

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

(UZMANLIK TEZİ)

**FLORÜR SALINIMI YAPAN
FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN
SÜT DİŞLERİNE ETKİLERİNİN
İN VİTRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. MUSTAFA OKTAY

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. MİNE KORUYUCU**

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

İSTANBUL-2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Mustafa OKTAY

İTHAF

Benim için her şeyden kıymetli olan,

***Annem Süreyya Oktay, Babam Salih Oktay, Ablam Muazzez Oktay Barkut,
Kardeşim Emcet Oktay, Yeğenlerim Salih Tuncer Barkut ve Deniz Barkut'a ve
Sevgili Eşim Seyda Oktay'a ithaf ediyorum.***

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince içtenlik ve anlayışla bana her zaman yol gösteren ve destek olan, mesleki gelişimimde çok büyük emeğe sahip değerli danışman hocam **Doç. Dr. Mine Koruyucu**'ya;

Uzmanlık eğitimim boyunca her zaman yanımda olup birçok bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam **Prof. Dr. Figen Seymen**'e;

Bilgi ve tecrübelerinden çokça yararlandığım, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'ndaki değerli hocalarım **Prof. Dr. Oya Aktören, Prof. Dr. Koray Gençay, Prof. Dr. Elif Bahar Tuna İnce, Prof. Dr. Arzu Pınar Erdem, Doç. Dr. Yeliz Güven, Doç. Dr. Yelda Kasımoğlu**'na;

Tez çalışmamda gerekli olan Taramalı Elektron Mikroskopu (FEG) - (HR-SEM) cihazını temin edip kullanmama yardımcı olan İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği Anabilim Dalı öğretim üyesi **Prof. Dr. Ayşe Erol**'a ve **Araş. Gör. Göksekin Kalyon**'a;

Tezimin laboratuvar aşamalarında çok yardımı dokunan, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda görevli değerli **Gülşen Yeten**'e;

Uzmanlık eğitimim süresince desteklerini esirgemeyen İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi hemşireleri **Yeliz Karataş Özer, Necla Keskin ve Elvide Yılmaz**'a;

Birlikte eğlendiğim ve öğrendiğim, bana her zaman destek olan değerli **asistan arkadaşlarıma**;

Bana olan emeklerine paha biçemeyeceğim, her zaman yanımda olan sevgili annem **Süreyya Oktay**, sevgili babam **Salih Oktay**, sevgili ablam **Muazzez Oktay**, sevgili kardeşim **Emcet Oktay**'a;

Özverisi, anlayışı ve güler yüzüyle hayatta her daim bana destek olan, beni her zaman seven ve yanında olmaktan ömür boyu mutluluk duyacağım sevgili eşim **Seyda Oktay**'a

içtenlikle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Oktay
İstanbul, 2023

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 39028

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	1
İTHAF.....	2
TEŞEKKÜR.....	3
İÇİNDEKİLER.....	4
TABLolar.....	7
ŞEKİLLER.....	8
SEMBOLLER-KISALTMALAR.....	9
ÖZET.....	11
ABSTRACT.....	12
1.GİRİŞ	13
2.GENEL BİLGİLER.....	16
2.1 GELENEKSEL CAM İYONOMER SİMANLAR.....	16
2.1.1 Geleneksel cam iyonomer simanların içeriği ve sertleşme mekanizması.....	16
2.1.2 Geleneksel cam iyonomer simanların dış dokularına adezyonu.....	19
2.1.3 Geleneksel cam iyonomer simanlardan florid salınımı.....	20
2.1.4 Geleneksel cam iyonomer simanların endikasyonları.....	21
2.2 HİBRİT CAM İYONOMER SİMANLAR.....	22
2.2.1 REZİN MODİFİYE CAM İYONOMER SİMANLAR.....	22
2.2.1.1 Resin modifiye cam iyonomer simanların içeriği.....	22
2.2.1.2 Resin modifiye cam iyonomer simanların biyouyumlulukları.....	23
2.2.1.3 Resin modifiye cam iyonomer simanların özellikleri.....	24
2.2.1.4 Resin modifiye cam iyonomer simanların endikasyonları.....	26
2.2.2 YÜKSEK VİSKOZİTELİ CAM İYONOMER SİMANLAR.....	27
2.2.2.1 Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların içeriği.....	27
2.2.2.2 Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların özellikleri.....	28
2.2.2.3 Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların endikasyonları.....	28
2.2.3 KOMPOMERLER.....	29
2.2.3.1 Kompomerlerin içeriği.....	29
2.2.3.2 Kompomerlerin özellikleri.....	30
2.2.3.3 Kompomerlerden iyon salınımı.....	31
2.2.3.4 Kompomerlerden florid salınımı.....	31

2.2.3.5 Kompomerlerin endikasyonları.....	32
2.2.4 GİOMERLER.....	32
2.2.4.1 Giomerlerin özellikleri.....	33
2.2.4.2 Giomerlerin diş dokularına adezyonu	33
2.2.4.3 Giomerlerden iyon salınımı	34
2.2.4.4 Giomerlerin endikasyonları	34
2.2.5 CAM KARBOMERLER.....	35
2.2.5.1 Cam karbomerlerin içeriği	35
2.2.5.2 Cam karbomerlerin mekanizması.....	36
2.2.5.3 Cam karbomerlerin özellikleri	37
2.2.5.4 Cam karbomerlerden florid salınımı	37
2.2.6 NANO-İYONOMERLER.....	38
2.2.6.1 Nano-iyonomerlerin mekanizması	38
2.2.6.2 Nano-iyonomerlerin özellikleri	39
2.2.6.3 Nano-iyonomerlerden florid salınımı	39
2.2.6.4 Nano-iyonomerlerin endikasyonları	40
2.2.7 AMALGOMERLER.....	40
2.2.7.1 Amalgomerlerin içeriği.....	40
2.2.7.2 Amalgomerlerin özellikleri.....	41
2.2.7.3 Amalgomerlerin endikasyonları	41
2.3 FLORİD.....	42
2.3.1 Floridin etki mekanizması.....	42
2.3.2 Floridin güvenilirliği.....	43
2.3.3 Florozis.....	44
2.3.4 Florid toksisitesi	45
2.3.5 Florid uygulamaları.....	46
2.3.5.1 Topikal florid uygulamaları	46
2.3.5.2 Sistemik florid uygulamaları.....	49
2.4 ARAŞTIRMANIN AMACI.....	53
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	54
3.1 Örneklem hesaplaması.....	54
3.2 Kavite hazırlığı.....	58
3.3 Çalışmada kullanılan florid salınımı yapan restoratif materyallerin hazırlanması.....	58
3.4 Örneklere bitirme polisaj işlemlerinin uygulanması.....	63

3.5 SEM-EDS cihazı ile iyon salınımlarının değerlendirilmesi.....	66
3.6 İstatistiksel analiz.....	68
4.BULGULAR.....	69
4.1 İyonlara ait tanımlayıcı bulgular.....	72
4.2 Gruplar içi zamana göre karbon değerlerinin karşılaştırılması.....	73
4.3 Gruplar içi zamana göre oksijen değerlerinin karşılaştırılması.....	74
4.4 Gruplar içi zamana göre flor değerlerinin karşılaştırılması.....	75
4.5 Gruplar içi zamana göre sodyum değerlerinin karşılaştırılması.....	76
4.6 Gruplar içi zamana göre alüminyum değerlerinin karşılaştırılması.....	77
4.7 Gruplar içi zamana göre silisyum değerlerinin karşılaştırılması.....	78
4.8 Gruplar içi zamana göre stronsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	79
4.9 Gruplar içi zamana göre fosfor değerlerinin karşılaştırılması.....	80
4.10 Gruplar içi zamana göre zirkonyum değerlerinin karşılaştırılması.....	81
4.11 Gruplar içi zamana göre kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	82
4.12 Gruplar içi zamana göre baryum değerlerinin karşılaştırılması.....	82
4.13 Gruplar içi zamana göre nikel değerlerinin karşılaştırılması.....	83
4.14 Gruplar içi zamana göre demir değerlerinin karşılaştırılması.....	83
4.15 Gruplar arasında flor ve kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	85
4.16 Gruplara göre flor ve kalsiyum yüzde değişim değerlerinin karşılaştırılması.....	86
5.TARTIŞMA.....	87
6.SONUÇ.....	96
KAYNAKLAR.....	101
ETİK KURUL KARARI.....	111
İNTİHAL RAPORU.....	112
ÖZGEÇMİŞ.....	113

TABLolar

Tablo 2.1: AAPD guidelinenine göre floridli macun kullanımının yaşam yıllarına göre düzenlenmesi.....	47
Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan florid içerikli restoratif materyaller.....	56
Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan cihazlar ve dental malzemeler.....	57
Tablo 4.1: İyonlara ait tanımlayıcı bulgular.....	72
Tablo 4.2: Gruplar içi zamana göre Karbon değerlerinin karşılaştırılması.....	73
Tablo 4.3: Gruplar içi zamana göre Oksijen değerlerinin karşılaştırılması.....	74
Tablo 4.4: Gruplar içi zamana göre Flor değerlerinin karşılaştırılması.....	75
Tablo 4.5: Gruplar içi zamana göre Sodyum değerlerinin karşılaştırılması.....	76
Tablo 4.6: Gruplar içi zamana göre Alüminyum değerlerinin karşılaştırılması.....	77
Tablo 4.7: Gruplar içi zamana göre Silisyum değerlerinin karşılaştırılması.....	78
Tablo 4.8: Gruplar içi zamana göre Stronsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	79
Tablo 4.9: Gruplar içi zamana göre Fosfor değerlerinin karşılaştırılması.....	80
Tablo 4.10: Gruplar içi zamana göre Zirkonyum değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Tablo 4.11: Gruplar içi zamana göre Kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	82
Tablo 4.12: Gruplar içi zamana göre Baryum değerlerinin karşılaştırılması.....	82
Tablo 4.13: Gruplar içi zamana göre Nikel değerlerinin karşılaştırılması.....	83
Tablo 4.14: Gruplar içi zamana göre Demir değerlerinin karşılaştırılması.....	83
Tablo 4.15: Gruplar arasında flor ve kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması.....	85
Tablo 4.16: Gruplara göre flor ve kalsiyum yüzde değişim değerlerinin karşılaştırılması.....	86

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Geleneksel Cam İyonomer Siman – İonofil U.....	59
Şekil 3.2: Çekilmiş süt dişlerinin kavitelerinin hazırlığı.....	59
Şekil 3.3: Cam Hibrit Cam İyonomer Siman – Equia Fil ve Kapsül Tabanca.....	60
Şekil 3.4: Amalgamatör Cihazı.....	60
Şekil 3.5: Woodpecker i Led ışık cihazı.....	61
Şekil 3.6: Giomer – Beautifil-Bulk.....	62
Şekil 3.7: Kompomer – Dyract XP.....	62
Şekil 3.8: Bulk Akışkan Kompozit – SDR Plus U.....	63
Şekil 3.9: 3M Sof-Lex Diskler.....	64
Şekil 3.10: Buehler'in Isomet kesme cihazı.....	64
Şekil 3.11: Deiyonize su içerisine konulmuş örnekler.....	65
Şekil 3.12: ETÜV cihazı.....	65
Şekil 3.13: SEM cihazı.....	66
Şekil 3.14: Örneklerin SEM cihazına yerleştirilmiş görüntüsü.....	67
Şekil 3.15: Örneklerin SEM cihazında 500x büyütmede görüntüsü.....	67
Şekil 3.16: Örneklerin SEM cihazında 1000x büyütmede görüntüsü.....	67
Şekil 3.17: Örneklerin SEM cihazında 2000x büyütmede görüntüsü.....	68
Şekil 4.1: 1. Gün EQUIA fill materyalinin EDS sonucu.....	69
Şekil 4.2: 1. Gün SDR plus materyalinin EDS sonucu.....	70
Şekil 4.3: 1. Gün Dyract Xp materyalinin EDS sonucu.....	70
Şekil 4.4: 1. Gün Beautifil bulk materyalinin EDS sonucu.....	71
Şekil 4.5: 1. Gün İonofil materyalinin EDS sonucu.....	71

SEMBOLLER-KISALTMALAR

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu
EDS: Enerji Dispersiv Spektrum
GCİS: Geleneksel Cam İyonomer Siman
CİS: Cam İyonomer Siman
F⁻: Flor iyonu
ISO: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
Ca²⁺: Kalsiyum
Sr²⁺: Stronsiyum
SiO₄: Siliyum Oksijen Tetrahedra
AlO₄: Alüminyum Oksijen Tetrahedra
Na⁺: Sodyum
Al³⁺: Alüminyum
FTIR: Fourier dönüşümlü kızılötesi
13C NMR: Karbon 13 Nükleer Manyetik Rezonans
MPa: Megapaskal
AlF₄: Alüminyum Florid
HF₂: Hidrojen Florid
TISAB: Toplam İyonik Çözünürlük Ayarlama Tamponu
HEMA: 2-hidroksietik metakrilat
nm: nanometre
P: Fosfor
Si: Silisyum
F: Flor
Ca: Kalsiyum
RMCİ: Rezin Modifiye Cam İyonomer
ART: Atravmatik Restoratif Tedavi
ÇSL: Çürüksüz Servikal Lezyon
PAA: Polialkenoik Asit
YVCİS: Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman
UDMA: Üretan Dimetakrilat
TEGDMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat
bisGMA: Bisglisidil eter dimetakrilat

