzlülük artan plak birikimi ile ilişkilidir ve pürüzlülük lekelenme için belirleyici bir faktördür [184,185].

Bollen ve diğerleri Ra değerleri ile bakteriyel yapışma arasındaki ilişkiyi incelemişler ve bakteriyel kolonizasyon için kritik yüzey pürüzlülüğünün (Ra) 0,2 μm olduğunu bildirmişlerdir [186]. 0,2 μm 'den yüksek yüzey pürüzlülüğü muhtemelen malzeme yüzeylerine etki eden bakteriyel yapışmayı, diş plağı olgunlaşmasını ve asiditeyi önemli ölçüde artıracak ve böylece çürük riski artmış olacaktır [178].

Yüzey pürüzlülüğünün in vitro değerlendirmelerinde profilometre cihazı sıklıkla kullanılan yöntemdir. Bu cihazlar numune yüzeyinden 2 boyutlu görüntüler elde ederek çeşitli malzemelerin ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini hesaplayabilmektedir. Profilometre, bir izleme cihazı kullanarak yüzeydeki 3 çizgi boyunca profili belirler ve bazı temel çizgilere

göre profildeki dalgalanmalarla pürüzlülüğü ifade eder. Pürüzlülük çeşitli yollarla ölçülebilir ancak hem diş hekimliğinde hem de mühendislikte en yaygın kullanılanı Ra değeridir [166,167,187]. Literatürde yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan Fuji IX'un yüzey pürüzlülüğü ölçümünde profilometre cihazından sıklıkla yararlanılmıştır [178,188,189]. Bu tez çalışmasında da cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülüğünün ölçümünde Ra değeri ile profilometre cihazı kullanılmıştır.

Dikkatlice yerleştirilmesine ve şekillendirilmesine rağmen klinik olarak fazlalıkların düzeltilmesi için cam iyonomer simanlarda bitirme ve cilalama işlemleri gerekli olabilmektedir. Üreticiler tarafından önerilen bitirme ve cilalama yöntemleri, cam iyonomer simanlar farklı bir kimyasal bileşime sahip olsalar bile, kompozit rezinler için kullanılanlara benzerdir. Bitirme ve cilalama prosedürleri, yivli karbür frezlerin, elmas frezlerin, beyaz aşındırıcı taşların ve özel alüminyum oksit disklerin kullanımını içerir. Cam iyonomer siman restorasyonların döner aletlerle erken bitirilmesi ve cilalanması, yüksek yüzey pürüzlülüğünün ana nedenleri arasındadır. Birçok araştırmacı cam iyonomer simanlarda farklı bitirme ve polisaj uygulamalarının etkinliğini değerlendirmiştir [183,190-192]. Direkt estetik restoratif materyallerde pürüzsüz bir yüzey elde etmek için Mylar strip kullanımı en yaygın uygulamadır. Birçok araştırmacı cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülüğünü değerlendirdikleri çalışmalarda en düşük yüzey pürüzlülüğü değerinin sadece Mylar strip bant ile sertleştirildiği durumlarda gösterdiği yönünde hem fikirdir [183,190,191,193]. Çalışmamızda örnekler karıştırılmayı takiben kalıplara yerleştirilmiş, üst ve alt kısımları Mylar strip bantlarla kapatılmış ve siman camı yardımıyla basınç uygulanarak taşan materyal uzaklaştırılmıştır. Örneklere herhangi bir cilalama işlemi uygulanmamıştır.

Yap ve diğerleri kompozit rezinler, rezin modifiye cam iyonomer siman ve bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan GC Fuji IX GP Fast'ı karşılaştırdıkları çalışmalarında Mylar strip bant kullanılıp polisaj uygulanmayan Fuji IX örneklerinin, bitirme ve polisaj uygulananlara kıyasla daha düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü gösterdiği bulunmuştur [189].

Yap ve diğerleri bir diğer çalışmalarında rezin modifiye cam iyonomer siman olan Fuji II LC ve yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan Fuji IX GP Fast üzerinde farklı polisaj

sistemleri kullanarak materyallerin yüzey pürüzlülükleri üzerindeki değişiklikleri gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda matriks şeritlerinin kullanımının rezinle modifiye ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda en iyi yüzey kalitesini sağladığını, Tüm bitirme/parlatma prosedürlerinin, matriks şeritlerine göre pürüzlülüğü artırdığını ve Ra değerlerinin 0,2 μm kritik eşik değerinin üzerinde olmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada matriks şerit grubunda iki materyal arasında yüzey pürüzlülükleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır [191].

Cam iyonomer simanlar, parçalanabilir bir alümino-silikat camı ile sulu bir polialkenoik asit çözeltisi arasındaki asit-baz reaksiyonuyla oluşturulur. Alümino-silikat cam yapısına asit atakları sonucu, kalsiyum ve alüminyum katyonlarını serbest bırakılır [194]. Karboksilat grupları ve salınan alüminyum ve kalsiyum iyonları bu zincirlerin çapraz bağlanmasını sağlayarak cam parçacıklarının etrafında sağlam bir ağ oluşturur. Bu çapraz bağlanma reaksiyonu, zamanla simanın mekanik özelliklerinin artmasıyla ortaya çıkan sürekli bir süreçtir. Cam iyonomer simanların sertleşmesi iki aşamalıdır. Başlangıç sertleşmesi, karıştırmadan sonraki ilk 10 dakika içinde gerçekleşmektedir. Matriks içindeki kalsiyum ve alüminyum katyonlarının salınmasını içeren ikinci aşama, asit-baz reaksiyonunun yavaş ve uzun süreli bir devamıdır. Poliasit zincirleri başlangıçta kalsiyum veya stronsiyum iyonlarıyla çapraz bağlanarak katı bir kütle oluşturur. 24 saat boyunca ise alüminyum iyonları da siman karışımındaki polimer zincirleriyle birleşerek karışımı daha sert hale getirir. Cam iyonomer simanlar mekanik özelliklerinin çoğunu sertleşmenin ilk 24 saati içinde kazanırlar, ancak birkaç hafta ve aylar boyunca yaşlandıkça dayanıklılıkları değişir [194-197]. Bu tez çalışmasında örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri 24 .ve 168. saatlerde yapılmıştır.

Bala ve diğerleri yaptıkları çalışmada farklı cam iyonomer siman içerikli materyalleri 24 saat 37°C'de muhafaza ettikten sonra yüzey pürüzlülüklerini değerlendirmiştir. Çalışmada kullanılan profilometre cihazının uç çapı 5 μm , kesme değeri 0,8 mm olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda cilalama işleminden önce ölçülen GC Fuji IX GP cam iyonomer simanın ortalama Ra değeri 0,74 μm olarak bulunurken, alüminyum oksit aşındırıcı disklerle (Sof-Lex, 3M, St Paul, MN, ABD) yapılan cilalama işlemi sonrasında bu değer 0,89 μm olarak ölçülmüştür [178].

Erdemir ve diğerleri çalışmalarında cam iyonomer siman, kompomer, mikrohibrit ve nanofil kompozitlerin farklı cilalama sistemleri ile cilalanmasının yüzey pürüzlülükleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda Mylar şerit ile tüm malzemelerde en pürüzsüz yüzeylerin elde edildiği bulunmuştur. Cam iyonomer simanın, test edilen diğer restoratif materyallere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek Ra değerleri gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan cam iyonomer siman olan GP Fuji IX'un sadece mylar şerit kullanılarak 7 gün sonra ölçülen yüzey pürüzlülüğü değeri ortalamasını 0,56 μm olarak ölçmüşlerdir [198].

Çalışmamızda GP Fuji IX cam iyonomer simanın yüzey pürüzlülüğü değeri 24. saatte ortalama 0,66 μm olarak bulunurken 168. saatte 0,64 μm olarak bulunmuştur. Bu değer daha önceki iki çalışmada bulunan değerlere yakın bulunmuştur.

Cam iyonomer simanların fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerini geliştirmek için çok sayıda modifikasyon yapılmıştır [199].

Marti ve diğerleri yaptıkları çalışmada içeriğine farklı yüzdelerde klorheksidin katılmış cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülüğü ve anti biyofilm aktivitesini değerlendirmiş ve klorheksidin ilavesinin cam iyonomer simanların gözenekliliğini miktarıyla orantılı olarak artırdığını belirtmişlerdir [87].

Korkmaz ve diğerleri çalışmalarında çinko fosfat, çinko polikarboksilat ve cam iyonomer yapıştırma simanlarına %5 klorheksidin diasetat ve setrimid (%2,5 klorheksidin + %2,5 setrimid) ilavesinin materyalin özelliklerine etkinliğini değerlendirmiş ve cam iyonomer simana ilave edilen klorheksidin ve setrimidin cam iyonomer simanın yüzey pürüzlülüğü üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığını bulmuşlardır [200].

Sharafeddin ve diğerleri çalışmalarında cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simanlara kitosan ve hidroksiapatit ilavesinin materyalin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik değerlerine etkisini değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda ortalama Ra değerleri kitosan içeren gruplarda hidroksiapatit içeren gruplara göre anlamlı derecede düşük bulunurken, kitosan ilavesinin hem RMCİS hem de cam iyonomer simanların Ra değerlerini önemli ölçüde azalttığı belirtilmişlerdir [199].

Jyothi ve diğeri giomer ve rezin modifiye cam iyonomer siman kullanılarak restore edilen servikal lezyonlar üzerinde yaptıkları çalışmada giomer restorasyonları tüm zaman dilimlerinde RMCİS ile karşılaştırıldığında üstün yüzey kalitesi sergilediğini belirtmişlerdir. Bu durumun, restoratif materyallerin mikro yapısı ve ortalama parçacık boyutu ile açıklanabileceğini. RMCİS'in ortalama parçacık boyutunun 4,5 ila 4,8 mikrometre olduğu, giomer'in ise 20 ila 40 nanometre olduğunun gösterildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca giomer veya RMGCİS restorasyonların hiçbirinde yüzey lekelenmesi, kenarlarda renk değişikliği veya işlem sonrası hassasiyet görülmediği bildirilmiştir [201].

Moheet ve diğeri çalışmalarında GC Fji IX GP içerisine, nano-hidroksiapatit-silika (nano-HA-Si) partikülü ilavesinin materyalin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkinliğini 1. 7. 14. ve 28. günlerde değerlendirmiş ve en düşük yüzey pürüzlülüğü değerinin 1. günde nano-HA-Si ilave edilen cam iyonomer simanlarda olduğu rapor edilmiştir, ayrıca hem cam iyonomer siman hem de nano-HA-Si içeren cam iyonomer siman için yüzey pürüzlülüğü değerinin, belirli bir süre içinde kademeli bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir [185].