NMR: Nükleer manyetik rezonans

LED: Işık yayan diyet

UL: Üst alım düzeyi

g: gram

mg: miligram

kg: kilogram

d: gün

cm: santimetre

ppm: milyonda bir

dk: dakika

EAPD: Avrupa  ocuk Diş Hekimleri Derneği

CWF: Topluluk suyunun florlanması

ÖZET

Diş çürükleri yaygın, önlenebilir hastalıklardan biri olup, ağız içi ağrıların ve diş kayıplarının birincil nedenleri arasında bulunmaktadır. Florid, diş çürüğünün önlenmesinde ve kontrol altına alınmasında etkili ve güvenli bir ajan olarak bildirilmektedir. Bu nedenle günümüzde jel, vernik, diş macunu ve restoratif materyaller gibi birçok ürün florid iyonunu içermekte olup, dental tedavilerde florid salınımı yapabilen restoratif materyaller tercih edilmektedir. Günümüzde cam iyonomer simanlar, kompomerler, cam karbomerler, giomerler ve florid içerikli kompozit rezinler olmak üzere birçok florid içerikli restoratif materyal bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, florid salınımı yapan restoratif materyallerin florid salınımları ile ilgili diskler üzerinde yapılan birçok çalışma mevcut olup, diş üzerinde florid dışında diğer iyon salınımları ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır. Bu nedenle, bu uzmanlık tezi çalışmasında florid salınımı yapan çeşitli restoratif materyallerin süt dişlerine iyon salınımlarının in vitro olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada İonofil U (gcis), Dyract XP (kompomer) EQUIA Fil (cam hibrit), SDR plus U (kompozit) ve Beautifil-Bulk (giomer) materyalleri kullanılmıştır. Materyallerin 1., 14., ve 35. günlerde süt dişlerindeki iyon salınım konsantrasyonları EDAX TEAM programında SEM cihazında değerlendirilmiştir. Bu araştırma sonucunda; kullanılan restoratif materyaller arasında en yüksek ortalama florid salınım değeri cam iyonomer grubunda tespit edilirken bunu sırasıyla cam hibrit restoratif materyal, kompomer, giomer ve bulk akışkan kompozit materyalin takip ettiği saptanmış ve bu bulgular doğrultusunda, daha yüksek florid salınımı göstermeleri ve zamanla florid salınımında görülen azalmanın diğer materyallere göre daha az olması nedenleriyle cam iyonomer simanların ve cam hibrit restoratif materyallerin özellikle yüksek çürük riski olan hastalarda kullanımının uygun olabileceği öngörülmüştür.

ABSTRACT

Dental caries is one of the common, preventable diseases and is among the primary causes of oral pain and tooth loss. Fluoride is reported as an effective and safe agent in the prevention and control of dental caries. Therefore, today, many products such as gel, varnish, toothpaste and restorative materials contain fluoride ions, and restorative materials that can release fluoride are preferred in dental treatments. Today, there are many fluoride-containing restorative materials, including glass ionomer cements, compomers, glass carbomers, giomers and fluoride-containing composite resins. When the studies are examined, there are many studies on the fluoride release of the restorative materials that release fluoride on the discs, and there are a limited number of studies on the ion releases other than fluoride on the teeth. Therefore, in this specialization thesis, it was aimed to investigate the ion release of various restorative materials that release fluoride to primary teeth in vitro. In the study, Ionofil U (glass ionomer), Dyract XP (compomer), EQUIA Fil (glass hybrid), SDR plus U (composite) and Beautifil-Bulk (giomer) materials were used. The ion release concentrations of the materials in the primary teeth on the 1st, 14th and 35th days were evaluated in the SEM device in the EDAX TEAM program. As a result of this research; among the restorative materials used, the highest average fluoride release value was determined in the glass ionomer group, followed by glass hybrid restorative material, compomer, giomer and bulk flow composite material, and in line with these findings, higher fluoride release and the decrease in fluoride release over time were found to be other. It has been predicted that glass ionomer cements and glass hybrid restorative materials may be appropriate, especially in patients with high caries risk, due to the fact that they are less than other materials.

1.GİRİŞ

Diş çürükleri yaygın, önlenabilir hastalıklardan biri olup, toplumlar yaşamları boyunca bu hastalığa karşı her zaman hassas olmuşlardır (1). Diş çürükleri, ağız içi ağrıların ve diş kayıplarının birincil nedenleri arasında bulunmaktadır (2). Bu hastalık, asit üreten bakteriler ve fermente olabilen karbonhidratlar ile diş ve tükürük dâhil olmak üzere birçok konakçı faktör arasında zaman içinde karmaşık bir etkileşim yoluyla oluşmaktadır. Hastalık dişlerin hem kuronlarında hem de köklerinde gelişip erken çocukluk döneminde süt dişlerini etkileyen agresif bir tablo olarak ortaya çıkabilmektedir (3). Florid, diş çürüğünün önlenmesinde ve kontrol altına alınmasında etkili ve güvenli bir ajan olarak bildirilmektedir. Bu nedenle günümüzde jel, vernik, diş macunu ve restoratif materyaller gibi birçok ürün florid iyonunu içermekte olup, dental tedavilerde florid salınımı yapabilen restoratif materyaller tercih edilmektedir (4).

Günümüzde cam iyonomer siman, kompomer, cam karbomer, giomer ve florid içerikli kompozit rezin olmak üzere birçok florid içerikli restoratif materyal bulunmaktadır (5). Geleneksel cam iyonomer simanlar (CİS) ilk olarak 1972’de Wilson ve Kent tarafından bir dental restoratif materyal olarak tanıtılmıştır. Isı veya büzülme gelişimiyle minenin yanı sıra dentine de kimyasal olarak bağlanmaktadır. Dental pulpa ve periradiküler yapılarla biyouyumluluk göstermekte ve sonuçta florid salımına yol açıp çürüğe dirençli ve anti-mikrobiyal bir aktivite ortaya çıkmaktadır. Birçok araştırmacı, CİS’in dentinin yanı sıra minedeki florid içeriğinin değerlendirilmesindeki etkinliğini araştırmışlardır. Ancak bu malzeme çiğneme kuvvetlerine direnci bakımından zayıf olarak bildirilmektedir (6). Geleneksel cam iyonomer simanın formülasyonundaki gelişmeler, florid salma özelliğini korurken üstün fiziksel ve mekanik özelliklere sahip rezin modifiye cam iyonomer simanın ve kompomerlerin piyasaya sürülmesini sağlamıştır. Bu malzemelerin işlenmeleri kolay olmakta, daha kısa

sertleşme süresine sahip olmakta, daha yüksek mukavemete ve aşınma direncine sahip olarak bildirilmektedirler. Çeşitli çalışmalar, rezin modifiye cam iyonomer simanın ve kompomerin florid deşarj seviyelerinin kompozitlerle karşılaştırıldığında çok daha yüksek olduğunu göstermişlerdir (7,8).

Kompozitler; dolduruculuk kapasiteleri, estetikleri ve gelişmiş performansları sayesinde dental restorasyonlarda giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Dolgu ve matriks bileşimleri optimize edilmiş, mekanik özellikler geliştirilmiş ve polimerizasyon büzülmesi azaltılmıştır (9). Ancak, diş-restorasyon arayüzlerinde ikincil çürükler gelişebilmektedir. Bu çürükler, restorasyon kırığı ile restorasyonların başarısız olmasının en yaygın nedenlerinden biri olmaktadır (10). Bu nedenle, florid iyonu (F) salan restoratif materyaller ile kalsiyum ve fosfat iyonu salan materyaller, restorasyon kenarlarında sekonder çürükleri azaltabilecekleri düşüncesi ile geliştirilmiştir. Demineralizasyonun azaltılması, remineralizasyonun artırılması, plak oluşumuna müdahale, mikrobiyal büyüme ve metabolizmanın inhibisyonu dâhil olmak üzere floridin antikaryojenik etkilerinde yer alan çeşitli mekanizmalar bulunmaktadır (11). Mekanik özellikler ve florid salma yetenekleri, farklı malzemeler arasında değişiklik göstermektedir. Kompomerler, cam iyonomerler ve rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler genellikle kompozit rezinlerden daha zayıf olmaktadır. Bu nedenle, florid salan malzemelerin klinik uygulamaları genellikle orta düzeyde yük taşıyan alanlarda nispeten küçük boyutlu restorasyonlarla sınırlı olmaktadır (12). Florid salan malzemelerin antikaryojenik etkisi, florid salınım miktarına ve sürdürülebilirliğine bağlı olmaktadır. Bir restoratif materyalden florid salınımı, restoratif materyalin matriksi, sertleştiği mekanizma ve florid içeren doldurucu maddelerinin miktarı tarafından belirlenmektedir. Resin kompozitlerin matriksi çok daha az hidrofiliktir ve resin kompozite katılan florid sadece küçük miktarlarda salınmaktadır. Florid salınım paterni tipik olarak başlangıçtaki hızlı salınım ve

ardından yalnızca birkaç gün suya daldırıldıktan sonra salınım oranında önemli bir azalma ile karakterize edilmektedir (13).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, florid salınımı yapan restoratif materyallerin florid salınımları ile ilgili disk üzerinde birçok çalışma mevcut olup, diş üzerinde florid ve geriye kalan iyon salınımları ile ilgili çalışmalar kısıtlı sayıda bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada florid salınımı yapan çeşitli restoratif materyallerin süt dişlerine iyon salınımlarının in vitro olarak incelenmesi amaçlanmaktadır.



2.GENEL BİLGİLER

2.1 GELENEKSEL CAM İYONOMER SİMANLAR

Cam iyonmer simanlar, asit-bazlı simanlar olarak bilinen malzeme grubuna girmektedir. Bu materyaller bazik toz camlar ile zayıf polimerik asitlerin reaksiyonun sonucu oluşan ürüne dayanmaktadır. Sertleşme, sudaki konsantre çözeltilerde meydana gelmekte ve nihai yapı, sertleşen karışımı güçlendirmek için dolgu maddesi görevi gören önemli miktarda reaksiyona girmemiş cam içermektedir. Bu materyaller ile ilgili yayınlanan ilk yayında "Cam-iyonomer" terimi kullanılmıştır. Uluslararası Standardizasyon Örgütü ISO'ya göre bu materyal için uygun ad "cam polialkenoat siman" olarak bildirilmiştir. Yine de "cam iyonmer" terimi kabul edilmektedir ve diş hekimliği mesleğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (14,15).

2.1.1 Geleneksel Cam İyonmer Simanların İçeriği ve Sertleşme Mekanizması

Bir cam iyonmer siman için üç temel bileşen bulunmaktadır; polimerik suda çözünür asit, bazik cam ve su. Bunlar genellikle sulu bir polimerik asit çözeltisi ve ince bölünmüş bir cam tozu olarak sunulmakta ve hızla sertleşen viskoz bir karışım oluşturmak için uygun bir yöntemle karıştırılmaktadır. Bununla birlikte hem asit hem de camın tozda bulunmasından ve katılaşmayı sağlamak için saf suyun eklenmesinden, asidin bir kısmının cam tozu ile karıştırıldığı ve geri kalanının bir cam tozu içinde bulunduğu formülasyonlara kadar değişen alternatif formülasyonları da mevcut olmaktadır (16). Cam iyonmer simanlarda kullanılan polimerler; polialkenoik asitler, homopolimer poli veya 2:1 kopolimeri olan akrilik asit ve maleik asitlerdir. Cam iyonmer simanlarda hangi polimerlerin kullanıldığı konusunda literatürlerde farklı görüşler bulunmaktadır. Bunun nedeni, erken araştırmaların, itakonik ve trikarbalik asit dâhil olmak üzere, siman oluşumu için polimerlerdeki bir dizi mono-, di- ve trikarboksilik asit monomerlerini incelemesidir. Bu, bazı yazarların bu maddelerin pratik

simanlarda kullanılması gerektiğini varsayımlarına yol açmıştır. Yine de ticari markalar, akrilik asidin homopolimerini veya kopolimerini kullanmaktadırlar (17).

Akrilik asit homopolimerlerinden hazırlanan simanların basınç dayanımı ilk 4-6 haftada artış göstermektedir. Akrilik-maleik asit kopolimerlerinden yapılan simanlar ise basınç dayanımında bir noktaya kadar artış göstermekte, ancak daha sonra denge değerine ulaşılmadan önce düşüş olmaktadır. Bununla birlikte, klinik kullanımda, homopolimer ve kopolimer simanlar arasındaki bu fark önemli görünmemektedir ve akrilik/maleik asit kopolimerinden yapılan simanların kullanımda daha az tatmin edici olduğuna dair bir kanıt bulunmamaktadır. Cam iyonmer simanlar için camların bazik olması, yani bir asitle tuz oluşturacak şekilde reaksiyona girebilmesi önem taşımaktadır. Prensip olarak, bu gereksinimi karşılayan birkaç farklı cam bileşimi hazırlanabilir, ancak pratikte yalnızca florid ve fosfat ilaveli alümino-silikat camlar uygun görülmektedir. Cam iyonmer simanlar için ticari camlar tipik olarak kalsiyum bazlı olmaktadır (18).

İyonmer camlar, temel karakterlerini, hazırlanmalarında hem alümina hem de silika kullanılmasına borçludur. Tek başına silika bazlı camlar reaktiviteden ve ayrıca bazlıktan yoksundur, çünkü yapıları esas olarak hiçbir yük taşımayan zincirler oluşturmak üzere köşelerde bağlanmış silikat (SiO_4) tetrahedra içermektedir. Alümina eklendiğinde, alüminyum silikona benzer bir 4-katlı tetrahedral geometri, yani AlO_4 tetrahedra benimsemeye zorlanır. Alüminyum formal $+3$ yükü taşıdığından, formal $+4$ yükü ile negatif olarak değişen oksijenlerin etkisine silikon kadar etkili bir şekilde karşı koyamamaktadır. Bunu dengelemek için Na^+ , Ca^{+2} veya Sr^{+2} gibi ekstra katyonların bulunması gerekmektedir. Bunlar temel karakteri oluşturur ve camı asit saldırılarına karşı hassas hale getirmektedir. Florid ayrıca cam iyonmer simanlarda kullanılan camların hayati bir bileşeni olmaktadır (18).

Su, cam iyonomer simanının üçüncü temel bileşenidir. Su için çeşitli roller tanımlanmıştır. Polimerik asit için çözücüdür, polimerin hareket etmesine izin vermektedir. Suyun cam iyonomerlerle birleştirilmesi, cam iyonomer simanının translüsensindeki artışlarla ilişkili olmaktadır. Bağlanma, kısmen metal iyonlarının koordinasyonu ve kısmen de polianyon moleküllerinin kuvvetli hidrasyonu ile gerçekleşebilmektedir. Bağlanmamış su, yeni yerleştirilmiş bir cam iyonomer siman yüzeyinden kaybolabilmektedir. Bu, kuruyan yüzeyde mikroskobik çatlaklar oluştuğu için göze hoş görünmeyen kireçli bir görünüme neden olmaktadır. Bu durumu önlemek için karışımın uygun bir vernik veya vazelin ile kaplanarak korunması önemli olmaktadır (19).

Cam iyonomerler, asit-baz reaksiyonu ile karıştırıldıktan sonra 2-3 dakika içinde sertleşmektedir. İlk adım, cam parçacıklarının yüzeyindeki bazik bölgelerdeki poliasitten hidratlanmış protonlarla reaksiyondur. Bu, Na^+ , Ca^{2+} veya Sr^{2+} gibi iyonların camdan poliasit solüsyona hareketine ve ardından Al^{3+} iyonlarına hareketine neden olmaktadır. Bu iyonlar daha sonra iyonik çapraz bağlar oluşturmak için poliasit molekülleri ile etkileşime girmekte ve sertleşme başlamaktadır. Bu sertleşme reaksiyonu gerçekleştiğinde, suyun tamamı simana karışır ve faz ayrımı olmaz. Cam iyonomer simanların sertleşmesi, kızılötesi, fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) ve karbon 13 nükleer manyetik rezonans (^{13}C NMR) spektroskopisi dahil olmak üzere çeşitli spektroskopik tekniklerle incelenmiştir. Genel reaksiyon, difüzyon kontrollü bir süreçte iki adımda gerçekleşiyor gibi görünmektedir (20). İlk adım, iyonik çapraz bağların oluşumudur ve bu sertleşme, ani sertleşme sürecinden sorumludur. Ardından, spektroskopik olarak net bir şekilde tanımlanması yaklaşık 10 dakika süren Al^{3+} iyonlarını içeren bir çapraz bağlama işlemi bulunmaktadır. Bu ikinci adım yavaştır ve yaklaşık bir gün sürmektedir. İlk sertleşmeden sonra, yavaş yavaş gerçekleşen ve birlikte olgunlaşma olarak bilinen başka reaksiyonlar da ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan cam iyonomer simanın

fiziksel özelliklerindeki çeşitli değişikliklerle ilişkilidirler. Mukavemet tipik olarak yarı saydamlıkta olduğu gibi artmaktadır. Ayrıca yapı içindeki sıkı sıkıya bağlı su oranı da artmaktadır (21).

Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri, toz/sıvı oranı, poliasit konsantrasyonu, cam tozunun parçacık boyutu da dâhil olmak üzere simanın nasıl hazırlandığından da etkilenmektedir. Cam iyonomerlerin başarısının bir kısmının, uygun şekilde karıştırılmamış veya ideal koşullar altında olgunlaşmalarına izin verilmemiş olsalar bile klinik performanslarının tatmin edici olmasından kaynaklanma olasılığı da bulunmaktadır (21).

2.1.2 Geleneksel Cam İyonomer Simanların Diş Dokularına Adezyonu

Cam iyonomerlerin diş yüzeyine adezyonu önemli bir klinik avantajdır. Cam iyonomerler, poli (akrilik asit) veya ilgili polimerlerden hazırlanır ve bu maddenin, çinko polikarboksilat simanın adezyonu nedeniyle adezyonu arttırdığı bilinmektedir. Cam iyonomerlerin işlenmemiş mineye ve dentine gerilme bağ kuvvetleri iyi olmaktadır. Mine üzerindeki değerler 2,6 ile 9,6 MPa arasında, dentin üzerindeki değerler ise 1,1 ile 4,1 MPa arasında değişmektedir. Bağlanma kuvvetleri tipik olarak minede dentinden daha yüksektir, bu da bağlanmanın mineral fazda gerçekleştiğini düşündürmektedir. Bağlanma kuvvetleri hızla gelişmekte, nihai bağ kuvvetinin yaklaşık %80'i 15 dakikada elde edilmekte ve ardından birkaç gün boyunca artmaktadır. Bağlama birkaç aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak, simanın uygulanması diş yüzeyinin uygun şekilde ıslanmasını sağlamaktadır. Bu hem simanın hem de diş yüzeyinin hidrofilik yapısından kaynaklanmaktadır. Daha sonra simandaki serbest karboksil grupları ile diş yüzeyindeki bağlı su arasında oluşan hidrojen bağları nedeniyle adezyon hızla gelişmektedir. Bu hidrojen bağları yerini yavaş yavaş dişteki katyonlar ve simandaki anyonik fonksiyonel gruplar arasında oluşan gerçek iyonik bağlara bırakmaktadır. Bu, diş ve siman

arasında yavaş bir iyon değişim tabakası oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Diğer bir bağlanma durumu ise, poliasit bileşeni nedeniyle cam iyonomerlerin kendiliğinden bağlanmasına neden olduğu mikromekanik bağlanma mevcuttur (22,23).

2.1.3 Geleneksel Cam İyonomer Simanlardan Florid Salınımı

Florid salınımı, cam iyonomer simanların önemli avantajlarından biri olarak kabul edilmektedir. Çok uzun süreler boyunca devam ettirilebilir ve başlangıçtaki hızlı salıverme modelini gösterip (“erken patlama”), ardından sürekli daha düşük seviyeli difüzyona dayalı bir salınım gerçekleşmektedir. Cam iyonomerlerden florid salınımı asidik koşullarda artmaktadır. Bu sayede, dış ortamın pH'ını artırarak asit ortama karşı koyabilmektedirler. Bu işleme tamponlama adı verilmiştir ve dişi daha fazla diş çürümesinden koruyabileceğinden klinik olarak faydalı olabilmektedir. Asidik koşullarda florid salınımı, kompleksleşme ile gerçekleşmektedir. Bu, nötr koşullar altında olduğundan daha fazla miktarda salınan alüminyum iyonlarını veya hidrojen iyonlarını içerebilmektedir. İlki, AlF_4 gibi türlerle sonuçlanabilirken, ikincisi, kompleks HF_2 veya ayrılmamış HF oluşumuna neden olabilmektedir (24). Bu olası florid türlerinin hiçbirisi serbest florid iyonları vermez, bu nedenle florid iyonu seçici elektrotlarla tespit edilememektedirler. Sonuç olarak florid, serbest F iyonları üretmek için TISAB (Toplam İyonik Çözünürlük Ayarlama Tamponu) eklenerek ayrıştırılmaktadır. Bu, floridi ayrıştırmak ve bir numunedeki tüm floridin serbest anyonlar olarak mevcut olmasını sağlamak amacıyla çeşitli üreticiler tarafından sağlanan tescilli bir çözümdür. Hidroksiapatitin, floridin diğer kimyasal türlerle kompleks oluşturup oluşturmadığına bakılmaksızın, floridi almak için cam iyonomer simanlardan gelen asidik depolama ortamıyla reaksiyona girdiği gösterilmiştir. Bu bulgular, asit koşullarında cam iyonomerler tarafından salınan florid miktarının artmasının, dişin mineral fazına iletilen florid miktarlarını artıracakını göstermektedir (25).

Florid salınımının genellikle klinik olarak yararlı olduğu kabul edilmektedir. Ancak, bunu destekleyecek kanıtlar henüz yeterli değildir. Diş sert dokularına sürekli olarak düşük seviyelerde florid tedarikinin yararları bilinmektedir ve milyonda bir parça seviyesindeki konsantrasyonlar dentin demineralizasyonunu ölçülebilir bir miktarda engellemek için yeterli olmaktadır. Florid salınımı, sert dokuların soğuk yiyecek ve içeceklere karşı aşırı duyarlılığını da azaltabilmektedir. Bu miktarlarda florid, cam iyonomer simanlardan elde edilebilir gibi görünmektedir, ancak tükürükte uzun vadede kanıtlanmamıştır. Bugüne kadar salınım esas olarak saf suda incelenmiştir ve yapay tükürük kullanıldığında çok daha düşük salınım seviyeleri gözlemlenmiştir. Bu nedenle, uzun vadede tükürüğe olası klinik salınımı bilinmemektedir (26).

2.1.4 Geleneksel Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

Cam iyonomerlerin diş hekimliğinde çeşitli kullanımları bulunmaktadır. Amaçlanan klinik kullanıma bağlı olarak aşağıdaki gibi üç tipte sınıflandırılmaktadırlar (27):

Tip I: Yapıştırma simanlar

- Kuronların, köprülerin, inleylerin, onleylerin ve ortodontik apareylerin simantasyonu için kullanılmaktadırlar.
- Nispeten düşük toz/sıvı oranına (1,5/1 - 3,8/1) sahiptirler.
- Suya karşı iyi bir erken direnç ile hızlı sertleşme göstermektedirler.
- Radyoopaktırlar

Tip II: Restoratif simanlar

Görüntüsünün önemine bağlı olarak Tip II simanların iki alt bölümü bulunmaktadır.

Görünümün önemli olduğu anterior onarımlar için, Tip II (i):

- Yüksek toz/sıvı oranına (en az 3/1 ve en fazla 6,8/1) sahiptirler.

- İyi bir renk uyumu ve yarı saydamlık göstermektedirler.

- Genellikle radyoopaktırlar.

Görünümün önemli olmadığı durumlarda kullanım için (arka restorasyon veya onarımlar), Tip II (ii):

- Yüksek toz/sıvı oranına (3/1 ila 4/1) sahiptirler.

- Radyoopaktırlar.

Tip III: Astar veya taban simanları

- Boşluk duvarlarına iyi uyum sağlamak için düşük toz/sıvı oranına (1,5/1) sahiptirler.

- Bazlar için daha yüksek toz/sıvı oranı (3/1 ila 6,8/1) bulunmaktadır. Burada baz, dişte dentin olarak işlev görmektedir.

- Radyoopaktırlar.

2.2 HİBRİT CAM İYONOMER SİMANLAR

2.2.1 REZİN MODİFİYE CAM İYONOMER SİMANLAR

2.2.1.1 Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların İçeriği

Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler, cam iyonomer ailesinin restoratif malzemelerdendir. Bu, bazik iyonla sızabilen cam tozu ve poli (akrilik asit) gibi suda çözünür bir polimerik asit içerdikleri anlamına gelmektedir. Ek olarak, organik monomerler, tipik olarak 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) ve ilişkili bir başlatıcı sistem içermektedirler. Başlatıcılar genellikle ışığa duyarlı olmaktadır. Bu nedenle rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer formülasyonlarının çoğu, 470 nm merkezli bir dalga boyunda ışık yayan geleneksel bir ışık cihazı ile sertleştirilmektedir. HEMA'ya ek olarak, rezin ile modifiye edilmiş bazı cam iyonomer markaları, ana poli (akrilik asit) üzerine aşılanmış dalların dâhil edilmesiyle modifiye edilmektedir. Bu dallar vinil gruplarda sona ermekte ve bunlar, bir kez başlama gerçekleşikten sonra HEMA ile kopolimerize olabilmektedirler. Bu, özel rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin sertleştikçe organik çapraz bağlar geliştirdikleri anlamına gelmektedir (28).

Kompozisyonlarının detayları değişkenlik gösterse de rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler genellikle hem mine hem de dentin ile gl bağlar oluşturmakta ve ayrıca florid salabilmektedirler. Bu tip cam iyonomerlerden; Na, Ca, Sr, Al, P ve Si gibi diğer iyonlar da salınmaktadır. Bu iyonlar, geleneksel cam iyonomerler tarafından salınanlarla aynıdır, ancak rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler tarafından salınan fosfor seviyelerinin, geleneksel cam iyonomerler için bulunanlardan çok daha dşk olduğu tespit edilmiştir (29).