Çalışmamızda farklı yüzdelerde cam iyonomer tozuna ilave edilen TMP'nin cam iyonomer simanın yüzey pürüzlülüğünü anlamlı şekilde artırdığı görüldü. Çalışmada kontrol grubu olan GC Fuji IX GP grubunun ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hem 24. saatte hem de 168. saatte %7 ve %14 TMP içeren GC Fuji IX GP simanlardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulundu. Ayrıca %7 TMP içeren grubun ortalama yüzey pürüzlülük değerinin 24. saatte %14 TMP içeren gruptan anlamlı derecede daha düşük olduğu görüldü.

Restoratif materyallerden veya yapıştırma ajanlarından flor salımı, olası çürük önleyici etkisi nedeniyle önemlidir. Florun antikaryojenik etkinliğinde, demineralizasyonun azaltılması, remineralizasyonun arttırılması, pelikül ve plak oluşumunun engellenmesi ve mikrobiyal büyüme ve metabolizmanın inhibisyonu dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar rol oynamaktadır. Cam iyonomer simanların önemli miktarlarda flor saldıgı bilinmektedir. Bir materyalden flor salınımı, hidrofilik veya iyonik bir ortamın kolaylaştırdığı flor iyonlarının taşınmasıyla ilişkilidir. Ancak geçirgenlik, yüzey çözünürlüğü ve çeşitli içsel faktörler de flor salınımını kontrol edebilmektedir [30]. Geleneksel cam iyonomer simanlarda, toz ve sıvı birbirine karıştırıldıktan sonra cam, yüzeydeki proton saldırısıyla ayrışır ve ardından florür

iyonları cam parçacıklarından serbest kalır. Flor, sertleşmiş simanın matris bölgeleri boyunca homojen bir şekilde dağılır ve sertleştikten sonra uzun bir süre elüsyon için kullanılabilir [202].

Günümüzde piyasada cam iyonmer simanlar, rezinle modifiye cam iyonmer simanlar, poliasitle modifiye kompozit rezinler, kompozitler ve amalgamlar dahil olmak üzere flor içeren çeşitli restoratif materyaller mevcuttur. Restoratif materyallerin antibakteriyel ve çürük önleyici özelliklerinin çoğunlukla salınan flor miktarıyla ilişkili olduğu varsayılmaktadır [203]. Aboush ve Torabzadeh çalışmalarında cam iyonmer simanların kümülatif olarak kompomerden 5 kat ve flor içeren kompozit rezinlerden 21 kat daha fazla flor açığa çıkardığını bulmuşlardır [204].

Flor salımı karmaşık bir süreçtir. Formülasyon ve dolgu maddeleri gibi çeşitli içsel değişkenlerden ve aynı zamanda depolama ortamı, depolama solüsyonunun değişim sıklığı, tükürüğün bileşimi ve pH değeri, plak ve pelikül oluşumu gibi deneysel faktörlerden de etkilenebilir. İki fazlı sistemlerin toz-sıvı oranının, karıştırma prosedürünün, sertleşme süresinin ve maruz kalan alan miktarının yanı sıra farklı depolama ortamlarının flor salınımını etkilediği gösterilmiştir [203].

Cam iyonmer simanların toz/likit oranının değişmesinin malzemelerin fiziksel özelliklerini etkilediği bilinmektedir. Yüksek toz/likit oranı kullanılması genellikle cam iyonmer simanların viskozitesini ve dayanıklılığını arttırmaktadır. Artan toz/likit oranı aynı zamanda ideal nem izolasyonunun veya hasta iş birliğinin elde edilmesinin zor olduğu durumlarda faydalı olabilecek hızlı sertleşmeye neden olabilmektedir. Ancak aşırı artmış toz oranı karıştırma ve işleme zorluklarına neden olabilir. Bu, hava sıkışması riskini artırabilir ve malzemenin kütlesinde gözenekler oluşturarak malzemenin dayanımını azaltabilir. Ayrıca yüksek toz/likit oranı yetersiz asit-baz nötralizasyonuna yol açarak flor salınımını azaltabilir. Bununla birlikte düşük toz/likit oranı, sertleşme süresinin uzamasına ve cam iyonmer simanların fiziksel özelliklerini azaltacak nem kontaminasyonu riskinin artmasına neden olabilir, ayrıca materyalin radyoopasitesini de azaltabilir [205].

Torabzadeh ve diğerkleri çalışmalarında toz/likit oranının Fuji II, Fuji II LC ve Fuji IX cam iyonomer simanlarda flor salım özelliği üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada simanlar üreticinin önerisinden %20 daha çok, tam üreticinin talimatlarına uygun ve üretici talimatlarından %20 daha az toz/likit oranına sahip örnekler hazırlanmış ve çalışma sonucunda salınan florun kümülatif miktarının karşılaştırılmasında, toz/likit oranı üreticinin tavsiye ettiği orandan düşük olan Fuji IX rneklerinin diğerk oranlara göre daha fazla flor açığa çıkardığı gsterilmış ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır [206].

Çalışmamızda standardizasyonu sağlamak için örnekler üreticinin talimatlarına uygun oranda toz/likit oranına göre hazırlanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan GC Fuji IX GP simanın flor salım özelliği yapılan birçok çalışmada değerlendirilmıştır.

Bayrak ve diğerkleri çalışmalarında farklı restoratif materyallerin, farklı cilalama yöntemleri ile cilalanması ile yüzey pürüzlülük, flor salım ve bakteriyel adezyon özelliklerini değerlendirmiş. Çalışmada herhangi bir cilalama uygulanmayan kapsül formdaki Fuji IX cam iyonomerlerin 1. günde saldıkları flor miktarı ortalaması 8.8 ppm olarak bulunmuştur.

Saxena ve Tiwari çalışmalarında zirkonomer ve Fuji IX GP'nin enerji dağılımlı X-ışını mikroanalizi, flor salımı ve antimikrobiyal aktivitesi araştırılmış çalışmada tüm zaman aralıklarında zirkonomer'in Fuji IX'a göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek miktarda flor salınımı yaptđı belirtilmiştir. Ayrıca alışmalarında Fuji IX cam iyonomer simanın 1. gündeki flor salım miktarı 13,2 ppm olarak bulunmuştur [207].

Çalışmamızda kontrol grubunda kullanılan Fuji IX GP'nin 1. gün ortalama flor salım değerı 28,54 ppm olarak ölçülmüştür. Bu farklılığın hazırlanan örnek boyutundaki ve saklama koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

Nishanthine ve diğerkleri çalışmalarında kitosan ile modifiye edilmiş farklı cam iyonomer simanların flor salım değerleri karşılaştırılmış ve çalışma sonucunda açıkça kitosan ilavesinin cam iyonomer simanın flor salımını artırdđı sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmada en yüksek flor salım değerlerinin 1. günde olduğu ardından 28. güne kadar kademeli bir düşüş

gözlendiği belirtilmiştir [96]. Cam iyonomer simanlardan ilk 24 saatte yüksek flor salımı yapılan birçok çalışma da kanıtlanmıştır [34,36,38,208].

İlk 24 saat boyunca cam iyonomerlerden başlangıçtaki yüksek salım, muhtemelen sertleşme reaksiyonu sırasında polialkenoat asit ile reaksiyona girdiğinde cam parçacıklarından salınan florür patlamasından kaynaklanmaktadır. İlk patlamanın ardından flor salımı yavaşlar ve bunu, camın hidrojel matrisin asitlendirilmiş suyunda çözünmesiyle meydana gelen, uzun süreli bir salım izler [203]. İlk 24 saatte görülen yüksek flor salım değeri patlama etkisi 'initial burst effect' olarak adlandırılır. Başlangıçtaki bu patlama etkisi arzu edilir, çünkü bu, çürük dentin içinde kalmış olabilecek bakterilerin canlılığını azaltacak, mine ve dentin remineralizasyonunu tetikleyecektir [38,209].

Çalışmamızda da buna uygun olarak tüm gruplarda en yüksek flor salım değerleri 1. günde ölçülmüş sonrasında 28. güne kadar flor salım değerlerinde kademeli bir düşüş izlenmiştir.

Cam iyonomer simanlardan flor salımının ölçüldüğü çalışmalarda saklama solüsyonu olarak distile deiyonize su [30,208,210], yapay tükürük [211,212] ve asit solüsyonlarının [213] kullanıldığı görülmüştür. Laktik asit, yapay tükürük ve sulu ortamlarda salınan flor miktarları arasındaki önemli fark, solventlerin materyalin çözünürlüğüne etkisine dayanmaktadır. Ayrıca Forsten, pH'taki azalmanın cam iyonomerlerdeki flor salınımını arttırdığını, çünkü pH'ın azalmasıyla malzemelerin çözünmesinin arttığını belirtmiştir [213]. Mallakh ve Sarkar çalışmalarında deiyonize suda flor salınımının yapay tükürüğe göre sürekli olarak daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca çalışmada, kullanılan hafif asidik (pH 5,5) yapay tükürükte, deiyonize suya kıyasla daha az flor salınmasının yapay tükürükteki çeşitli katyonların varlığından kaynaklı olabileceği belirtilmiştir [214]. Örneklerin bulunduğu solüsyonun değiştirilme sıklığı da önemli bir faktördür. Depolama solüsyonunun minimum 24 saat aralıklarla değiştirilmesi gerektiği bildirilmiştir [209]. Bu tez çalışmasında saklama solüsyonu olarak distile deiyonize su seçilmiş ve solüsyon 24 saatlik aralıklarla yenilenmiştir.

Cam iyonomer simanlardan flor salımı pH değişikliklerinden etkilenmektedir. Daha düşük pH'lı çözeltiler daha yüksek miktarlarda H^+ iyonları içerir ve bunlar siman matrisine saldırarak iyonların salınmasına ve dolayısıyla çözünmeye neden olur. Bueno ve diğerleri

çalışmaları sonucunda düşük pH değerinin cam iyonomer simanlardan flor salımını artırdığını bildirmişlerdir [215]. Florun in vitro salınımı çok sayıda çalışmaya konu olmuştur ve flor iyonu çoğunlukla iyon seçici elektrot kullanılarak ölçülmektedir. Ancak florun kompleks iyonları iyon selektif elektrot tarafından tespit edilemez. Çalışmalarda florür iyonunu ayırtırmak ve sabit bir arka plan iyon kuvveti sağlamak için ayrıca florür elektrotu pH'taki değişikliklere duyarlı olduğundan suyun pH'ını 5,0 ile 5,5 arasında tutmak için TISAB bir tamponlama ajanı olarak sıklıkla kullanılmaktadır [216,217]. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda TISAB II solüsyonu ölçümden önce kullanılmıştır.

Literatürde fosfat içerikli materyallerin restoratif materyallere katıldığı ve flor salımının değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur.

Hosida ve diğerleri cam iyonomer simana katılan heksametafosfat (HMP) mikropartiküllerinin veya nanopartiküllerin antimikrobiyal ve fiziko-mekanik özellikler, flor salınımı ve mine demineralizasyonu üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, HMP ilavesinin cam iyonomer simanların antimikrobiyal aktivitesini, flor salınımını ve mine demineralizasyonunu önlemede etkinliğini artırdığını, ancak cam iyonomer simanın fiziksel ve mekanik özelliklerini azalttığını belirtmişlerdir. HMP'nin metal iyonlarına karşı güçlü bir afinitesi olduğundan, cam iyonomer siman tozunun ve sıvısının karıştırılması sırasında kalsiyum ve alüminyum iyonları HMP ile reaksiyona girebilir ve bu iyonların flor ile reaksiyonunu azaltabileceği belirtilmiştir [218].

Bellis ve diğerleri çalışmalarında CHX-HMP macununu cam iyonomer simana kütlece %0.00, 0.17, 0.34, 0.85 ve 1.70 oranında cam tozuna ilave etmişlerdir. Çalışmada in-vitro koşullarda klorheksidin salımı, gerilme ve basınç dayanımı değerlendirilmiş ayrıca %0,34 CHX-HMP içeren cam iyonomer simanların, *Streptococcus mutans*'ın in-vitro büyümesini engelleme yetenekleri test edilmiştir. Çalışma sonucunda CHX-HMP ile desteklenen cam iyonomer simanların, doza bağlı olarak sürekli çözünebilir klorheksidin salınımı sergilediği, %0.34 CHX-HMP içeren cam iyonomerlerin ortalama 2.34 mm mesafede *S. mutans*'ın büyümesini inhibe ederken kontrol (%0) cam iyonomer siman grubunun bakteri üremesini engellemediğini belirtmişlerdir. CHX-HMP ile desteklenmiş simanlardan gözlemlenen CHX

salınımının, katkı maddesi olarak CHX diglukonat veya CHX diasetat kullanılarak elde edilenden çok daha uzun süre sürdürüldüğü görülmüştür [219].

Hook ve diğerleri cam iyonomer simana CHX ve HMP ilavesinin klorheksidin, flor salımı ve gerilme dayanımı üzerindeki etkinliğini araştırmış ve çalışma sonucunda 1 saatte, kontrol cam iyonomer grubunun, nanopartiküller ilave edilmiş cam iyonomer simanlardan önemli ölçüde daha fazla florür açığa çıkardığı, tüm simanların kontrole benzer profille flor saldığı belirtilmiştir [220].

Tiveron ve diğerleri çalışmalarında TMP ve sodyum florürün (NaF) kombinasyonuna göre sekiz deneysel rezin kompozit formüle etmiştir, bunlar; TMP ve NaF içermeyen (kontrol), yalnızca %1.6 NaF içeren, %1.6 NaF ve %1.5 TMP içeren, %1.6 NaF ve %14.1 TMP içeren, %1,6 NaF ve %36,8 TMP içeren, yalnızca %1.5 TMP içeren, yalnızca %14.1 TMP içeren ve yalnızca %36.8 TMP içeren rezin kompozit gruplarıdır. Daha sonra çalışmada minenin demineralizasyonu, flor salımı, TMP salımı ve mikrosertlik değerleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda %14.1 TMP ve flor kombinasyonunun, özellikle lezyon yüzeyinde daha az demineralizasyonla sonuçlandığını, TMP'nin varlığının materyallerden flor salınımını arttırırken, sertliklerini azalttığını belirtmişlerdir [221].

Tiveron ve diğerleri bir diğer çalışmalarında flor veya TMP içermeyen, %1.6 NaF içeren, %14.1 TMP içeren ve %1.6 NaF ile %14.1 TMP içeren deneysel kompozit rezinlerin in vitro mine remineralizasyon kapasitesini değerlendirmiştir. Çalışma sonunda iki ajanın kombinasyonunun remineralizasyonu artırdığını ve kompozit rezinlere %14.1 TMP ve %1.6 NaF ilavesinin, TMP içermeyen flor içeren kompozit rezinlerle karşılaştırıldığında, yapay çürük lezyonunun remineralizasyonunda artışa neden olduğunu, TMP varlığının flor kullanılabilirliğini artırdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın bulguları, TMP'nin mine remineralizasyonunu etkilediğini ve etkisinin, lezyonun derinlerinde mineralizasyonunun daha fazla olmasıyla ilişkili olduğunu göstermiştir. [154].

Silva ve diğerleri çalışmalarında rezin modifiye cam iyonomer siman içerisine %1.25 veya %2.5 CHX ile %7 veya %14 TMP'yi çeşitli kombinasyonlarda ilave ederek 9 farklı örnek grubunun mine demineralizasyonu üzerindeki etkisi ile antimikrobiyal ve mekanik

özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda rezin modifiye cam iyonomerlerin CHX ile birleştirildiğinde bakteriler üzerindeki inhibitör etkisinde önemli bir artış olduğu görülmüştür. CHX ve %7 veya 14 TMP içeren materyallerin antimikrobiyal etkinliğinin TMP içermeyen CHX ilave edilmiş cam iyonomerlerden istatistiksel olarak farklı olmadığı, öte yandan sadece TMP (%7 veya %14) içeren simanların rezin modifiye cam iyonomerler ile benzer antimikrobiyal etkinlik gösterdiği bildirilmiştir. RMCİS + %2.5 CHX + %14 TMP içeren grubun, en yüksek CHX ve TMP konsantrasyonlarının dahil edilmesiyle muhtemelen yüksek CHX salınımına bağlı olarak en iyi sonuçları gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmada bu kombinasyonların RMCİS'in fiziko-mekanik özelliklerini azalttığı belirtilmiştir. Antimikrobiyal ve antibiyofilm etkileri açısından en iyi kombinasyon olan RMGCİS + %2.5 CHX + %14 TMP kombinasyonu mekanik özellikler açısından en kötü performansı sergilemiştir. Cam iyonomer simana farklı bileşenlerin dahil edilmesinin, poliakrilik asit ve cam parçacıklarının reaksiyonuna müdahale edebileceği ayrıca toz-sıvı oranındaki küçük değişikliklerin de malzemenin fiziko-mekanik özelliklerini etkileyebileceği bildirilmiştir. Flor salınımına ilişkin olarak test edilen tüm gruplarda en yüksek değerler ilk günde gözlenmiştir. 15 gün boyunca salınan toplam flor ortalaması, RMCİS+ %1,25CHX + %14TMP grubu için en yüksek bulunmuş ve bunu RMCİS + %14TMP grubu izlemiştir. Ayrıca bu çalışmada, %14 TMP ilavesinin, CHX konsantrasyonundan bağımsız olarak, hem yüzey hem de yüzey altı mine demineralizasyonunun azaltılmasında faydalı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. TMP ve flor arasındaki sinerjik etki nedeniyle, yüksek TMP konsantrasyonlarının florun hidroksiapatite afinitesini artırabileceği ve mine demineralizasyonunu azaltabileceği belirtilmiştir [127].

Çalışmamızda da tüm zamanlarda ölçülen flor salım değerlerinde yalnızca Fuji IX GP'den oluşan kontrol grubu ile %7 ve %14 TMP ilave edilen gruplar arasında ve %7 TMP ile %14 TMP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptandı ($p<0,05$). %7 ve %14 oranında TMP içeren grupların flor salım ortalamaları kontrol grubunun ortalamasından yüksek bulundu. Ayrıca %14 TMP ilave edilen grubun flor salım ortalaması %7 TMP ilave edilen grubun ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($p<0,05$). Bu da trisodyum trimetafosfat ilavesinin cam iyonomer simanların flor salımını artırıcı yönde etki gösterdiğini açıkça göstermektedir.

Flor içeren dolgu malzemelerinden salınan flor seviyelerinin zamanla azalması nedeniyle, restoratif materyallerin flor geri alım özellikleri ile sürekli artan bir flor salınım seviyesini koruyacağı öne sürülmüştür [203]. Uzun süreli flor salımı yalnızca düşük bir seviyede devam ettiğinden, çürük önleyici etkili bir flor düzeyi sonunda kaybedilebilir [222]. Flor salma yeteneği, topikal flor maddesi veya flor içeren diş macunu kullanılarak kısmen yenilenebilir veya yeniden doldurulabilir. Ayrıca, başlangıçta daha yüksek flor salımına sahip materyallerin aynı zamanda daha yüksek bir flor yeniden şarj etme kapasitesine sahip olduğu çalışmalarda gösterilmiştir [169,223].

Bununla birlikte, flor salan tüm materyallerin, flor salımının başlangıçta kısa vadeli bir artışla başladığını ve yaklaşık 1 ay sonra stabil hale geldiğini gösterilmiştir [223]. Bir restoratif materyalin flor rezervuarı olarak görev yapma yeteneği esas olarak dolgu materyalinin tipine ve geçirgenliğine, florüre maruz kalma sıklığına ve geri alım için kullanılan solüsyonun türüne ve konsantrasyonuna bağlıdır. Topikal flor uygulamasına ilişkin protokol, çoğu insanın flor içeren diş macunu veya flor içeren ağız gargarası kullanarak dişlerini topikal flora maruz bırakması mantığına dayanmaktadır [224]. Çalışmamızda bu bilgiler doğrultusunda geri alım özellikleri tespiti için topikal flor uygulamasına 28. günde başlandı ve günlük kullanılan ajanlara benzer konsantrasyonlarda %0,221'lik NaF (1000 ppm F) 14 gün süreyle uygulandı.

28. günden sonra uygulanan topikal flor uygulamasının ardından tüm materyallerin flor salımlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede artış görüldü ($p<0,05$). Geri alım sonrası 42. günde ölçülen değerler tüm gruplarda 1. gün ölçülen değerlerden düşük diğer günlerde ölçülenlerden daha yüksek bulundu. Topikal flor uygulamasından sonra en fazla artış %14 TMP içeren grupta olurken bunu %7 TMP içeren grup ve kontrol grubu takip etmektedir.