2.2.1.2 Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Biyouyumlulukları

Diş hekimliğinde rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin biyouyumluluğunda, diş yüzeyi ile etkileşim, pulpa dokusu üzerindeki olası etkileri ve diş hekimliği personeli ile etkileşiminin, özellikle de cilt teması ve solumayı içeren yönleri incelenmiştir. Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin biyouyumluluğu yıllar önce araştırılmıştır ve bu incelemenin genel sonuçları günümüzde geçerliliğini korumaktadır. Spesifik olarak, klinik diş hekimliğinde uygulama için, rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler aşağıdaki özelliklere sahip olduklarından iyi biyouyumluluk göstermektedirler:

- (i) düşük ayarlı ekzoterm,
- (ii) hızlı nötrleştirme,
- (iii) simandan genel olarak iyi huylu iyonların salınması (30).

Bu son özellik daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin nötr koşullar altında Na, Al, Si, P ve F saldığı ve ayrıca asidik koşullar altında Ca saldığı bilinmektedir. Alüminyum dışında, bu iyonlar vücutta kabul edilebilir ve bazıları diş yüzeyinin remineralizasyonu ile ilişkili olan çeşitli fizyolojik işlemler için yararlı olmaktadır. Alüminyum, merkezi sinir sistemine, iskelete ve hematopoietik sisteme karşı toksik olma potansiyeline sahip olduğundan daha fazla endişe kaynağı olmaktadır. Bununla birlikte, cam iyonomer simanlardan salınan toplam alüminyum miktarı düşüktür ve

bu, alüminyumun mide-bağırsak sistemine alınan düşük biyoyararlanımı ile birleştğinde, bunun önemli bir sorun olmadığını düşündürmektedir. Bu materyallerin herhangi bir yan etkisi bildirilmemiştir ve klinik diş hekimliğinde kullanıldıklarında genellikle yüksek oranda biyouyumlu oldukları kabul edilmektedir (31).

Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerlerin biyouyumluluğu pulpa hücrelerine karşı sitotoksiteleri açısından ele alınmıştır. Bu çalışmalar inorganik iyonların yani Sr^{+2} , Al^{+3} ve F^{-} konsantrasyonunun herhangi bir sitotoksik etkiye sahip olamayacak kadar düşük olduğunu göstermiştir. Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomer simanların güvenli bir şekilde kullanılması için aşağıdaki önlemlerin alınması önerilmektedir. Bunların geleneksel cam iyonomerlerin kullanımı için geçerli olmadığına dikkat edilmelidir. Önerilen önlemler şu şekildedir:

- (i) Çalışma alanının iyi havalandırılmasının sağlanması,
- (ii) HEMA buharını solumaktan kaçınılması,
- (iii) Malzemeye yalnızca aletlerle dokunulması eldiven takarken bile el ile dokunulmaması,
- (iv) Rezin modifiyeli simanın (donmuş veya donmamış) hastanın oral mukozası ile temasından kaçınılması,
- (v) HEMA'nın pulpaya difüzyonunu önlemek için bir astar ile kullanılması,
- (vi) Atmadan önce kullanılmayan siman kalıntılarını ışıkla sertleştirilmesi gerekmektedir (32).

2.2.1.3 Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Özellikleri

İyonomer bazlı malzemelerin popülaritesi, diş yapılarına kimyasal adezyon, dentinin biyolojik sızdırmazlığı, biyouyumluluk, diş yapısına benzer termal genleşme katsayısı ve florid

salınımından dolayı antikaryojenik özellikler ile ilgili olmaktadır. Avantajlarına rağmen, rezin kompozit malzemelerle karşılaştırıldığında düşük mekanik özellikler, sınırlı estetik ve kullanım zorluğu gibi istenmeyen özellikler bildirilmiştir. CİS'lerin piyasaya sürülmesinden bu yana, klinik kullanımlarını sınırlayabilecek istenmeyen özellikleri en aza indirmek için malzemenin bileşiminde birkaç değişiklik yapılmıştır. Hidrofilik rezin monomerlerinin sulu bir poliakrilik asit çözeltisine dâhil edilmesi, daha dirençli, rezin ile modifiye edilmiş bir cam iyonomer malzemenin (RMCİ) geliştirilmesine yol açmıştır. RMCİ'ler, geleneksel CİS'lerin istenen özelliklerini korurken gelişmiş mekanik özellikler sergilemektedirler. Elastik davranışları ile ilgili olarak, RMCİ'ler polimer bazlı kompozitlerdir ve potansiyel olarak viskoelastik özelliklere sahip olmaktadır. Tipik olarak, bu malzemelerin viskoelastik özellikleri sürünme değerlendirmeleri kullanılarak hesaplanmaktadır (33). Silanla işlenmiş silis nano doldurucular ve nano boyutlu zirkonya/silika kümeleri sunan, oldukça dolu dolgu bileşimine sahip RMCİ malzemeleri geliştirilmiştir. Ek olarak, ideal bir toz/sıvı oranı ve otomatik karıştırmaya izin veren, manipülasyonu kolaylaştıran ve malzemelerin özelliklerini optimize eden, kapsüllerde sağlanan kolay kullanılan malzemeler bulunmaktadır. RMCİ'lerin sunduğu üstün mekanik özellikler, kolay kullanım ve iyileştirilmiş estetik sonuçlar, bunların sürekli dişlenme döneminde kullanılmasını sağlamıştır. Resin kompozit restorasyonlarla karşılaştırıldığında, çürüksüz servikal lezyon restorasyonlarında kullanımları için önemli ölçüde daha yüksek retansiyon oranları bildirilmiştir (34).

Geleneksel cam iyonomer simanlarla (CİS) karşılaştırıldığında, RMCİ daha yüksek sertlik, kırılma tokluğu, eğilme mukavemeti, çapsal gerilme mukavemeti ve aşınma direnci sergilemektedirler. Resin bileşenlerinin varlığı, üstün mekanik özelliklere, kısalan sertleşme süresine, azalan erken nem duyarlılığına, uzayan çalışma süresine, artan saydamlığa ve üstün estetik sonuçlara katkıda bulunmaktadır. Ek olarak, RMCİ, yük altında plastik olarak deforme

olma kabiliyetini arttırarak kırılma tokluğunun artmasına neden olmaktadır (35). Farklı RMCİS markalarının mekanik özellikleri aynı olmamakta ve dağıtma/karıştırma yöntemi değiştirilirken bazı özellikler değişebilmektedir. Tüm RMCİ simanların mekanik özellikleri ısı döngüsünden etkilenmektedir. Bu işlem, karışımın dayanıklılığı ve işlevi üzerinde etkili olabilmektedir (36).

2.2.1.4 Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

Rezin ile modifiye edilmiş cam iyonomerler, klinik diş hekimliğinde bir dizi özel uygulama için geliştirilmiştir. Orijinal olarak liner/baz malzemeleri olarak formüle edilen modern rezin modifiyeli cam iyonomerler, kor yapımı ve yapıştırma için kendi başlarına restoratif malzemeler olarak kullanılabilirler. Sınıf V restorasyonlar gibi belirli kullanımlara yönelik klinik raporlar, bunların hem estetik hem de dayanıklılık açısından iyi sonuçlar veren güvenilir malzemeler olduğunu göstermiştir. Pediatrik diş hekimliğinde başarıları yüksek bulunduğu için çocukların dişlerinin tedavilerinde amalgam yerine tercih edilmişlerdir (37).

RMCİ'ler, kalıcı ve süt dişlerinde atravmatik restoratif tedavide (ART) endikedir. Süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V'in restorasyonu, kalıcı dişlerde küçük Sınıf I, III ve V ve simanmine birleşiminin (CEJ) altında yer alan sınıf II preparasyonlarda kompozit rezin malzemeleriyle sandviç kombinasyonunda kullanılabileceği belirtilmiştir. Ek olarak, RMCİ rezin kompozit ile karşılaştırıldığında çürüksüz servikal lezyonlarda (ÇSL) en yüksek retansiyon oranını göstermiştir. ÇSL'lerin restorasyonu, dentin tübüllerinin sklerotik silindirler (kristalitler) ile kısmen veya tamamen obliterasyonu ve harekete karşı doğal bir savunma olarak bu lezyonlarda genellikle hipermineralize bir tabaka bulunduğundan, genellikle zorlu bir prosedür olarak kabul edilmektedir. Bu bariyerler, primer difüzyonunu ve reçine sızmasını önleyerek dentine bağlanma gücünün azalmasına neden olmaktadır ve bu nedenle hidroksiapatit içindeki kalsiyum ile polialkenoik asitten (PAA) gelen karboksil grupları

arasında elde edilen kimyasal yapışma nedeniyle CİS ve RMCİS malzemeleri, ÇSL'leri eski haline getirmek için kullanılan en yaygın malzemeler haline gelmiştir (38).

2.2.2 YÜKSEK VİSKOZİTELİ CAM İYONOMER SİMANLAR

Geleneksel CİS'ler florid salmak, diş minesine ve dentine kimyasal bağlanma oluşturmak, diş çürüğü oluşumunu engellemek, antibakteriyel ve yüksek pH'lı bir ortam oluşturmak gibi özelliklere sahip olmaktadır. Düşük mekanik özelliklerini iyileştirmek için geleneksel CİS'nin toz/sıvı oranını ve toz parçacık boyutunu değiştirilerek Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman (YVCİS) geliştirilmiştir. Bu nedenle, YVCİS posterior bölge için alternatif bir restoratif materyal olarak düşünülmüştür (39).

2.2.2.1 Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanların İçeriği

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanların zayıf mekanik özelliklerini, oklüzal kuvvetlere karşı aşınma direncini arttırmak ve sınırlı olan endikasyon alanlarını genişletmek üzere geliştirilmişlerdir. Bunun yanında, sürekli restorasyon materyali olarak kompozitlerin ve amalgamların alternatifleri olmaları da düşünülmüştür. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların içeriği geleneksel cam iyonomer simanlar ile çok benzer olup, GCİS'ler deki toz likit oranı 3/1 veya 4/1 oranındayken; YVCİS'da 6/1 veya 7/1 oranında görülmektedir (40).

CİS'lerin mekanik özelliklerini geliştirmeye yönelik bir değişiklik, simanın toz bileşenine çinko eklemektir. Yeni malzemenin kırılmaya ve aşınmaya karşı daha dirençli olması, geleneksel CİS'ler ile aynı çalışma süresini ve kolay uygulanması amaçlanmıştır (41).

2.2.2.2 Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanların Özellikleri

Sertleşme mekanizmaları GCİS'lerle aynıdır. Aşınma direnci, yüzey sertliği, basma dayanıklılıkları daha yüksek olup ve çözünürlükleri daha düşük olarak bildirilmektedir. Ayrıca, florid salınımları GCİS'lerle aynı olup, biyouyumlulukları arasında ciddi bir fark görülmemektedir (42). Çeşitli firmalar tarafından kapsül şeklinde yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar rezin içerikli yüzey örtücülerle kombine olarak üretilmiştir. Molina ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, kapsül formundaki YVCİS'lerin kopma dayanımının, eğme ve basma dirençlerinin elle karıştırılan YVCİS'lardan çok daha yüksek olduğunu göstermişlerdir (43).

Gürkan ve arkadaşlarının yaptıkları klinik bir çalışmada; YVCİS, nano partiküllü yüzey örtücü ve mikrofil partiküllü kompozit rezinle restore edilmiş Sınıf I ve II restorasyonların benzer bir klinik performans gösterdiği belirtilmiştir (44).

2.2.2.3 Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanların Endikasyonları

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar;

- Sınıf I kaviteler,
- Büyük boyutta olmamak şartıyla Sınıf II kaviteler,
- Sınıf V kaviteler,
- Süt dişlerinde Sınıf I, II, III ve V kaviteler,
- Kaide materyali olarak,
- Kor materyali olarak,
- Geçici restorasyonlarda kullanılmaktadır (45).

Sadece el aletleri ve örtücü-restorasyon kullanılarak yapılan tedavi, atravmatik restoratif tedavi (ART) olarak adlandırılmaktadır. ART restorasyonları için en çok seçilen materyal

YVCİS olarak bildirilmektedir. (41) YVCİS kullanılarak yapılan ART, tek yüzeyinde çürük bulunan hem kalıcı hem de süt azı dişlerde güvenle kullanılabilir. YVCİS ile restore edilen ART çok yüzeyinde çürük bulunan süt azı dişlerde kullanılmamaktadır. Her iki dişlenmede de sürekli azı dişlerinde ve ön dişlerde birden fazla yüzeyde ART hakkında çıkarılabilecek sonuçlar için uzun dönem araştırmalara gerek duyulmaktadır. Kalıcı dişlerde tek yüzeyli ART/YVCİS restorasyonlarının diş-restorasyon arayüzünde sekonder çürük lezyon gelişimi nadiren gözlenmektedir (46).

Kompozit rezin üzerinde YVCİS kullanmanın büyük bir avantajı, pratisyenin mataryeli kaviteye yerleştirmek için parmak basıncı tekniğini kullanmasına izin vermesidir, bu da örtücü restorasyon olarak adlandırılan duruma yol açmaktadır. Örtücü restorasyon; YVCİS'i aşağı bastırmak için parmak basıncı kullanıldığında, boşluğa nüfuz etmesi ve bir miktar fazlalığın boşluk kenarları boyunca çukurlar ve fissürlerin üzerine yayılarak her iki alanı da kapatması ile oluşmaktadır. Bu yaklaşımın ekstra koruyucu etki sağladığı düşünülmektedir (46).