Florun kolayca alınabilmesi ve daha sonra çok hızlı bir şekilde salınabilmesi gerçeği, florun büyük olasılıkla matris ile çok az etkileşime giren veya hiç etkileşime girmeyen çok çözünür bir formda mevcut olduğunu göstermektedir [225]. Malzemelerin gözenekliliği, yeniden şarj edilmeden önce ve sonra salınan flor miktarı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Daha yüksek gözeneklilik, daha derin difüzyonuna olanak tanıyacak ve daha yüksek miktarda florun depolanması ve salınması ile sonuçlanacaktır [169].

Flor içeren ajanların uygulanmasından sonra flor salımı, kısmen restoratif materyalin yüzeyinde veya gözeneklerinde tutulan florür iyonlarının yıkanması yoluyla meydana gelebilir [203]. Çalışmamızda flor uygulamasının bitiminden 7 gün sonraki 49. günde ölçülen değerlerdeki anlamlı düşüş bunun bir kanıtı olabilir.

Restoratif materyallerin gözenekliliği, flor salımı miktarları üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Restoratif materyalin yüzey pürüzlülüğü ile flor salım, geri alım miktarı arasında doğrusal ilişki olduğu çalışmalarda belirtilmiştir [226,227]. Çalışmamızda bu bilgilerle aynı doğrultuda tüm zaman aralıklarında en yüksek flor salımını gösteren %14 TMP grubu ölçülen zaman aralıklarında en yüksek yüzey pürüzlülüğünü göstermiştir. Aynı şekilde kontrol grubu olan Fuji IX GP grubu en az yüzey pürüzlülük değeriyle birlikte diğer gruplara göre tüm zaman aralıklarında daha az flor salımı göstermiştir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan GC Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya) içerisine ağırlıkça %7 ve %14 oranlarında trisodyum trimetafosfat (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, Mo., USA) ilavesinin, simanın yüzey pürüzlülüğü, flor salım ve geri alım özelliklerine etkisi değerlendirilmiş ve çalışmanın sonuçları aşağıda gösterilmiştir;

1. Yüzey pürüzlülüğü testlerinde Ra değerleri karşılaştırılmış ve kontrol grubu olan Fuji IX grubunun %7 TMP + Fuji IX grubu ve %14 TMP + Fuji IX grubuna kıyasla ölçülen her iki zaman aralığında da daha düşük pürüzlülük gösterdiği bulunmuştur. 24. saatte yapılan ölçümlerde %14 TMP + Fuji IX grubu %7 TMP + Fuji IX grubuna kıyasla daha yüksek pürüzlülük değerleri göstermiştir.
2. Yüzey pürüzlülük testlerinde 24. ve 168. saatlerde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.
3. Flor salım testlerinde ilk 28 günde en yüksek salım değeri tüm gruplarda 1. günde yapılan ölçümlerde bulunmuştur. Sonrasında 28. güne kadar tüm zaman aralıklarında düşüş görülmüştür.
4. Flor salım değerleri karşılaştırıldığında %14 TMP + Fuji IX grubunun tüm zamanlarda en yüksek değerleri gösterdiği bunu %7 TMP + Fuji IX grubunun izlediği, ayrıca bu farkların tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu görülmüştür.
5. Flor geri alım değerlerinde ise en fazla salımın görüldüğü grup olan %14 TMP + Fuji IX grubunda geri alımın da daha fazla olduğu, bunu %7 TMP + Fuji IX grubunun takip ettiği ve en düşük alımın kontrol grubu olan Fuji IX grubunda görüldüğü farkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu izlenmiştir.
6. Flor geri alımından sonraki 49. günde ölçülen flor miktarında anlamlı düşüş görülmüş, bu durum flor geri alımının yalnızca yüzey ile sınırlı olduğunu düşündürmüştür.
7. Cam iyonomer simanlara TMP ilavesinin simanın özelliklerine etkisi ve ağız ortamında kullanımıyla ilgili daha çok in vitro ve in vivo çalışma yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Kagihara, L. E., Niederhauser, V. P., and Stark, M. (2009). Assessment, management, and prevention of early childhood caries. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 21(1), 1-10.
2. Khoroushi, M., and Keshani, F. (2013). A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental Research Journal*, 10(4), 422-420
3. Van Noort, R., and Barbour, M. (2014). *introduction to dental materials* (Fourth edition). China: Elsevier Health Sciences, 95-106
4. McCabe, J. F., and Walls, A. W. (2013). *Applied dental materials* (Ninth edition). Oxford: John Wiley & Sons, 247-264
5. Lohbauer, U. (2009). Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?— Properties, limitations future trends. *Materials*, 3(1), 76-96.
6. Lo, E. C., and Holmgren, C. (2001). Provision of Atraumatic Restorative Treatment (ART) restorations to Chinese pre-school children—a 30-month evaluation. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 11(1), 3-10.
7. Hes, K., Leung, S., and Wei, S. (1999). Resin-ionomer restorative materials for children: A review. *Australian Dental Journal*, 44(1), 1-11.
8. Ching, H. S., Luddin, N., Kannan, T. P., Ab Rahman, I., and Abdul Ghani, N. R. (2018). Modification of glass ionomer cements on their physical-mechanical and antimicrobial properties. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(6), 557-571.
9. Danelon, M., Pessan, J. P., Neto, F. N. S., de Camargo, E. R., and Delbem, A. C. B. (2015). Effect of toothpaste with nano-sized trimetaphosphate on dental caries: In situ study. *Journal of Dentistry*, 43(7), 806-813.
10. Nicholson, J. W. (1998). Chemistry of glass-ionomer cements: a review. *Biomaterials*, 19(6), 485-494.
11. Sidhu, S. K., and Nicholson, J. W. (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16.
12. Nicholson, J. W., Sidhu, S. K., and Czarnecka, B. (2020). Enhancing the mechanical properties of glass-ionomer dental cements: a review. *Materials*, 13(11), 2510.
13. Nagaraja Upadhya, P., and Kishore, G. (2005). Glass ionomer cement: The different generations. *Trends Biomater Artif Organs*, 18(2), 158-165.
14. Nicholson, J. W. (2016). Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: a review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 69(1), 33-38.

15. Baig, M. S., and Fleming, G. J. (2015). Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *Journal of Dentistry*, 43(8), 897-912.
16. Moshaverinia, A., Roohpour, N., Chee, W. W., and Schricker, S. R. (2011). A review of powder modifications in conventional glass-ionomer dental cements. *Journal of Materials Chemistry*, 21(5), 1319-1328.
17. Nicholson, J. W. (2018). Maturation processes in glass-ionomer dental cements. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 4(1), 63-71.
18. Moshaverinia, M., Navas, A., Jahedmanesh, N., Shah, K. C., Moshaverinia, A., and Ansari, S. (2019). Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(2), 154-159.
19. Rizzante, F. A. P., Cunali, R. S., Bombonatti, J. F. S., Correr, G. M., Gonzaga, C. C., and Furuse, A. Y. (2015). Indications and restorative techniques for glass ionomer cement. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 12(1), 79-87.
20. Almuhaiza, M. (2016). Glass-ionomer cements in restorative dentistry: a critical appraisal. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 17(4), 331-336.
21. KANIK, Ö., and TÜRKÜN, L. Ş. (2016). Restoratif Cam iyonomer simanlarda güncel yaklaşımlar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 37(2), 54-65.
22. Davidson, C. L. (2006). Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*, 14, 3-9.
23. Tyas, M., and Burrow, M. (2004). Adhesive restorative materials: a review. *Australian Dental Journal*, 49(3), 112-121.
24. KAYA, D. T., and TİRALİ, Y. D. D. R. E. (2013). Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 23(7), 71-77
25. Nouri, S., El-Housseiny, A. A., and Alamoudi, N. M. (2018). Glass Ionomer Cements for Restoration of Primary Molars: A Review. *EC Dental Science*, 17(6), 644-657.
26. Ngo, H. C., Mount, G., Mc Intyre, J., Tuisuva, J., and Von Doussa, R. (2006). Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: an in vivo study. *Journal of Dentistry*, 34(8), 608-613.
27. Sakaguchi, R. L., and Powers, J. M. (2011). *Craig's restorative dental materials USA*: Elsevier Health Sciences, 151-192.
28. Smith, D. C. (1998). Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*, 19(6), 467-478.
29. Çapan, B., and Akyüz, S. (2016). Çocuk Diş Hekimliğinde Fluorid Salınımı Yapan Güncel Restoratif Materyaller. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 6(3), 129-134.

30. Asmussen, E., and Peutzfeldt, A. (2002). Long-term fluoride release from a glass ionomer cement, a compomer, and from experimental resin composites. *Acta Odontologica Scandinavica*, 60(2), 93-97.
31. Helvatjoglu-Antoniades, M., Karantakis, P., Papadogiannis, Y., and Kapetanios, H. (2001). Fluoride release from restorative materials and a luting cement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(2), 156-164.
32. Chan, W. D., Yang, L., Wan, W., and Rizkalla, A. S. (2006). Fluoride release from dental cements and composites: a mechanistic study. *Dental Materials*, 22(4), 366-373.
33. Gama-Teixeira, A., Simionato, M. R. L., Elia, S. N., Sobral, M. A. P., and Luz, M. A. A. d. C. (2007). Streptococcus mutans-induced secondary caries adjacent to glass ionomer cement, composite resin and amalgam restorations in vitro. *Brazilian Oral Research*, 21(4), 368-374.
34. FORSTEN, L. (1990). Short-and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials in vitro. *European Journal of Oral Sciences*, 98(2), 179-185.
35. Mousavinasab, S. M., and Meyers, I. (2010). Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dental Research Journal*, 6(2), 75-81
36. Vermeersch, G., Leloup, G., and Vreven, J. (2001). Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(1), 26-32.
37. Neelakantan, P., John, S., Anand, S., Sureshbabu, N., and Subbarao, C. (2011). Fluoride release from a new glass-ionomer cement. *Operative Dentistry*, 36(1), 80-85.
38. Forsten, L. (1998). Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19(6), 503-508.
39. Al-Taei, L., Deb, S., and Banerjee, A. (2020). An in vitro assessment of the physical properties of manually-mixed and encapsulated glass-ionomer cements. *BDJ Open*, 6(1), 12.
40. Berzins, D. W., Abey, S., Costache, M., Wilkie, C. A., and Roberts, H. (2010). Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *Journal of Dental Research*, 89(1), 82-86.
41. Nicholson, J. W., and Czarnecka, B. (2008). The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dental Materials*, 24(12), 1702-1708.
42. Kakaboura, A., Eliades, G., and Palaghias, G. (1996). An FTIR study on the setting mechanism of resin-modified glass ionomer restoratives. *Dental Materials*, 12(3), 173-178.

43. Sidhu, S. K. (2010). Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dental Materials*, 26(1), 7-12.
44. Nicholson, J. W. (2007). Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dental Materials*, 23(5), 615-622.
45. Meyer, J., Cattani-Lorente, M., and Dupuis, V. (1998). Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials*, 19(6), 529-539.
46. ABU-BAKR, N., Han, L., Okamoto, A., and IWAKU, M. (2000). Color stability of compomer after immersion in various media. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 12(5), 258-263.
47. Soncini, J. A., Maserejian, N. N., Trachtenberg, F., Tavares, M., and 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. *The Journal of the American Dental Association*, 138(6), 763-772.
48. McLean, J. W. (1990). Cermet cements. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 120(1), 43-47.
49. Croll, T. P., and Phillips, R. W. (1991). Six years' experience with glass-ionomer--silver cermet cement. *Quintessence International*, 22(10), 783-793
50. Sidhu, S. (2011). Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Australian Dental Journal*, 56(1), 23-30.
51. Gorseta, K., Glavina, D., Borzabadi-Farahani, A., Van Duinen, R., Skrinjaric, I., Hill, R., and Lynch, E. (2014). One-year clinical evaluation of a Glass Carbomer fissure sealant, a preliminary study. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 22(2), 67-71.
52. Menne-Happ, U., and Ilie, N. (2013). Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *Journal of Dentistry*, 41(3), 223-230.
53. Gorseta, K., Borzabadi-Farahani, A., Moshaverinia, A., Glavina, D., and Lynch, E. (2017). Effect of different thermo–light polymerization on flexural strength of two glass ionomer cements and a glass carbomer cement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(1), 102-107.
54. El-Housseiny, A. A., Alamoudi, N. M., Nouri, S., and Felemban, O. (2019). A randomized controlled clinical trial of glass carbomer restorations in Class II cavities in primary molars: 12-month results. *Quintessence International*, 50(7), 522-532
55. Tatli, E. C., Özer, L., ve Ergöçen, S. (2019). Cam Karbomer Siman Mikrosızıntı Değerlerinin Kompomer ve Cam İyonomer Siman ile Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri. Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, 25(1), 11-17.

56. Irie, M., Maruo, Y., Nishigawa, G., Suzuki, K., and Watts, D. C. (2008). Class I gap-formation in highly-viscous glass-ionomer restorations: delayed vs immediate polishing. *Operative Dentistry*, 33(2), 196-202.
57. Hilgert, L. A., de Amorim, R. G., Leal, S. C., Mulder, J., Creugers, N. H., and Frencken, J. E. (2014). Is high-viscosity glass-ionomer-cement a successor to amalgam for treating primary molars? *Dental Materials*, 30(10), 1172-1178.
58. Bariker, R. H., and Mandroli, P. S. (2016). An in-vitro evaluation of antibacterial effect of Amalgomer CR and Fuji VII against bacteria causing severe early childhood caries. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 34(1), 23-29.
59. Bhattacharya, A., Vaidya, S., Tomer, A. K., and Raina, A. (2017). GIC at It's best—A review on ceramic reinforced GIC. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 3(4), 405-408.
60. Ayad, N. M., Elnogoly, S. A., and Badie, O. M. (2008). An in-vitro study of the physico-mechanical properties of a new esthetic restorative versus dental amalgam. *Revista de Clínica Pesquisa Odontologia (Impresso)*, 4(3), 137-144.
61. Deepa, G., and Shobha, T. (2010). A clinical evaluation of two glass ionomer cements in primary molars using atraumatic restorative treatment technique in India: 1 year follow up. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 20(6), 410-418.
62. Walia, R., Jasuja, P., Verma, K. G., Juneja, S., Mathur, A., and Ahuja, L. (2016). A comparative evaluation of microleakage and compressive strength of Ketac Molar, Giomer, Zircomer, and Ceram-x: An: in vitro: study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 34(3), 280-284.
63. Itota, T., Carrick, T. E., Yoshiyama, M., and McCabe, J. F. (2004). Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dental Materials*, 20(9), 789-795.
64. Gonulol, N., Ozer, S., and Sen Tunc, E. (2015). Water sorption, solubility, and color stability of giomer restoratives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 300-306.
65. Arami, S., Kimyai, S., Oskoe, P.-A., Daneshpooy, M., Rikhtegaran, S., Bahari, M., and Kahnamoii, M.-A. (2017). Reparability of giomer using different mechanical surface treatments. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(4), 520-529.
66. Deliperi, S., Bardwell, D. N., Wegley, C., and Congiu, M. D. (2006). In vitro evaluation of giomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: self-etch vs total-etch adhesives. *Operative Dentistry*, 31(2), 227-232.
67. Sunico, M. C., Shinkai, K., and Katoh, Y. (2005). Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Operative Dentistry-University of Washington*, 30(3), 282-289.

68. Uysal, T., Yagci, A., Uysal, B., and Akdogan, G. (2010). Are nano-composites and nano-ionomers suitable for orthodontic bracket bonding? *The European Journal of Orthodontics*, 32(1), 78-82.
69. Najeeb, S., Khurshid, Z., Zafar, M. S., Khan, A. S., Zohaib, S., Martí, J. M. N., Sauro, S., Matinlinna, J. P., and Rehman, I. U. (2016). Modifications in glass ionomer cements: nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(7), 1134-1148
70. Bollu, I. P., Hari, A., Thumu, J., Velagula, L. D., Bolla, N., Varri, S., Kasaraneni, S., and Nalli, S. V. M. (2016). Comparative evaluation of microleakage between nano-ionomer, giomer and resin modified glass ionomer cement in class V cavities-CLSM study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(5), 66-70
71. Babannavar, R., and Shenoy, A. (2014). Evaluation of shear bond strength of silorane resin to conventional, resin-modified glass ionomers and nano-ionomer cements. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 5(4), 295-300.
72. Falsafi, A., Mitra, S. B., Oxman, J. D., Ton, T. T., and Bui, H. T. (2014). Mechanisms of setting reactions and interfacial behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer. *Dental Materials*, 30(6), 632-643.
73. Amaireh, A., Al-Jundi, S., and Alshraideh, H. (2019). In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 20(4), 359-367.
74. Eissa, M. M., Akah, M., Yousry, M. M., Hamza, H., Hassanein, H., and Pameijer, C. H. (2021). Clinical Performance of a Bioactive Restorative Material vs a Glass Hybrid Restorative in Posterior Restorations in High-risk Caries Patients. *World Journal of Dentistry*, 12(4), 292-300.
75. Kaur, M., Mann, N. S., Jhamb, A., and Batra, D. (2019). A comparative evaluation of compressive strength of Cention N with glass ionomer cement: An in-vitro study. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 5(1), 5-9.
76. Venugopal, K., Krishnaprasad, L., Ravi, A. B., Haridas, K., and Soman, D. (2021). A comparative evaluation of microleakage between resin-modified glass ionomer, flowable composite, and cention-N in Class V restorations: A confocal laser scanning microscope study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 13(1), 132-136
77. Sujith, R., Yadav, T. G., Pitalia, D., Babaji, P., Apoorva, K., and Sharma, A. (2020). Comparative evaluation of mechanical and microleakage properties of Cention-N, composite, and glass ionomer cement restorative materials. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 21(6), 691-695.

78. Mazumdar, P., Das, A., and Das, U. K. (2019). Comparative evaluation of microleakage of three different direct restorative materials (silver amalgam, glass ionomer cement, Cention N), in class II restorations using stereomicroscope: an in vitro study. *Indian Journal of Dental Research*, 30(2), 277-281
79. Tüzüner, T., Dimkov, A., and Nicholson, J. W. (2019). The effect of antimicrobial additives on the properties of dental glass-ionomer cements: A review. *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica*, 5(1), 9-21.
80. Farrugia, C., and Camilleri, J. (2015). Antimicrobial properties of conventional restorative filling materials and advances in antimicrobial properties of composite resins and glass ionomer cements—A literature review. *Dental Materials*, 31(4), 89-99.
81. Du, X., Huang, X., Huang, C., Frencken, J., and Yang, T. (2012). Inhibition of early biofilm formation by glass-ionomer incorporated with chlorhexidine in vivo: a pilot study. *Australian Dental Journal*, 57(1), 58-64.
82. Yadiki, J. V., Jampanapalli, S. R., Konda, S., Inguva, H. C., and Chimata, V. K. (2016). Comparative evaluation of the antimicrobial properties of glass ionomer cements with and without chlorhexidine gluconate. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(2), 99-103
83. Türkün, L. S. E., Türkün, M., ERTUG˘ RUL, F., Ates, M., and Brugger, S. (2008). Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 20(1), 29-44.
84. Ribeiro, J., and Ericson, D. (1991). In vitro antibacterial effect of chlorhexidine added to glass-ionomer cements. *European Journal of Oral Sciences*, 99(6), 533-540.
85. Takahashi, Y., Imazato, S., Kaneshiro, A. V., Ebisu, S., Frencken, J. E., and Tay, F. R. (2006). Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dental Materials*, 22(7), 647-652.
86. Deepalakshmi, M., Poorni, S., Miglani, R., Rajamani, I., and Ramachandran, S. (2010). Evaluation of the antibacterial and physical properties of glass ionomer cements containing chlorhexidine and cetrimide: an in-vitro study. *Indian Journal of Dental Research*, 21(4), 552-556
87. Marti, L. M., Mata, M. d., Ferraz-Santos, B., Azevedo, E. R., Giro, E. M. A., and Zuanon, A. C. C. (2014). Addition of chlorhexidine gluconate to a glass ionomer cement: a study on mechanical, physical and antibacterial properties. *Brazilian Dental Journal*, 25(1), 33-37.
88. Hu, J., Du, X., Huang, C., Fu, D., Ouyang, X., and Wang, Y. (2013). Antibacterial and physical properties of EGCG-containing glass ionomer cements. *Journal of Dentistry*, 41(10), 927-934.