2.2.3 KOMPOMERLER

"Kompomer" kelimesi kompozit ve cam iyonomer'den gelmektedir. Malzemenin kendisi poliakrilik-/polikarboksilik asitle modifiye edilmiş bir kompozittir. Kompomerler, kompozit ve cam iyonomer bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu, her iki malzemenin arzu edilen niteliklerinden yararlanma girişimidir: Cam iyonomerlerden florid salınımı ve kullanım kolaylığı alınırken, kompozitlerin de üstün malzeme kalitesi ve estetiği alınmaktadır (47).

2.2.3.1 Kompomerlerin İçeriği

Kompomerler; çeşitli polimerize edilebilir monomerlere (örn. UDMA) ek olarak, aynı zamanda geleneksel cam iyonomerlerdeki aksine polimerize edilebilir çift bağlara sahip dikarboksilik asitler içermektedir. Cam iyonomer teknolojisinden elde edilen reaktif floroalüminyum silikat camlar, kompomerlerde bulunmaktadır. Bu ürünlerdeki doldurucu

maddelerinin partikül boyutu 0,2 µm ile 10 µm arasında değişmektedir. Diş sert dokusuna bir adeziv sistemle ön işlem yapılmadan kompomer restorasyonların yetersiz tutuculuğa sahip olduğu gösterilmiştir (48). Bu yapıştırıcıların bileşimi ve özellikleri, kompozitler için kullanılan yapıştırıcılardan temel olarak farklı değildir. Kompomerin sertleşme reaksiyonu temel olarak asidik monomerlerin polimerizasyonuna dayanmaktadır. Ancak su emildikten sonra başlayan asit-baz reaksiyonu yüzeysel tabakalarla sınırlı olmaktadır. Servikal restorasyonlarda kompomer restorasyonlar, rezinle modifiye edilmiş cam iyonomerlerden daha iyi performans göstermiş, ancak hibrit kompozitler kadar iyi performans göstermemiştir (49).

Kompomerler, sertleşme reaksiyonlarının bir ilave polimerizasyon olması bakımından geleneksel kompozit rezinlere benzemektedirler. Sertleşme reaksiyonu genellikle ışıqla başlatılır. Bu reaksiyonda başlatıcı amin hızlandırıcılı kamforkinondur (50).

2.2.3.2 Kompomerlerin Özellikleri

Kompomerlerin mekanik özelliklerine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır ve sıkıştırma, çift eksenli eğilme ve çapsal çekme dayanımları, kırılma tokluğu ve yüzey sertliği dâhil olmak üzere bir dizi özellik için tipik değerler rapor edilmiştir. Genel olarak bu özellikler, geleneksel kompozit rezinlerinkinden çok farklı değildir. Bununla birlikte, kompomerlerin geleneksel kompozit rezinlerden önemli ölçüde farklı olan bir mekanik özelliği kırılma tokluğudur. Üç kompomer ve üç geleneksel kompozit üzerinde yapılan bir çalışmada, suda 1 haftalık depolamanın ardından kırılma tokluğunu belirlemek için tek kenarlı çentikli numuneler kullanılmıştır. Kompozitler için kırılma tokluğu 1,75–1,92 MPa m^{1/2} aralığında düşerken, kompomerler için 0,97–1,23 MPa m^{1/2} aralığında belirlenmiştir. Bu çalışmanın yazarları, çatlak ilerlemesine karşı bu azaltılmış direnç göz önüne alındığında, kompomerlerin stres taşıyan alanlarda kullanılmaması gerektiği sonucuna varmışlardır (51).

Kompomerlerin önemli bir özelliği, su içermemeleri ve bileşenlerin çoğunluğunun kompozit rezinlerle aynı olmasıdır. Tipik olarak bunlar, trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi viskozite azaltıcı seyrelticilerle karıştırılmış bisglisidil eter dimetakrilat (bisGMA) veya türevleri ve/veya üretan dimetakrilat gibi hacimli makro monomerlerdir. Bu polimer sistemleri silikat cam gibi reaktif olmayan inorganik tozlar ile örneğin SrA veya FSiO₄ ile doldurulur. Bu tozlar, dolgu maddesi ile matris arasındaki bağı desteklemek için bir silan ile kaplanır. Ek olarak, kompomerler asidik fonksiyonel gruplar içeren geleneksel kompozitlerden farklı ek monomerler içermektedir. Bu tipte en yaygın kullanılan monomer 2-hidroksietil metakrilat ile bütan tetrakarboksilik asitin bir di-ester olan Triklorbenzen''dir (52).

2.2.3.3 Kompomerlerden İyon Salınımı

Kompomerler tarafından iyon salınımı, birçok çalışmada incelenmiş olup, yapılan çalışmalarda nötr ve asidik koşulları karşılaştırılıp ve diğer iyonların salınımının nötr olanlara kıyasla asit koşullarda daha fazla meydana geldiği sonucuna varılmıştır. Nicholson ve Czarnecka tarafından yapılan çalışmada kompomerlerin hem asidik hem de nötr koşullarda sodyum, kalsiyum, stronsiyum, alüminyum, fosfor ve silikon saldıgını ve tüm bu iyonların salınım seviyelerinin asidik koşullarda diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğunu göstermektedir (53).

2.2.3.4 Kompomerlerden Florid Salınımı

Kompomerlerin florid salınımı başlangıçta hızlı bir şekilde artmakta olup (24 saat), daha sonra aynı hızla azalmaktadır. Yapılan bir araştırmada, kompomer restorasyonlara (Dyract eXtra®) komşu dişte çürük gelişiminin, kompozit restorasyonlara (Spectrum TPH®) kıyasla daha düşük olduğu gösterilmiştir. 28 gün boyunca florid salınımı komşu dişte çürük gelişimini engelleyici etki göstermiştir. Ayrıca genç sürekli dişlere uygulanan kompomer restorasyonlardan tükürüğe florid salınımının süt dişlerine göre daha az olduğu gösterilmiştir.

Bununla birlikte, bir klinik çalışmada kompomer restorasyonlar uygulanan çocuklar, amalgam restorasyonları olanlarla karşılaştırıldığında yeni çürük gelişiminde bir fark olmadığı gösterilmiştir. Florid rejenerasyonu esas olarak cam bileşen ve hidrojel tabakası tarafından belirlenmektedir. Hidrojel tabakası ise asit-baz reaksiyonuna bağlı olmaktadır. Bu nedenle hem florid salınımı hem de florid geri alımı cam iyonomerlerde en fazladır, bunu kompomerler ve ardından kompozitler takip etmektedir. Geleneksel kompozit ile karşılaştırıldığında kompomerin artan su emilimi, özellikle ön dişlerde estetiğe müdahale eden marjinal renklenme ile sonuçlanmaktadır. Kompomerler ayrıca zayıf aşınma dirençleri nedeniyle büyük çekirdek oluşumları için kontrendike olmaktadır (54).

2.2.3.5 Kompomerlerin Endikasyonları

Kompomerler, geleneksel kompozitlerle aynı endikasyonlardaki klinik uygulamalar için tasarlanmıştır. Bunlar, fissür örtücü olarak, ortodontik bantların yapıştırılması için bağlayıcı ajan olarak, Sınıf II ve Sınıf V kaviteler için restorasyon materyali olarak kullanımlarını içermektedir. Florid salınımı çocuk diş hekimliğinde kullanım için yararlı bir özellik olarak görülmektedir ve özellikle çocuklara yönelik spesifik markalar üretilmiştir. Kompomerlerin tüm bu potansiyel uygulamaları için klinik sonuçlar bildirilmiştir ve genel olarak bulgular olumlu olarak bildirilmektedir. Kompomerler, Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlar için de kullanılmıştır. Sınıf I restorasyonlarda, kompozit lamina restorasyonu olarak kullanılmış ve geleneksel kompozit rezinler kadar iyi performans gösterdikleri bildirilmiştir. Sınıf II restorasyonlarda da geleneksel kompozit restorasyonlar kadar başarılı sonuçları olduğu bildirilmektedir (55).

2.2.4 GIOMERLER

Yeni bir malzeme sınıfı olan giomerler, kompomerler gibi kompozit rezinlerin ve cam iyonomerlerin en iyi özelliklerini birleştirmeyi amaçlamaktadır. Çürük lezyona karşı koruma,

iyi mekanik direnç ve estetik özellikler ön plana çıkarılmıştır. Giomerler, florid salan restorasyon malzemeleri alanındaki en son gelişmelerden birini temsil etmektedir. Klinik çalışmalar morfoloji, marjinal adaptasyon ve işlem sonrası duyarlılığın rezin kompozitler ve giomerler için benzer olduğu öne sürülmüştür. Yapılan araştırmalarda giomerler için ikincil çürüklerin daha az sıklıkta olduğu bildirilmiştir (56).

2.2.4.1 Giomerlerin Özellikleri

Giomerlerle çalışmak, kompozit rezinlere göre daha kolay olarak bildirilmektedir. Yüksek esnekliğe sahiptirler ve fonksiyonel stresin yüksek olduğu alanlardan ayrılma olasılıkları daha düşük olarak belirtilmektedir. Renk, fluoresans ve yarı saydamlık, yeni bir restorasyonun estetik entegrasyonuna esasen katkıda bulunan özelliklerdendir. Bu nedenle, yeni materyaller doğal dişlerin rengini ve diğer tüm optik özellikleri taklit edebilmektedirler (57).

İkincil çürümeleri önlemenin bir yöntemi, boşluğun dezenfektanı olarak klorheksidinin kullanılmasıdır. Bununla birlikte, giomerler söz konusu olduğunda self-etch adeziv sistemle kullanıldığında, ek dezenfeksiyonun adezyon kalitesini olumsuz etkileyebileceği ve bu nedenle mikrosızıntı riskini artırabileceği bildirilmiştir. Mikro-sızıntının bir sonucu olarak kavitelerin boyutlarındaki artışı azaltmak amacıyla, giomer malzemeler kullanılarak bir restorasyonu tamir etme olasılığı araştırılmaktadır. Bunu başarmak için, eski restorasyonun yüzey tabakaları kaldırılarak eski ve yeni malzeme arasında güçlü bir bağ kurulması gerektiği belirtilmektedir (58).

2.2.4.2 Giomerlerin Diş Dokularına Adezyonu

Giomerler için, malzemenin diş yapısına adezyonunu sağlamak amacıyla bir self-etch sistemin kullanılması önerilmektedir. Antimikrobiyal korumayı arttırmak amacıyla topikal floridli solüsyonların giomer restorasyonlarının yüzeyine etkisi araştırılmaktadır. Bu

uygulamaların etkisinin, giomer ve diş yapısı arasındaki bağ kuvvetini olumsuz etkileyebileceği ve mikrosızıntıyı artırabileceği yönündedir. Karşılaştırmalı mikrosızıntı çalışmaları, bu fenomenin giomerler için daha yüksek, cam iyonomerler ve zirkomerler (diğer florid salan dental materyal) için daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte, bir giomer restorasyonu yerinden kaldırmak için gereken kuvvet, diğer iki malzemedenden daha yüksek olarak belirtilmektedir (59).

2.2.4.3 Giomerlerden İyon Salınımı

Giomerlerin bileşiminde bulunan biyoaktif cam, biyolojik sıvılarla temas ettiğinde çözünerek fosfat, florid, kalsiyum gibi terapötik bir iyon salınımına izin vererek apatit oluşturma kapasitesini etkilemektedir. Ortodontik tedavilerde ortaya çıkan beyaz nokta lezyonlarının önlenmesinde bu durum yardımcı olmaktadır (60). Giomerler, geleneksel bir bis-GMA matrisine ve biyoaktif cam dolgu maddelerine sahiptirler. Sertleşme reaksiyonu ışıkla etkinleştirilir. Tutarlılık ya akıcıdır ya da gelenekseldir ve salınan florid miktarı antibakteriyel koruma için yeterli olarak bildirilmektedir (61).

2.2.4.4 Giomerlerin Endikasyonları

Jyothy ve Gordan tarafından yürütülen klinik testler, giomerlerin servikal çürüksüz lezyonları tedavi etmek için ideal özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Bu lezyonlar, servikal seviyede daha düşük adezyon kalitesinden dolayı bir sorun olmaya devam etmektedir. Klinik deneyler uygulamadan yıllar sonra, giomerler için hem yeterli direnci hem de estetik açıdan kabul edilebilir yönü göstermiştir (62).

Alsayed ve Salmerón-Valdés, kaplama malzemeleri ve pit ve fissür örtücüler olarak giomerlerin önleyici özelliklerini vurgulamak için in vitro çalışmalar yayınlamışlardır (63, 64). Kimyai ve ark, tarafından yapılan araştırmalarda, hemostatik ajanlarla kontaminasyonun

mikrosızıntıyı ve giomer restorasyonlardaki marjinal boşlukları artırabileceğini göstermektedir. Üreticiler giomerlerin tüm restorasyonlarda (Sınıf I, II, III, IV, V) özellikle çürük indeksi yüksek hastalarda, yüksek estetik özellikleri nedeniyle direkt restorasyonlarda önerilmektedir. Ekspoze servikal alanlarda (dişeti tonları), pit ve fissür örtücüler olarak, pediatrik kullanım için taban malzemeleri veya astarlar olarak, aşırı duyarlı ekspoze alanlar için vernik olarak, restorasyonların simantasyonu için ve hatta ortodontik braketlerin yapıştırılması için kullanılabilmektedirler (65).

2.2.5 CAM KARBOMERLER

Cam karbomerler (GCP Dental, Hollanda) geleneksel cam iyonomer simanla karşılaştırıldığında gelişmiş biyoaktiviteye sahip cam iyonomer tipi malzemedir. "Cam karbomer" cam iyonomer türevi bir materyal olmasına rağmen, adı bir marka olarak literatüre girmiştir.

2.2.5.1 Cam Karbomerlerin İçeriği

Sulu bir polimerik asit ile iyon sızabilen bazik bir cam arasındaki asit-baz reaksiyonuyla sertleşmekte ve cam iyonomer formülasyonlarında yer almayan maddeler içermektedir (66). Bu bileşenler aşağıdaki gibidir:

Güçlü asitle yıkanmış bir cam tozu; böylece parçacıkların yüzey katmanları kalsiyum açısından büyük ölçüde doymuştur. Bu nedenle, kalsiyum iyonlarının çoğu parçacıkların içinde çekirdeğe doğru uzanır. Hidroksil grupları içeren, lineer yapıda bir polidimetilsiloksan içeren silikon yağı; simanın diğer bileşenleri ile hidrojen bağları oluşturmasını sağlar, böylece sertleştikten sonra siman içinde bağlı kalmaktadır. İkincil doldurucu madde olarak da işlev gören biyoaktif bir bileşen; katı hal NMR (Nükleer manyetik rezonans) spektroskopisi, bu

doldurucu maddenin aslında hidroksiapatit olduğunu göstermiştir ve daha önce geleneksel cam iyonomer fissür örtücülerde gözlemlendiği gibi diş ile arayüzde mine benzeri yapı oluşumunu desteklemek için dahil edilmiştir. Cam karbomerde kullanılan cam, stronsiyum ve ayrıca yüksek miktarda silikon ve az miktarda kalsiyum içermektedir. Geleneksel cam iyonomer markalarından Fuji IX ve Ketac Molar'da kullanılan camlarla karşılaştırıldığında nispeten yüksek silikon içermektedir, ancak karşılaştırılabilir miktarlarda alüminyum, fosfor ve florid içerdiği belirtilmektedir (67).

2.2.5.2 Cam Karbomerlerin Mekanizması

Asitle yıkama işlemi nedeniyle cam, poli (akrilik asit) veya akrilik/maleik asit kopolimerine karşı oldukça tepkisizdir. Ayrıca cam tozuna katılan silikon yağı camın yüzeyinde absorbe olmakta ve bu da poliasit ile reaksiyona müdahale etmektedir. Sonuç olarak, cam karbomerin yüksek toz/sıvı oranlarında karıştırılması kolaydır ve bu iki bileşen karıştırıldığında çok az reaksiyon meydana gelmektedir. Materyal bir kez karıştırıldıktan sonra en az 20 saniye süreyle bir dental ışığın uygulanmasıyla yavaş sertleşme reaksiyonu hızlandırılmaktadır. Bu, foto-polimerizasyonu teşvik etmek amacıyla değil, dental ışıkların yaydığı ısı ile gerçekleşmektedir (66).

Cam karbomerler, geleneksel cam iyonomerlere kıyasla yüksek oranlarda cam ve ayrıca hidroksiapatit dolgu maddesi içermektedirler bu nedenle sabitlenmiş cam karbomer çok kırılkan olmaktadır. Bu durumu değiştirmek için silikon yağı eklenmektedir. Malzeme sertleşir ve malzeme içinde hidrojen bağıyla bağlı kalmaktadır. Sertleşme reaksiyonu çalışmaları, cam karbomerin sertleşmesinin, biri cam artı poliasit, diğeri hidroksiapatit artı poliasit içeren iki paralel reaksiyon ile gerçekleştiğini göstermektedir. Her ikisi de asit-baz reaksiyonlarıdır ve gömülü doldurucu madde içeren iyonik olarak çapraz bağlı bir poliasit matrisi ile sonuçlanmaktadır. Bu durumda doldurucu madde yalnızca iyonu tükenmiş cam değil, aynı

zamanda kısmen reaksiyona girmiş hidroksiapatittir. Ortaya çıkan matriks, konvansiyonel bir cam iyonmer simandakine benzemekte ancak aynı zamanda polidimetilsiloksan yağı da içermesi bakımından farklılık göstermektedir. Bugüne kadar cam karbomerin klinik olarak kullanımına ilişkin sadece olgu raporları bulunmakta olup, uzun süreli klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (68).

2.2.5.3 Cam Karbomerlerin Özellikleri

Geleneksel cam iyonmer simanlara kıyasla cam karbomerin avantajları şunlardır: LED kürleme cihazı ile direnç, eğilme mukavemeti, aşınma, remineralizasyon gücü ve komut ayarı açısından gelişmiş kimyasal ve mekanik özellikleri mevcuttur. Bir LED kürleme cihazı kullanılarak üretilen ısının, cam iyonmer simanların sertleşme sürecini hızlandığı, basınç dayanımlarını artırdığı ve mikrosızıntı oluşumunu azalttığı gösterilmiştir. Özellikle, cam karbomerin makaslama dayanımının geleneksel cam iyonmer simana göre benzer veya daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ek olarak, bu malzemelerin apatit benzeri ve mine benzeri malzemelere dönüşebileceğine dair bazı göstergeler bulunmaktadır. Son çalışmalar, cam karbomerlerin geleneksel cam iyonmerlerden daha yüksek seviyelerde florid saldıgını bildirmiştir (69). Yapılan bir çalışmada cam karbomer fissür örtücülerin, kompozit rezin fissür örtücülere göre daha düşük tutuculuk oranı gösterdikleri bildirilmiştir. Çürük gelişimini önlemede benzer şekilde etkili oldukları bildirilmiştir (70).

2.2.5.4 Cam Karbomerlerden Florid Salınımı

Yapılan çalışmalarda cam karbomerin geleneksel cam iyonmer simanlardan farklılıkları ve benzerlikleri olduğu gösterilmiştir. Suda, su alımının bir sonucu olarak bir dereceye kadar kütle kazancı göstermektedirler. Buna karşılık, sodyum florid çözeltisinde, bu çözeltinin aşındırma etkisini tolere edebilecek kütle kaybı sergilemektedirler. Aşındırma etkisi, cam karbomerde, sodyum florid çözeltilerine maruz kalan geleneksel cam iyonmerlere göre

çok daha belirgin olmaktadır. Cam karbomer tarafından florid salınımının, geleneksel cam iyonmer simanlara benzer şekilde olgunlaşma süresine bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir. Olgunlaşma süresi arttıkça florid salınımında sabit bir azalma olmaktadır, bunun bir sonucu olarak bu malzemelerde olgunlaşma gerçekleştikçe ortaya çıkan değişiklikler tolere edebilmektedirler. Cam karbomerin, yine cam iyonmerlere benzer olarak, sodyum florid çözeltilerinden florid aldığı gösterilmiştir. Materyal tarafından florid alımı, cam iyonmerlerden önemli ölçüde yüksek olmaktadır, ancak bu bulguya rağmen, daha sonra gözlemlenen florid salınım seviyelerinde herhangi bir artış olmamaktadır. Bu sonuç, cam iyonmer simanlarının davranışıyla güçlü bir tezat oluşturmaktadır ve cam karbomerin geri dönüşümsüz olarak florid almasının, ikincil doldurucu madde olarak hidroksiapatitin varlığına bağlanmaktadır (71).

2.2.6 NANO-İYONMERLER

Nano-teknoloji, boyutları 1–100 nm aralığında olan sistemlerin, modifikasyonların veya malzemelerin kullanımını incelemektedir. Diş hekimliğinde nanoteknolojinin temel uygulamaları arasında implant yüzey modifikasyonları, nano boyutlu parçacıkların dâhil edilmesiyle güçlendirilmiş polimerik kompozitlerin üretimi ve çürük önleme sıralanabilmektedir. Son çalışmalar, nano boyutlu parçacıkların veya "nanokümelerin" dâhil edilmesinin, rezin kompozitler gibi restoratif materyallerin mekanik özelliklerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Nanoteknoloji kullanılarak CİS'in fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için benzer yaklaşımlar denenmeye devam etmektedir (72).

2.2.6.1 Nano-İyonmerlerin Mekanizması

Nano boyutlu parçacıkların üretimi için iki yaklaşım bulunmaktadır: yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya. Yukarıdan aşağıya nano fabrikasyon, yığın malzemeyi çıkararak nano boyutlu parçacıkların üretimini içermektedir. Yukarıdan aşağıya üretimin bazı örnekleri arasında frezleme, işleme ve litografi yer almaktadır. Aşağıdan yukarıya nanofabrikasyon ise

nano-boyutlu parçacıkların atom üretilmesini içermektedir. Aşağıdan yukarıya nanofabrikasyonun bazı örnekleri; doku rejenerasyonu, protein sentezi ve biyomimetik dental implant kaplamaları olarak verilebilmektedir. CİS'lere dâhil edilmek üzere nano boyutlu parçacıkların üretimi, apatit, silikat camlar ve bazı metal oksitler gibi dökme malzemelerin yukarıdan aşağıya nanofabrikasyon yoluyla çalışılmaktadır (73).

2.2.6.2 Nano-İyonomerlerin Özellikleri

Nano-boyutlu parçacıkların dâhil edilmesinin polimerik dental materyallerin mekanik özelliklerini geliştirebileceği bildirilmiştir. De Caluwe ve ark. nano-boyutlu cam parçacıkları ile geleneksel CİS'lerin katkılanmasının sertleşme süresini azaltabileceğini ve sıkıştırma mukavemetini ve elastik modülü artırabileceğini göstermiştir. Direkt restoratif materyallerin sertleşme sürelerini azaltmanın ana avantajları, artan çalışma süresi ve manipülasyon kolaylığıdır. Bu durum tedavi süresini kısaltarak hem klinisyene hem de hastaya fayda sağlamaktadır. Mekanik özelliklerin artırılması, çiğneme ve oklüzal kuvvetlere daha verimli bir şekilde dayanabildikleri için, restoratif materyallerin servis edilebilirliğine ve kullanım ömrüne katkıda bulunmaktadır (74).

2.2.6.3 Nano-İyonomerlerden Florid Salınımı

Yüksek konsantrasyonlarda, floridin demineralizasyon oranını azalttığı, remineralizasyon sürecini arttırdığı, bakterilerin diş yüzeylerine tutunmasını ve büyümesini engellediği ve karmaşık bir bakteri biyofilminin oluşumunu engellediği düşünülmektedir. Sabitlenmiş iyonomer yapısındaki florid iyonları, sabitlenme reaksiyonunda yer almadığından, bir iyon değiştirme işlemi ile çevre ortama salınmaktadır. Florid cam iyonomerlerden iyi salındığı bilinmekle birlikte, tükürükten floridi çekebilir ve çürük oluşumunu önleme potansiyeline sahip olabilecek iyonları serbest bırakabilen florid rezervuarları olarak işlev görebilmektedir. Bununla birlikte, bugüne kadar, cam iyonomer simanlardan salınan florid

miktarlarının diş çürüklerini engellemeye yeterli olup olmadığı belirlenmemiştir. Aslında, birkaç çalışma, nano-CİS'lerden ve geleneksel RMCİS'lerden kümülatif florid salınımının birbiriyle karşılaştırılabilir olduğunu, ancak yine de geleneksel CİS'lerden önemli ölçüde daha az olduğunu öne sürmüştür. RMCİS'lere ve CİS'lere kıyasla nano-CİS'ler tarafından salınan kesin florid miktarı hala tartışmalıdır. Literatürlerde nano-iyonomer simanlarla restore edilmiş dişlerdeki sekonder çürükleri değerlendiren uzun vadeli klinik çalışmaların yetersiz olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, bu simanların çürük önleyici aktivitesinin klinik senaryoda geleneksel CİS'lerden daha iyi olup olmadığı henüz netleştirilememiştir. CaF_2 ile modifiye edilmiş iyonomerler dışında, geleneksel iyonomerlerin toz bileşeninin nano modifikasyonunun etkisini araştırmaya odaklanan çalışmaların yetersiz olduğu bildirilmiştir (75).

2.2.6.4 Nano-İyonomerlerin Endikasyonları

Nano-iyonomer simanların endikasyonları; kalıcı dişlenmede Sınıf I-III-IV kaviteler, süt dişlerinin restorasyonları, geçici restorasyon olarak, sandviç tekniğinin uygulandığı olgular ve kor yapımı olarak sıralanabilmektedir (76).

2.2.7 AMALGOMERLER

Son dönemde, seramikle güçlendirilmiş yeni bir cam iyonomer üretilmiştir. Bu ürün, üretici tarafından hem metalik bir restoratifin yüksek mukavemetini hem de estetik dâhil olmak üzere cam iyonomerlerin avantajlarını birleştirmek için geliştirilmiştir (77).

2.2.7.1 Amalgomerlerin İçeriği

Amalgomerler, cam iyonomer simanların içeriğinde mevcut olan floroalüminosilikofosfat cam ve polialkenoik asitlerden üretilmişlerdir. Amalgomerin içeriğinde de toz bölümünde floroalüminosilikat cam, poliakrilik asit, tartarik asit ve seramik güçlendirme tozu bulunurken, likit bölümünde distile su ve poliakrilik asit bulunmaktadır (78). Klinik uygulamada; Amalgomerin uygulanacağı kavite çürük temizlemesi sonrası, üretici firma

tarafından verilen likitle temizlenmektedir. Bu işlemin amacı mikrosızıntının azaltılması olarak bildirilmiştir. Ürün hazırlanan kaviteye el aletleri veya parmak basıncıyla kolaylıkla yerleştirilebilmektedir (79).