89. Du, X., Huang, X., Huang, C., Wang, Y., and Zhang, Y. (2012). Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) enhances the therapeutic activity of a dental adhesive. *Journal of Dentistry*, 40(6), 485-492.
90. Hafshejani, T. M., Zamanian, A., Venugopal, J. R., Rezvani, Z., Sefat, F., Saeb, M. R., Vahabi, H., Zarrintaj, P., and Mozafari, M. (2017). Antibacterial glass-ionomer cement restorative materials: A critical review on the current status of extended release formulations. *Journal of Controlled Release*, 262(28), 317-328.
91. Xie, D., Weng, Y., Guo, X., Zhao, J., Gregory, R. L., and Zheng, C. (2011). Preparation and evaluation of a novel glass-ionomer cement with antibacterial functions. *Dental Materials*, 27(5), 487-496.
92. Weng, Y., Howard, L., Chong, V. J., Sun, J., Gregory, R. L., and Xie, D. (2012). A novel furanone-modified antibacterial dental glass ionomer cement. *Acta Biomaterialia*, 8(8), 3153-3160.
93. Chen, Y., Caneli, G., Almousa, R., Wen, X., Anderson, G. G., and Xie, D. (2020). An antibacterial dental light-cured glass-ionomer cement with improved hardness. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 31(18), 2362-2380.
94. Petri, D. F., Donegá, J., Benassi, A. M., and Bocangel, J. A. (2007). Preliminary study on chitosan modified glass ionomer restoratives. *Dental Materials*, 23(8), 1004-1010.
95. Mishra, A., Pandey, R. K., and Manickam, N. (2017). Antibacterial effect and physical properties of chitosan and chlorhexidine-cetrimide-modified glass ionomer cements. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 35(1), 28-33.
96. Nishanthine, C., Miglani, R., Indira, R., Poorni, S., Srinivasan, M. R., Robaian, A., Albar, N. H. M., Alhaidary, S. F. R., Binalrimal, S., and Almalki, A. (2022). Evaluation of fluoride release in chitosan-modified glass ionomer cements. *International Dental Journal*, 72(6), 785-791.
97. Jowkar, Z., Jowkar, M., and Shafiei, F. (2019). Mechanical and dentin bond strength properties of the nanosilver enriched glass ionomer cement. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(3), 275-281
98. Paiva, L., Fidalgo, T., Da Costa, L., Maia, L., Balan, L., Anselme, K., Ploux, L., and Thiré, R. (2018). Antibacterial properties and compressive strength of new one-step preparation silver nanoparticles in glass ionomer cements (NanoAg-GIC). *Journal of Dentistry*, 69, 102-109.
99. Magalhaes, A. P. R., Santos, L. B., Lopes, L. G., Estrela, C. R. d. A., Estrela, C., Torres, É. M., Bakuzis, A. F., Cardoso, P. C., and Carriao, M. S. (2012). Nanosilver application in dental cements. *International Scholarly Research Notices*, 2012(1), 1-7.
100. Lee, J. H., Lee, S. B., Kim, K. N., Kim, K. M., and Lee, Y. K. (2007). Antibacterial effect of silver-zeolites in glass-ionomer cements. *Key Engineering Materials*, 330, 831-834.

101. ÇINAR, Ç., Ulusu, T., ve Yücel, H. (2008). Atravmatik restoratif teknikte kullanılan Fuji IX ve Chemflex'e zeolit ilavesinin mikrosızıntı yönünden değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25(1), 7-11.
102. Sainulabdeen, S., Neelakantan, P., Ramesh, S., and Subbarao, C. (2010). Antibacterial activity of triclosan incorporated glass ionomer cements—an in vitro pilot study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 35(2), 157-161.
103. Somani, R., Jaidka, S., Jawa, D., and Mishra, S. (2014). Comparative evaluation of microleakage in conventional glass ionomer cements and triclosan incorporated glass ionomer cements. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(1), 85-88
104. Jaidka, S., Somani, R., Singh, D. J., and Shafat, S. (2016). Comparative evaluation of compressive strength, diametral tensile strength and shear bond strength of GIC type IX, chlorhexidine-incorporated GIC and triclosan-incorporated GIC: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 6(1), 64-69
105. Troca, V. B. P. B., Fernandes, K. B. P., Terrile, A. E., Marcucci, M. C., Andrade, F. B. d., and Wang, L. (2011). Effect of green propolis addition to physical mechanical properties of glass ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*, 19(2), 100-105.
106. Topcuoglu, N., Ozan, F., Ozyurt, M., and Kulekci, G. (2012). In vitro antibacterial effects of glassionomer cement containing ethanolic extract of propolis on *Streptococcus mutans*. *European Journal of Dentistry*, 6(04), 428-433.
107. Subramaniam, P., Girish Babu, K., Neeraja, G., and Pillai, S. (2017). Does addition of propolis to glass ionomer cement alter its physicommechanical properties? an in vitro study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 41(1), 62-65.
108. Altunsoy, M., Tanriver, M., Türkan, U., Uslu, M. E., and Silici, S. (2016). In vitro evaluation of microleakage and microhardness of ethanolic extracts of propolis in different proportions added to glass ionomer cement. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 40(2), 136-140.
109. Kabil, N. S., Badran, A. S., and Wassel, M. O. (2017). Effect of the addition of chlorhexidine and miswak extract on the clinical performance and antibacterial properties of conventional glass ionomer: an in vivo study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 27(5), 380-387.
110. Nordin, A., Saim, A. B., Ramli, R., Hamid, A. A., Nasri, N. W. M., and Idrus, R. B. H. (2020). Miswak and oral health: An evidence-based review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(7), 1801-1810.
111. Naseem, S., Hashmi, K., Fasih, F., Sharafat, S., and Khanani, R. (2014). In vitro evaluation of antimicrobial effect of miswak against common oral pathogens. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 30(2), 398-403

112. Almas, K., and Al-Zeid, Z. (2004). The immediate antimicrobial effect of a toothbrush and miswak on cariogenic bacteria: a clinical study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 5(1), 105-114.
113. Prabhakar, A., Prahlad, D., and Kumar, S. R. (2013). Antibacterial activity, fluoride release, and physical properties of an antibiotic-modified glass ionomer cement. *Pediatric Dentistry*, 35(5), 411-415.
114. García-Godoy, F., and 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. *The Journal of the American Dental Association*, 139(2), 25-34.
115. Pitts, N. B., Zero, D. T., Marsh, P. D., Ekstrand, K., Weintraub, J. A., Ramos-Gomez, F., Tagami, J., Twetman, S., Tsakos, G., and Ismail, A. (2017). Dental caries. *Nature Reviews Disease Primers*, 3(1), 1-16.
116. Huang, R., Li, M., and Gregory, R. L. (2011). Bacterial interactions in dental biofilm. *Virulence*, 2(5), 435-444.
117. Selwitz, R. H., Ismail, A. I., and Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *The Lancet*, 369(9555), 51-59.
118. Featherstone, J. D. (2008). Dental caries: a dynamic disease process. *Australian Dental Journal*, 53(3), 286-291.
119. Larsen, T., and Fiehn, N. E. (2017). Dental biofilm infections—an update. *Journal of Pathology, Microbiology and Immunology-Apmis*, 125(4), 376-384.
120. Stookey, G. K. (2008). The effect of saliva on dental caries. *The Journal of the American Dental Association*, 139(2), 11-17.
121. Lenander-Lumikari, M., and Loimaranta, V. (2000). Saliva and dental caries. *Advances in Dental Research*, 14(1), 40-47.
122. Gao, X., Jiang, S., Koh, D., and Hsu, C. Y. S. (2016). Salivary biomarkers for dental caries. *Periodontology 2000*, 70(1), 128-141.
123. Reynolds, E. C. (2008). Calcium phosphate-based remineralization systems: scientific evidence? *Australian Dental Journal*, 53(3), 268-273.
124. Walsh, L. J. (2009). Contemporary technologies for remineralization therapies: A review. *International Dentistry South Africa*, 11(6), 6-16.
125. Karlinsey, R. L., Mackey, A. C., Walker, E. R., and Frederick, K. E. (2010). Preparation, characterization and in vitro efficacy of an acid-modified β -TCP material for dental hard-tissue remineralization. *Acta Biomaterialia*, 6(3), 969-978.

126. Weiner, M., Salminen, W., Larson, P., Barter, R., Kranetz, J., and Simon, G. (2001). Toxicological review of inorganic phosphates. *Food and Chemical Toxicology*, 39(8), 759-786.
127. da Silva, M. E. R., Danelon, M., Souza, J. A. S., Silva, D. F., Pereira, J. A., Pedrini, D., de Camargo, E. R., Delbem, A. C. B., and Duque, C. (2019). Incorporation of chlorhexidine and nano-sized sodium trimetaphosphate into a glass-ionomer cement: effect on mechanical and microbiological properties and inhibition of enamel demineralization. *Journal of Dentistry*, 84(2019), 81-88.
128. Ekambaram, M., Said, S. N., and Yiu, C. K. (2017). A Review of Enamel Remineralisation Potential of Calcium-and Phosphate-based Remineralisation Systems. *Oral Health & Preventive Dentistry*, 15(5), 415-420
129. Philip, N. (2019). State of the art enamel remineralization systems: the next frontier in caries management. *Caries Research*, 53(3), 284-295.
130. Moynihan, P. (2000). Foods and factors that protect against dental caries. *Nutrition Bulletin*, 25(4), 281-286.
131. Harris, R. S., Nizel, A. E., and Walsh, N. B. (1967). The effect of phosphate structure on dental caries development in rats. *Journal of Dental Research*, 46(1), 290-294.
132. Cochrane, N., Cai, F., Huq, N., Burrow, M., and Reynolds, E. (2010). New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *Journal of Dental Research*, 89(11), 1187-1197.
133. Karlinsey, R. L., and Mackey, A. C. (2009). Solid-state preparation and dental application of an organically modified calcium phosphate. *Journal of Materials Science*, 44(1), 346-349.
134. Viana, Í. E. L., Lopes, R. M., Silva, F. R. O., Lima, N. B., Aranha, A. C. C., Feitosa, S., and Scaramucci, T. (2020). Novel fluoride and stannous-functionalized β -tricalcium phosphate nanoparticles for the management of dental erosion. *Journal of Dentistry*, 92(2020), 103263.
135. Burwell, A., Litkowski, L., and Greenspan, D. (2009). Calcium sodium phosphosilicate (NovaMin®): remineralization potential. *Advances in Dental Research*, 21(1), 35-39.
136. Pradeep, A., and Sharma, A. (2010). Comparison of clinical efficacy of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate to a dentifrice containing potassium nitrate and to a placebo on dentinal hypersensitivity: a randomized clinical trial. *Journal of Periodontology*, 81(8), 1167-1173.
137. Llena, C., Forner, L., and Baca, P. (2009). Anticariogenicity of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: a review of the literature. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 10(3), 1-9.