2.2.7.2 Amalgomerlerin Özellikleri

Amalgomerler, yüksek oranda florid içerip, üstün estetik özellikleri bulunmaktadır. Radyopak özelliği de bulunan bu restoratif materyallerin uygulanması esnasında, amalgamdan farklı olarak minimal invaziv kavite preperasyonu yapılabilmektedir. Mine ve dentine kimyasal olarak bağlanıp, biyouyumlulukları iyi olarak bildirilmektedir. Sertleşmeleri hızlı olup, uygun çalışma süresine sahiptirler. Aşınma kuvvetlerine karşı dirençli olarak bildirilmekte ve 300 MPa'dan daha fazla değerlerde sıkışma dayanımları bulunmaktadır. Amalgomerlerde, amalgamın korozyon, genleşme, termal iletkenlik gibi olumsuz özellikleri ortadan kaldırılmıştır (80).

2.2.7.3 Amalgomerlerin Endikasyonları

Amalgomerlerin ön ve arka dişlerde kullanılmak üzere iki farklı tipi geliştirilmiştir. Arka dişlerde kullanılanlar seramikle güçlendirilmiştir (81).

Ön dişlerde kullanılmak için tasarlanmış amalgomerler;

- Kalıcı dişlerde Sınıf III ve Sınıf V kavitelerde,
- Süt dişlerinde posterior bölgelerde,
- Pit ve fissürlerde fissür örtücü olarak,
- Estetik özellikleri sayesinde veneer olarak uygulanabilmektedirler.

Arka dişlerde kullanılmak için tasarlanmış olan amalgomerler;

- Amalgam restorasyonların tamirinde,

- Amalgam veya posterior kompozit restoratif materyallerin altında kaide materyali olarak,
- Kuronların altında kor materyali olarak,
- Overdenture restorasyonların altındaki kök yüzeylerinde,
- Uzun süreli geçici restoratif materyal olarak,
- Radyoopasitenin gerekli olduğu bütün kavitelere,
- Kuron marjinlerinin tamirinde,
- ART tekniğinde uygulanabilmektedirler.

2.3 FLORİD

Floridler, çürük önleme için günümüzde halen altın standart olarak bildirilmektedir. Ayrıca, restoratif olmayan çürük tedavisinde çürük lezyonlarının inaktivasyonu veya durdurulması için terapötik ajanlar olarak etkili olmaktadır. Kanıtlar, floridin karyostatik etkisinin sistemik etkiden çok topikal etkisinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu etki, floridli bir diş macunu ile detaylı diş fırçalama gibi iyi bir ağız hijyeni ile birleştirildiğinde daha da büyük olabilmektedir (82).

2.3.1 Floridin Etki Mekanizması

Floridin diş hekimliğinde çürük önleyici etkisi üç yolla gerçekleşmektedir:

1. Demineralizasyonu önleyici etki
2. Remineralizasyonu artırıcı etki
3. Antibakteriyel etki

Ağız ortamının pH'sı düştüğünde mine yüzeyinden Ca^{+2} ve PO_4^{+3} uzaklaşarak demineralizasyon başlamaktadır. Tükürükte ve diş sert dokuları çevresinde az miktarda ve sürekli olarak bulunan florid, ortamın pH'sı azaldığında fluoroapatit olarak minede birikmekte

ve minenin çözünürlüğünü azaltarak, demineralizasyonu önlemektedir. Asidik etki ortadan kalkınca Ca^{+2} ve PO_4^{+3} tekrar diş yüzeyine geri dönmesi remineralizasyon olarak adlandırılmaktadır. Florid, remineralizasyonu sağlamakta katalizör görevi görmektedir. Minenin mineral yapısına katılarak hidroksiapatiti çözünmeye daha dirençli olan florapatite dönüştürüp minenin aside direncini artırmaktadır. Florid ayrıca bakteriyel enzimleri inhibe ederek bakteriyel asit oluşumunu önlemektedir. Böylece bakterilerden kaynaklanan asitlerin neden olduğu erken dönem diş çürüklerinin önlenmesini sağlamaktadır. Floridin bu etkilerinden dolayı günümüzde florid salan dental materyallerin çocuk diş hekimliğinde kullanımı önem kazanmaktadır. Materyallerden florid salımının üç ayrı mekanizma ile gerçekleştiği bildirilmektedir. Bunlar yüzeyden yıkanma, gözenek ve çatlaklardan difüzyon ve hacimden difüzyon olarak sıralanmaktadır. Materyalin sertleşmesinden bir gün sonra oluşan ve yeniden floridle yüklenmesinden bir gün sonra görülen en yüksek düzeydeki florid salınımının yüzeyden yıkanma şeklinde olduğu bildirilmektedir. Gözenek ve çatlaklardan difüzyon yolu ile oluşan salınım ise, daha az ancak daha sabit düzeyde ve ilk günden sonraki günlerde gözlemlendiği belirtilmektedir. Hacimden difüzyonun ise, örneklerin olgunlaşması sürecinde gerçekleştiği ve uzun dönem sürekliliği olan bir salınım olduğu bildirilmektedir (83).

2.3.2 Floridin Güvenirliliği

Orta derecede mine florid alımını için 0,10 mg/kg/d'lik gözlemlenen en düşük yan etki düzeyine dayanarak, uzun süreli kullanım boyunca günlük bazda 0,10 mg/kg/gün'lük florid tolere edilebilir olarak belirtilmektedir. Floridin üst alım düzeyi (UL)'si yaşa/kiloya bağlı olmaktadır; küçük çocuklar için UL, vücut ağırlığına bağlı olarak 0,7 mg/gün ile 2,0 mg/gün arasında değişmektedir ve 9 yaşından büyük çocuklar için 20 yaş dişleri dışında kalıcı dişlerin kuronları 9 yaşına kadar oluşmuş olduğundan yaş ve yetişkinler için günlük UL 10 mg olarak bildirilmiştir. 9 yaşından küçük çocuklarda kronik yüksek florid alımının en yaygın yan etkisi

diş florozisidir. Dental florozinin şiddetli olmayan formları sağlığa zararlı değildir ve aslında florozinin daha hafif formlarının diş çürüğüne karşı artan dirençle ilişkili olduğu gösterilmiştir (84).

2.3.3 Florozis

Dental florozis, diş gelişimi döneminde ağızda sürmeden önce (üçüncü azı dişler hariç çoğu kalıcı diş için yaşamın ilk 8 yılı) uzun süreli florid alımının neden olduğu, diş sert dokularının mineralizasyonunda meydana gelen bir değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Diş sürdükten sonra florozis, minede gözle görülebilen bir dizi değişikliği ifade etmektedir. Orijinal olarak alacalı mine olarak tanımlanan diş florozu, mine florozu olarak da adlandırılmaktadır. Değişiklikler, daha hafif vakalarda zorlukla görülebilen dantelli beyaz işaretlerden opak alanlara, dişlerde kahverengileşmeye ve şiddetli formlarda çukurlaşmaya kadar çeşitli tiplerde görülebilmektedir. Dişler oluştuktan sonra dişlerde florozis gelişmemekte ve florozis bir kez ortaya çıktıktan sonra şiddeti artmamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bireylerin %1'inden daha azında, olumsuz bir sağlık etkisi olarak kabul edilen dental florozis bulunmaktadır. Şiddetli mine florozis prevalansı, içme suyunda 2 mg/L'nin altındaki florid konsantrasyonlarında çok düşüktür (sıfıra yakın). Mine hipoplazisi gibi dişlerin görünümündeki florotik olmayan değişiklikleri dental florozis ile karıştırılabilir (85). Bazı çocuklarda dental florozis prevalansı ile ilgili endişeler özellikle yaşamın ilk 6 yılında, florid takviyelerinin kullanımıyla ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, floridli diş macununa erken maruz kalmanın, diş macununun istenmeyen şekilde belirli bir miktar üzerinde yutulması nedeniyle de bir risk faktörü olabileceği gösterilmiştir. Dental florozis risklerini özetleyen çalışmalar, maruz kalmanın mine oluşumunun hem salgı hem de olgunlaşma evrelerinde gerçekleştiği durumlarda riskin en yüksek olduğu sonucuna varmıştır. Bu nedenle, mine florozisi açısından risk taşıma açısından üç yaş grubu önemli olmaktadır (86):

0-4 yaş

4 yaşın altındaki bebek ve çocuklarda, kalıcı kesici dişler ve birinci büyük azı dişlerinin kalsifikasyonu ve olgunlaşması yaşamın bu döneminde meydana geldiği için, florozis açısından riskli kabul edilmektedir. Yapılan bir araştırmada, yaşamın ilk 3 yılında aşırı floride maruz kalmanın, kalıcı üst kesici dişlerde florozis gelişimi için en önemli dönem olduğu, ancak diğer bireysel dönemlerin de önemli olabileceği bildirilmiştir. Florid kullanımının dikkatli bir şekilde izlenmesi ve erken çocukluk çağı çürüklerinin önlenmesi ihtiyacı ile dengelenmesi gereken önemli bir yaş dönemidir. Yutma refleksinin yetersiz kontrolü nedeniyle, yaşamın bu döneminde topikal olarak uygulanan floridlerin kullanımına özel dikkat edilmesi gerekmektedir (87).

4-6 yaş

Florozis riski açısından sürekli küçük azı ve sürekli 2. büyük azı dişleri bu dönemde kalsifikasyonlanıp olgunlaşmaktadırlar. Bununla birlikte, olgunlaşma meydana geldiğinde, florid kullanımının olumlu etkisi olan çürük önlemenin belirgin yararına karşı dişlerde gelişebilecek estetik problem bu aşamada daha az dikkate alınmalıdır (87).

6 yaş ve üzeri

Bu dönemde mine florozisi riski, üçüncü büyük azı dişleri dışında ihmal edilebilir düzeyde olarak bildirilmektedir (87).

2.3.4 Florid Toksisitesi

Akut florid toksisitesi, mide bulantısı ve kusma, kas spazmları, koma, konvülsiyonlar ve kardiyak aritmilere yol açan karın ağrısı semptomlarıyla kendini göstermektedir. Reçeteli florid takviyeleri gibi florid ürünlerinin bir seferde birden fazla uygunsuz ve aşırı yutulması veya diş hekimliği muayenehanesinde yetersiz aspirasyona bağlı profesyonel florid jeli

uygulamaları sırasında yüksek konsantrasyonlu floridin aşırı yutulması ile ortaya çıkabilmektedir. Bu tür durumlar acil müdahale gerektirmektedir.

Kronik florid toksisitesi, iskelet florozi nedeniyle eklemlerde ve kaslarda sertlik ve ağrı semptomları ve belirtileri ile kendini göstermektedir. Bu durum genellikle, su kaynağının (veya kişisel kuyuların) yüksek konsantrasyonda florid içerdiği topluluklarda uzun yıllar boyunca floride maruz kalınmasından kaynaklanmaktadır (88).

2.3.5 Florid Uygulamaları

2.3.5.1 Topikal Florid Uygulamaları

Floridli diş macunları

Floridli diş macunlarının yaygın kullanımı, son 40 yılda kaydedilen diş çürüklerinin azalmasının en büyük nedenlerinden biri olmuştur. Floridli diş macunu ile diş fırçalama uygun, ucuz, kültürel olarak onaylanmış ve yaygın olması nedeniyle ideal bir halk sağlığı yöntemine yakındır. Çocuklarda ve ergenlerde floridli diş macunu kullanımı çeşitli sistematik incelemelere tabi tutulmuş ve hepsi çürüğün önlenmesindeki etkinliğini doğrulamıştır (89).

Potansiyel zarar

Küçük çocukların diş macunu kullanımıyla ilgili bir sorun, diş macununun bir kısmını yutarak florozis riski oluşturmalarıdır. Floridli diş macunu, “optimal” günlük toplam florid alımının %80'inden sorumlu olabilir ve yaşamın ilk 3 yılı en kritik dönem olarak görünmektedir. Bu nedenle, ebeveynlere yaşa uygun miktarda diş macunu sürmeleri ve en az 7 yaşına kadar diş fırçalamaya yardım etmeleri/denetlemeleri şiddetle tavsiye edilmektedir. Ebeveynleri ve bakıcıları doğru miktarda diş macunu uygulama konusunda desteklemek için, üreticiler, halk sağlığı kurumları ve ulusal dernekler, diş macunu ambalajı ve fırçalama talimatlarında net görsel talimatlar sağlamaya teşvik edilmektedir. Diğer florid kaynaklarına

düzenli olarak maruz kalan küçük çocuklar için 1000 ppm'den daha düşük konsantrasyonlu diş macunu önerilmektedir. Bununla birlikte, 1000 ppm'den daha az olan bu düşük florid konsantrasyonlu diş macunlarının diş çürüğünü önlediğine dair kanıtlar sınırlıdır (90).