138. Reynolds, E. (2009). Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: the scientific evidence. *Advances in Dental Research*, 21(1), 25-29.
139. Rajendran, R., Kunjusankaran, R. N., Sandhya, R., Anilkumar, A., Santhosh, R., and Patil, S. R. (2019). Comparative evaluation of remineralizing potential of a paste containing bioactive glass and a topical cream containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: An in vitro study. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada*, 19, 4668
140. Mekky, A. I., Dowidar, K. M., and Talaat, D. M. (2021). Casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate fluoride varnish in remineralization of early carious lesions in primary dentition: Randomized clinical trial. *Pediatric Dentistry*, 43(1), 17-23.
141. Ramalingam, L., Messer, L., and Reynolds, E. (2005). Adding casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate to sports drinks to eliminate in vitro erosion. *Pediatric Dentistry*, 27(1), 61-67.
142. Lata, S., Varghese, N., and Varughese, J. M. (2010). Remineralization potential of fluoride and amorphous calcium phosphate-casein phospho peptide on enamel lesions: An in vitro comparative evaluation. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(1), 42-46
143. Al Zraikat, H., Palamara, J. E., Messer, H. H., Burrow, M. F., and Reynolds, E. C. (2011). The incorporation of casein phosphopeptide–amorphous calcium phosphate into a glass ionomer cement. *Dental Materials*, 27(3), 235-243.
144. Zhao, J., Liu, Y., Sun, W.-b., and Zhang, H. (2011). Amorphous calcium phosphate and its application in dentistry. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 1-7.
145. Moreau, J. L., Sun, L., Chow, L. C., and Xu, H. H. (2011). Mechanical and acid neutralizing properties and bacteria inhibition of amorphous calcium phosphate dental nanocomposite. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 98(1), 80-88.
146. Karimi, M., Hesarak, S., Alizadeh, M., and Kazemzadeh, A. (2019). Effect of synthetic amorphous calcium phosphate nanoparticles on the physicochemical and biological properties of resin-modified glass ionomer cements. *Materials Science and Engineering*, 98(2019), 227-240.
147. Grohe, B., and Mittler, S. (2021). Advanced non-fluoride approaches to dental enamel remineralization: the next level in enamel repair management. *Biomaterials and Biosystems*, 4, 100029.
148. Tenuta, L., Cenci, M. S., Cury, A., Pereira-Cenci, T., Tabchoury, C., Moi, G. P., and Cury, J. A. (2009). Effect of a calcium glycerophosphate fluoride dentifrice formulation on enamel demineralization in situ. *American Journal of Dentistry*, 22(5), 278-282.

149. Da Camara, D. M., Pessan, J. P., Francati, T. M., Souza, J. A. S., Danelon, M., and Delbem, A. C. B. (2016). Fluoride toothpaste supplemented with sodium hexametaphosphate reduces enamel demineralization in vitro. *Clinical Oral Investigations*, 20(8), 1981-1985.
150. Archila, L., Bartizek, R. D., Winston, J. L., Biesbrock, A. R., McClanahan, S. F., and He, T. (2004). The comparative efficacy of stabilized stannous fluoride/sodium hexametaphosphate dentifrice and sodium fluoride/triclosan/copolymer dentifrice for the control of gingivitis: A 6-month randomized clinical study. *Journal of Periodontology*, 75(12), 1592-1599.
151. Papas, A., He, T., Martuscelli, G., Singh, M., Bartizek, R. D., and Biesbrock, A. R. (2007). Comparative efficacy of stabilized stannous fluoride/sodium hexametaphosphate dentifrice and sodium fluoride/triclosan/copolymer dentifrice for the prevention of periodontitis in xerostomic patients: a 2-year randomized clinical trial. *Journal of Periodontology*, 78(8), 1505-1514.
152. Takeshita, E., Exterkate, R., Delbem, A. C. B., and Ten Cate, J. (2011). Evaluation of different fluoride concentrations supplemented with trimetaphosphate on enamel de-and remineralization in vitro. *Caries Research*, 45(5), 494-497.
153. Gonzalez, M. (1971). Effect of trimetaphosphate ions on the process of mineralization. *Journal of Dental Research*, 50(5), 1056-1064.
154. Tiveron, A. R. F., Delbem, A. C. B., Gaban, G., Sasaki, K. T., and Pedrini, D. (2015). In vitro enamel remineralization capacity of composite resins containing sodium trimetaphosphate and fluoride. *Clinical Oral Investigations*, 19(8), 1899-1904.
155. Liu, Y., Li, N., Qi, Y., Niu, L.-n., Elshafiy, S., Mao, J., Breschi, L., Pashley, D. H., and Tay, F. R. (2011). The use of sodium trimetaphosphate as a biomimetic analog of matrix phosphoproteins for remineralization of artificial caries-like dentin. *Dental Materials*, 27(5), 465-477.
156. Finn, S. B., Frew, R. A., Leibowitz, R., Morse, W., Manson-Hing, L., and Brunelle, J. (1978). The effect of sodium trimetaphosphate (TMP) as a chewing gum additive on caries increments in children. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 96(4), 651-655.
157. Huntington, E. (1996). The effect of sodium trimeta-phosphate on caries: a 3-year clinical toothpaste trial. *Caries Research*, 30(6), 418-422.
158. Takeshita, E. M., Danelon, M., Castro, L. P., Cunha, R. F., and Delbem, A. C. (2016). Remineralizing potential of a low fluoride toothpaste with sodium trimetaphosphate: an in situ study. *Caries Research*, 50(6), 571-578.
159. Missel, E. M., Cunha, R. F., Vieira, A. E., Cruz, N. V., Castilho, F. C., and Delbem, A. C. (2016). Sodium trimetaphosphate enhances the effect of 250 ppm fluoride toothpaste against enamel demineralization in vitro. *European Journal of Oral Sciences*, 124(4), 343-348.

160. Favretto, C., Danelon, M., Castilho, F., Vieira, A., and Delbem, A. C. B. (2013). In vitro evaluation of the effect of mouth rinse with trimetaphosphate on enamel demineralization. *Caries Research*, 47(5), 532-538.
161. Freire, I., Pessan, J., Amaral, J., Martinhon, C., Cunha, R., and Delbem, A. (2016). Anticaries effect of low-fluoride dentifrices with phosphates in children: a randomized, controlled trial. *Journal of Dentistry*, 50(2016), 37-42.
162. Danelon, M., Takeshita, E. M., Peixoto, L. C., Sassaki, K. T., and Delbem, A. C. B. (2014). Effect of fluoride gels supplemented with sodium trimetaphosphate in reducing demineralization. *Clinical Oral Investigations*, 18(4), 1119-1127.
163. Cavazana, T. P., Hosida, T. Y., Pessan, J. P., Sampaio, C., Monteiro, D. R., and Delbem, A. C. B. (2019). Activity of sodium trimetaphosphate, associated or not with fluoride, on dual-species biofilms. *Biofouling*, 35(6), 710-718.
164. Mendes-Gouvêa, C. C., do Amaral, J. G., Fernandes, R. A., Fernandes, G. L., Gorup, L. F., Camargo, E. R., Delbem, A. C. B., and Barbosa, D. B. (2018). Sodium trimetaphosphate and hexametaphosphate impregnated with silver nanoparticles: Characteristics and antimicrobial efficacy. *Biofouling*, 34(3), 299-308.
165. B Bhushan, B. (2000). *Modern tribology handbook, two volume set*. (First edition), USA: CRC press, t. CRC press, 49-81.
166. Tholt, B., Miranda-Júnior, W. G., Prioli, R., Thompson, J., and Oda, M. (2006). Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative Dentistry*, 31(4), 442-449.
167. Karatas, O., Gul, P., Gündoğdu, M., and Iskenderoglu, D. T. (2020). An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. *Microscopy Research and Technique*, 83(10), 1251-1259.
168. Alhabdan, A. A., and El-Hejazi, A. A. (2015). Comparison of surface roughness of ceramics after polishing with different intraoral polishing systems using profilometer and SEM. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy* 2(3), 1-11.
169. Xu, X., and Burgess, J. O. (2003). Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24(14), 2451-2461.
170. Venkateswarlu, P. (1990). Evaluation of analytical methods for fluorine in biological and related materials. *Journal of Dental Research*, 69(2), 514-521.
171. Cassella, R. J., Filho, H. d. C. A., Júnior, A. I. d. S., Cruz, M. B., and Campos, M. D. (2000). Determination of total fluoride in oral products by using of potentiometry with ion selective electrode: a critical study. *Analytical Letters*, 33(5), 819-829

172. Malde, M. K., Bjorvatn, K., and Julshamn, K. (2001). Determination of fluoride in food by the use of alkali fusion and fluoride ion-selective electrode. *Food Chemistry*, 73(3), 373-379.
173. Nollet, L. M., and De Gelder, L. S. (2000). *Handbook of water analysis*. (First edition), USA: CRC press, 184-187
174. Dhar, V., Hsu, K., Coll, J., Ginsberg, E., Ball, B., Chhibber, S., Johnson, M., Kim, M., Modaresi, N., and Tinanoff, N. (2015). Evidence-based update of pediatric dental restorative procedures: dental materials. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(4), 303-310.
175. Yıldırım, G., ve Cinar, C. (2022). *Trisodyum trimetafosfat ilave edilen geleneksel cam iyonomer simanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi*, Yayımlanmamış uzmanlık tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
176. Frankenberger, R., Sindel, J., and Krämer, N. (1997). Viscous glass-ionomer cements: a new alternative to amalgam in the primary dentition? *Quintessence International*, 28(10), 667-676
177. Celik, E. U., Tunac, A. T., and Yilmaz, F. (2019). Three-year clinical evaluation of high-viscosity glass ionomer restorations in non-carious cervical lesions: a randomised controlled split-mouth clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 23(3), 1473-1480.
178. Bala, O., Arisu, D. H., Yikilgan, I., Arslan, S., and Gullu, A. (2012). Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *European Journal of Dentistry*, 6(01), 79-86.
179. Raggio, D. P., Bonifácio, C. C., Bönecker, M., Imparato, J. C. P., Gee, A. J. d., and Amerongen, W. E. v. (2010). Effect of insertion method on knoop hardness of high viscous glass ionomer cements. *Brazilian Dental Journal*, 21(5), 439-445.
180. Čulina, M. Z., Rajić, V. B., Šalinović, I., Klarić, E., Marković, L., and Ivanišević, A. (2022). Influence of pH cycling on erosive wear and color stability of High-Viscosity glass ionomer cements. *Materials*, 15(3), 92-932.
181. Nomoto, R., and McCabe, J. F. (2001). Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *Journal of Dentistry*, 29(3), 205-210.
182. Verbeeck, R., De Moor, R., Van Even, D., and Martens, L. (1993). The short-term fluoride release of a hand-mixed vs. capsulated system of a restorative glass-ionomer cement. *Journal of Dental Research*, 72(3), 577-581.
183. Pedrini, D., Candido, M., and Rodrigues Jr, A. (2003). Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(7), 714-719.

184. Heintze, S., Forjanic, M., and Rousson, V. (2006). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials*, 22(2), 146-165.
185. Moheet, I. A., Luddin, N., Ab Rahman, I., Masudi, S. a. M., Kannan, T. P., and Abd Ghani, N. R. N. (2020). Novel nano-hydroxyapatite-silica-added glass ionomer cement for dental application: Evaluation of surface roughness and sol-sorption. *Polymers and Polymer Composites*, 28(5), 299-308.
186. Bollen, C. M., Papaioanno, W., Van Eldere, J., Schepers, E., Quirynen, M., and Van Steenberghe, D. (1996). The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clinical Oral Implants Research*, 7(3), 201-211.
187. Jones, C., Billington, R., and Pearson, G. (2004). The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal*, 196(1), 42-45.
188. Ozdemir-Ozenen, D., Sungurtekin, E., Issever, H., and Sandalli, N. (2013). Surface roughness of fluoride-releasing restorative materials after topical fluoride application. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 14(1), 68-72.
189. Yap, A. U., Yap, S., Teo, C., and Ng, J. (2004). Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry-University of Washington*, 29(1), 100-104.
190. Mallya, P. L., Acharya, S., Ballal, V., Ginjupalli, K., Kundabala, M., and Thomas, M. (2013). Profilometric study to compare the effectiveness of various finishing and polishing techniques on different restorative glass ionomer cements. *Journal of Interdisciplinary Dentistry*, 3(2), 86-90.
191. Yap, A. U., Ng, J., Yap, S., and Teo, C. (2004). Surface finish of resin-modified and highly viscous glass ionomer cements produced by new one-step systems. *Operative Dentistry-University of Washington*, 29(1), 87-91.
192. Wilder Jr, A., Swift Jr, E., May Jr, K., Thompson, J., and McDougal, R. (2000). Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Journal of Dentistry*, 28(5), 367-373.
193. Hoelscher, D., Neme, A., Pink, F., and Hughes, P. (1998). The effect of three finishing systems on four esthetic restorative materials. *Operative Dentistry*, 23(1), 36-42.
194. Kleverlaan, C. J., Van Duinen, R. N., and Feilzer, A. J. (2004). Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dental Materials*, 20(1), 45-50.
195. De Moor, R. J., & Verbeeck, R. M. (1998). Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements. *Biomaterials*, 19(24), 2269-2275.

196. Algera, T. J., Kleverlaan, C. J., Prahl-Andersen, B., and Feilzer, A. J. (2006). The influence of environmental conditions on the material properties of setting glass-ionomer cements. *Dental Materials*, 22(9), 852-856.
197. de Oliveira, B. M., Agostini, I. E., Baesso, M. L., Menezes-Silva, R., Borges, A. F. S., Navarro, M. F. L., Nicholson, J. W., Sidhu, S. K., and Pascotto, R. C. (2019). Influence of external energy sources on the dynamic setting process of glass-ionomer cements. *Dental Materials*, 35(3), 450-456.
198. Erdemir, U., Yildiz, E., Eren, M. M., Ozsoy, A., and Topcu, F. T. (2013). Effects of polishing systems on the surface roughness of tooth-colored materials. *Journal of Dental Sciences*, 8(2), 160-169.
199. Sharafeddin, F., Jowkar, Z., and Bahrani, S. (2021). Comparison between the effect of adding microhydroxyapatite and chitosan on surface roughness and Microhardness of resin modified and conventional glass ionomer cements. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 13(8), 737-744
200. Korkmaz, F. M., Tüzüner, T., Baygin, O., Buruk, C. K., Durkan, R., and Bagis, B. (2013). Antibacterial activity, surface roughness, flexural strength, and solubility of conventional luting cements containing chlorhexidine diacetate/cetrimide mixtures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(2), 107-115.
201. Jyothi, K., Annapurna, S., Kumar, A. S., Venugopal, P., and Jayashankara, C. (2011). Clinical evaluation of giomer-and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(4), 409-413
202. Hattab, F., and Amin, W. (2001). Fluoride release from glass ionomer restorative materials and the effects of surface coating. *Biomaterials*, 22(12), 1449-1458.
203. Wiegand, A., Buchalla, W., and Attin, T. (2007). Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dental Materials*, 23(3), 343-362.
204. Aboush, Y., and Torabzadeh, H. (1998). Fluoride release from tooth-colored restorative materials: a 12-month report. *Journal-Canadian Dental Association*, 64(8), 561-568.
205. Panpisut, P., Monmaturapoj, N., Srion, A., Angkananuwat, C., Krajangta, N., and Panthumvanit, P. (2020). The effect of powder to liquid ratio on physical properties and fluoride release of glass ionomer cements containing pre-reacted spherical glass fillers. *Dental Materials Journal*, 39(4), 563-570.
206. Torabzadeh, H., Ghasemi, A., Shakeri, S., Baghban, A. A., and Razmavar, S. (2011). Effect of powder/liquid ratio of glass ionomer cements on flexural and shear bond strengths to dentin. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 10(3), 204-207.

207. Saxena, S., and Tiwari, S. (2016). Energy dispersive X-ray microanalysis, fluoride release, and antimicrobial properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 6(4), 366-372
208. Diaz-Arnold, A. M., Holmes, D. C., Wistrom, D. W., and Swift Jr, E. J. (1995). Short-term fluoride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dental Materials*, 11(2), 96-101.
209. Yap, A., Tham, S., Zhu, L., and Lee, H. (2002). Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry*, 27(3), 259-265.
210. Shaw, A., Carrick, T., and McCabe, J. (1998). Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *Journal of Dentistry*, 26(4), 355-359.
211. DeSchepper, E. J., Berry III, E. A., Cailleteau, J., and Tate, W. (1991). A comparative study of fluoride release from glass-ionomer cements. *Quintessence International*, 22(3), 215-220
212. TVEIT, A. B., and Gjerdet, N. R. (1981). Fluoride release from a fluoride-containing amalgam, a glass ionomer cement and a silicate cement in artificial saliva. *Journal of Oral Rehabilitation*, 8(3), 237-241.
213. Karantakis, P., Helvatjoglou-Antoniades, M., Theodoridou-Pahini, S., and Papadogiannis, Y. (2000). Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. *Operative Dentistry*, 25(1), 20-25.
214. El Mallakh, B., and Sarkar, N. (1990). Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dental Materials*, 6(2), 118-122.
215. Bueno, L. S., Silva, R. M., Magalhães, A. P. R., Navarro, M. F. L., Pascotto, R. C., Buzalaf, M. A., Nicholson, J. W., Sidhu, S. K., and Borges, A. F. S. (2019). Positive correlation between fluoride release and acid erosion of restorative glass-ionomer cements. *Dental Materials*, 35(1), 135-143.
216. Billington, R., Williams, J., Dorban, A., and Pearson, G. (2004). Glass ionomer cement: evidence pointing to fluorine release in the form of monofluorophosphate in addition to fluoride ion. *Biomaterials*, 25(17), 3399-3402.
217. Upadhyay, S., Rao, A., and Shenoy, R. (2013). Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 10(2), 134-140
218. Hosida, T. Y., Delbem, A. C. B., Morais, L. A., Moraes, J. C. S., Duque, C., Souza, J. A. S., and Pedrini, D. (2019). Ion release, antimicrobial and physio-mechanical properties of glass ionomer cement containing micro or nanosized hexametaphosphate, and their effect on enamel demineralization. *Clinical oral investigations*, 23(5), 2345-2354.

219. Bellis, C. A., Nobbs, A. H., O'Sullivan, D. J., Holder, J. A., and Barbour, M. E. (2016). Glass ionomer cements functionalised with a concentrated paste of chlorhexidine hexametaphosphate provides dose-dependent chlorhexidine release over at least 14 months. *Journal of Dentistry*, 45(2016), 53-58.
220. Hook, E. R., Owen, O. J., Bellis, C. A., Holder, J. A., O'Sullivan, D. J., and Barbour, M. E. (2014). Development of a novel antimicrobial-releasing glass ionomer cement functionalized with chlorhexidine hexametaphosphate nanoparticles. *Journal of Nanobiotechnology*, 12, 1-9.
221. Tiveron, A., Delbem, A., Gaban, G., Sasaki, K. T., and Pedrini, D. (2013). Effect of resin composites with sodium trimetaphosphate with or without fluoride on hardness, ion release and enamel demineralization. *American Journal of Dentistry*, 26(4), 201-206.
222. Yip, H., and Smales, R. (1999). Fluoride release and uptake by aged resin-modified glass ionomers and a polyacid-modified resin composite. *International Dental Journal*, 49(4), 217-225.
223. Ahn, S.-J., Lee, S.-J., Lee, D.-Y., and Lim, B.-S. (2011). Effects of different fluoride recharging protocols on fluoride ion release from various orthodontic adhesives. *Journal of Dentistry*, 39(3), 196-201.
224. Mungara, J., Philip, J., Joseph, E., Rajendran, S., Elangovan, A., and Selvaraju, G. (2013). Comparative evaluation of fluoride release and recharge of pre-reacted glass ionomer composite and nano-ionomeric glass ionomer with daily fluoride exposure: An: in vitro: study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 31(4), 234-239.
225. Verbeeck, R. M., De Maeyer, E. A., Marks, L. A., De Moor, R. J., De Witte, A., and Trimpeneers, L. M. (1998). Fluoride release process of (resin-modified) glass-ionomer cements versus (polyacid-modified) composite resins. *Biomaterials*, 19(6), 509-519.
226. Mousavinasab, S. M., and Meyers, I. (2009). Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dental Research Journal*, 6(2), 75-81
227. Hadley, P., Billington, R., Pearson, G., and Williams, J. (2000). Effect of monovalent ions in glass ionomer cements on their interaction with sodium fluoride solution. *Biomaterials*, 21(1), 97-102.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAKAYA, Sena
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi / Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Lisans	Ankara Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi	2019
Lise	Çorum Fen Lisesi	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2020-devam ediyor	Gazi Üniversitesi	Araştırma Gör.

Yabancı Dil

İngilizce



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..