Tablo 2.1: AAPD klavuzuna göre floridli macun kullanımının yaşam yıllarına göre düzenlenmesi (91)

6 ay-2 yaş arası	1000ppm	Günde 2 kez	0.125 g	Sürüntü şeklinde ince bir tabaka
2-6 yaş arası	1000ppm	Günde 2 kez	0.25 g	Bezelye büyüklüğünde
6 yaş ve üzeri	1500ppm	Günde 2 kez	0.5-1 g	1-2 cm

Fırçalama davranışıyla ilgili iyi uygulama noktaları

Kesin kanıtlar yerine uzman görüşlerine ve fikir birliğine dayanan diş fırçalama davranışına ilişkin yaygın öneriler bulunmaktadır:

- Diş fırçalama okul öncesi çocuklarda da her diş yüzeyine ulaşacak şekilde yapılmalı ve fırçalama süresi 1 dakikayı geçmelidir.
- Çocuklar daha sonra bol su ile durulamaktan kaçınmalıdır.
- Çocukların dişleri, yumuşak manuel veya elektrikli diş fırçası kullanılarak fırçalanmalıdır.

(91)

Yüksek floridli diş macunu

1500 ppm'den fazla F içeren diş macunları birçok ülkede reçeteye satılmaktadır. 5000 ppm'e kadar F içeren diş macunları, öncelikle özel bakıma ihtiyacı olan hastalar, yüksek çürük riski olanlar ve sabit ortodontik apareylerle tedavi görenler için önerilmektedir. Bununla birlikte, üstün etkinliklerine dair kesin kanıtlar eksiktir (92).

Floridli jeller

Profesyonel kullanım; 5000–12.300 ppm F

- Jeli yutma tehlikesi nedeniyle risk/fayda oranı risk lehine olduğundan 6 yaşından küçük çocuklarda kullanılmamalıdır.
- Yılda 2-4 kez uygulanabilir.
- Uygulama esnasında hasta dik oturmalı ve yutkunmamalı, yutmayı en aza indirmek için tedavi sırasında aspirasyon cihazları kullanılmalıdır.
- Okullarda ihtiyaca göre, evde ise haftalık olarak uygulanabilir.
- Çocuğa uygulamadan sonra 20-30 dakika bir şey yememesi veya içmemesi önerilmektedir (91).

Floridli gargaralar

Evde veya okullarda kullanım; (a) günlük: %0,05 NaF (225 ppm F), (b) haftalık: %0,2 NaF (900 ppm F)

- 6 yaşından küçük çocuklarda risk/yarar oranı yutulması tehlikesi nedeniyle riskten yanadır.
- Denetimli kullanım (ebeveynler tarafından veya okulda) denetimsiz kullanımdan daha etkilidir.
- 10 ml solüsyon 1 dakika ağız çevresinde çalkalanır. Uygulamadan sonra 20-30 dakika çocuğa yemek yememesi ve içmemesi tavsiye edilmektedir (91).

Floridli vernikler

Profesyonel kullanım; tipik olarak 22.600 ppm F

- Hem süt hem de kalıcı dişlerde çürüklerin önlenmesi için kullanılmalıdır. Vernikler, okul öncesi dönemde kullanılabilecek tek yüksek floridli topikal ajanlardır.
- Yılda 2-4 kez kullanımı önerilmektedir.

- Plak birikintileri uygulamadan önce temizlenmelidir.
- Uygulama sonrası 20-30 dk yeme içme yapılmaması tavsiye edilmektedir (91).

2.3.5.2 Sistemik Florid Uygulamaları

Floridli süt

Sütlerin florlanması, özellikle çocuklar arasında diş çürüklerinin önlenmesinde başarılı olduğu bildirilmiştir ve dünyanın dört bir yanındaki ülkelerde okul sağlığı ve beslenme programlarıyla entegrasyona dayalı planlar geliştirilmiştir. Floridli süt çocuklar tarafından yalnızca okul günlerinde alınarak kontrollü kullanımı takip edilmektedir. Kişinin floridli su, tuz veya süt alması için herhangi bir çaba gerekmediğinden, bu yöntemler diş çürüğünü önlemede otomatik sistemler olarak belirlenmiştir. Halk diş sağlığı programlarında ilave florid sağlamak için bir araç olarak sütün kullanımı, yakın tarihli iki sistematik derlemede değerlendirilmiştir. Cagetti ve ark. (2013) 01.01.1966'dan 31.03.2011'e kadar literatürleri taramışlardır ve sadece ikisinin dâhil edilme kriterlerini karşılayan dokuz makale bulmuşlardır. Bu çalışmaların her ikisi de sütlerin florlanmasının süt dişleri üzerindeki çürük önleme etkisini araştırmıştır. İlk çalışmada, GRADE tavsiye gücü ŞARTLI her katılımcı 21 ay boyunca günde 200 ml floridli süt (litre başına 2,5 mg F-konsantrasyon) tüketmiştir. Deneysel periyodun sonunda, ortalama net çürük artışı, test grubu için 0,4 dmft ve kontrol grubu için 1,3 dmft idi (t testi, $p < 0,001$). İkinci çalışma okul öncesi çocuklarda çürük gelişimi üzerine floridli sütün etkisini değerlendirmiştir. Müdahale grubundaki çocuklar öğle yemeğinde litre başına 2,5 mg florür eklenmiş 150 ml süt alırken, kontrol grubu 21 ay boyunca standart süt almışlardır. Araştırmacılar, florid içeren günlük süt tüketiminin okul öncesi çocuklarda çürükleri %75 oranında önleyerek çürükleri azalttığı sonucuna varmışlardır. Diğer beş çalışmadan sadece biri sütlerin florlanmasının çürük önleyici etkisini gösterememiştir. Dört çalışma, floridli sütün hem süt hem sürekli dişlerde çürük insidansını azaltan yararlı bir etkiye sahip olduğunu ileri sürmüştür. Cagetti ve ark., floridli süt tüketiminin süt dişlerindeki çürükleri önlemede etkili bir

önlem olduğu, ancak floridli süt kullanımının çürük artışını azaltmada etkili olduğuna dair kanıtların düşük olduğu sonucuna varmıştır (93, 94, 95).

Floridli tuz

Geleneksel olarak tuzun florlanması, özellikle suların florlanmasının uygulanamadığı alanlarda çürükleri azaltmak için etkili bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Tuz florlanmasının klinik etkinliği üzerine iki sistematik inceleme yayınlanmıştır. Bunlardan birinde tuzları florlamanın çürük önlemede kullanımına ilişkin hiçbir makale dâhil edilme kriterlerini karşılamazken, diğerinde floridli tuzun diş çürüğünün azalmasına katkısı olduğu sonucuna varılmıştır. Çürük prevalansındaki artış net bir şekilde belirlenememiş ve daha yüksek kaliteli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (96).

Fabruccini ve ark., kesitsel bir ağız sağlığı araştırmasında, floridli suyun, gelişmekte olan ülkelerdeki okul çağı çocukları arasında floridli tuzdan daha iyi çürüklere karşı koruyucu bir etki sağladığı sonucuna varmıştır. Ancak, Jordan ve ark., florid kullanımının diğer kaynaklardan ihmal edilebilir düzeyde florid mevcudiyeti olan bir ortamda bir toplum beslenme programında tuzun kullanılması, önemli bir çürük önleyici etki ile sonuçlanmıştır (97, 98).

Florid tabletleri/pastilleri ve damlaları

Florid tabletleri/pastilleri ve damlaları ilk olarak suyun florlanmadığı alanlarda sistemik florid etki sağlamak için kullanılmaya başlanmıştır. Piyasaya sürüldüğü sırada, floridli diş macununun etkinliği henüz kesin olarak belirlenmemiştir. 1970'lerin ortalarından beri, etkili floridli diş macunları yaygın olarak bulunur hale gelmiştir. Bu yıllarda, floridlerin sürme sonrası etkilerinin, uygun şekilde kullanıldığında kişinin dişlerini sağlıklı tutacak kadar güçlü olduğu da kabul görmüştür. Bu bulgular, florid tabletlerini/pastillerini ve damlalarını daha az anlamlı çürük önleyici tedbirler olarak derecelendirmiştir. Ek olarak, bunları kullanırken,

ürünlerin ağız boşluğunda da topikal bir etki gösterecek kadar yeterli kalıcılığa sahip olmasına dikkat edilmelidir (91).

2009'da Avrupa Çocuk Diş Hekimleri Derneği (EAPD), eski dönemlerde iyi önerilerde bulunmak için kanıt eksikliği olduğunu bildirmişlerdir. EAPD ayrıca günde 0,07 mg/kg vücut ağırlığını aşmaması gereken günlük alınan toplam florid miktarının izlenmesini tavsiye etmiştir (91).

EAPD ve diğer çocuk diş hekimi derneklerinin önceki bildirilerinden bu yana, florid tabletlerinin/pastillerinin veya damlalarının etkisini inceleyen hiçbir yeni randomize kontrollü çalışma yayınlanmamıştır. İki sistematik inceleme, kalıcı dişlenme için bir etkisinin olabileceği, ancak süt dişlenme üzerindeki etki konusunda netlik olmadığı sonucuna varmıştır. Her iki sistematik derlemenin de topikal floridlerin yaygın olarak kullanılmadığı bir zamanda yürütülen ve EAPD'nin önceki bildirisi derlendiğinde de mevcut olan eski çalışmaları incelediği görülmüştür (99).

Floridli süt ve floridli tuz, çürük prevalansı yüksek olan ve suya florlama yapılmayan alanlarda floridli diş macunu ile diş fırçalama uyumu düşük olan hedef gruplarda toplum sağlığı programlarının bir parçası olabileceği belirtilmektedir. Florid tabletleri/pastilleri ve damlaları, çürük riski yüksek olan çocuklar için bireysel olarak düşünülebilir, ancak diş fırçalamanın kalitesini artırmak veya daha yüksek konsantrasyonda floridli diş macunu kullanmak ilk seçenek olabileceği bildirilmektedir (91).

Suların florlanması

21. yüzyılda diş çürüğü küresel bir sağlık sorunu olmaya devam etmektedir. Dünya çapında 573 milyon çocuğun süt dişlerinde tedavi edilmemiş diş çürüğü olduğu, kalıcı dişlerde ise tedavi edilmemiş çürüklerin 2,5 milyar kişiyi etkilediği tahmin edilmektedir. Topluluk suyunun florlanması (CWF), diş çürüğünün en iyi şekilde önlenmesini sağlamak için suda bulunan florid miktarını ayarlama işlemidir. CWF programlarında suyun florid konsantrasyonu tipik olarak 0,5 ila 1,1 mg/L aralığındadır (100).

CWF'nin en büyük avantajı, yaş, sosyo-ekonomik durum, eğitim, ağız hijyeni uygulamaları, istihdam veya rutin diş bakımına erişimden bağımsız olarak bir topluluktaki tüm sakinlere fayda sağlaması ve onu gerçekten adil bir halk sağlığı uygulaması haline getirmesidir. CWF aynı zamanda büyük bir popülasyona çürük önleme sağlamak için uygun maliyetli bir yöntem olduğu ve hizmet verilen toplum ne kadar büyükse, maliyet tasarrufunun da o kadar büyük olacağı belirtilmiştir. CWF'nin diş çürüklerini önlemedeki etkinliği, 20. yüzyılın ortalarından beri kapsamlı ve düzenli olarak araştırılmaktadır. Yakın tarihli bir Cochrane incelemesi, CWF'nin başlatılmasının, çocukların süt dişlenme döneminde %35 ve kalıcı dişlenme döneminde %26 oranında çürük seviyelerini azalttığını belirtmektedir. İnceleme ayrıca, CWF'nin, floridli su kullanımı olmayan çocuklara kıyasla, çürüksüz süt dişleri olan çocukların yüzdesinde %15'lik bir artışa ve çürüksüz sürekli dişleri olan çocukların yüzdesinde %14'lük bir artışa yol açtığını bildirmiştir. Araştırmacılar, dâhil edilen çalışmaların çoğu floridli diş macununun yaygın kullanımından önce yapıldığından, bu sonuçların mevcut yaşam tarzlarına uygulanabilirliğini sorgulamışlardır (101).

2.4 Araştırmanın Amacı

Florid salınımı yapan restoratif materyallerin florid salınımları ile ilgili diskler üzerinde birçok çalışma mevcut olup, diş üzerinde florid dışında diğer iyon salınımları ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır. Bu nedenle, bu uzmanlık tezi çalışmasında florid salınımı yapan çeşitli restoratif materyallerin süt dişlerine iyon salınımlarını in vitro olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın H_0 hipotezleri;

1. Kompozit materyallerinden florid salınımı en yüksektir.
2. En yüksek flor iyonunun salınımını 1.ay da gerçekleşmektedir.
3. Materyallerden flor, karbon, nikel, demir, stronsiyum, zirkonyum, kalsiyum, oksijen, baryum, fosfor, silisyum, alüminyum ve sodyum iyonları salınmamaktadır.
4. Zamana bağlı salınan iyonların yüzdelik değişimlerinde, en fazla değişim Cam iyonomer gruplarında olurken en az değişim ise kompozit gruplarında olmaktadır.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

"Florid Salınımı Yapan Farklı Restoratif Materyallerin Süt Dişlerine Etkilerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi"başlıklı uzmanlık tezi çalışması, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2022/25 dosya no, 17/05/2022 tarih ve 124 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuştur.

Bu çalışmanın deneyleri İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda ve İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nano ve Optoelektronik Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada İonofil U (GCİS), Dyract XP (KOMPOMER) EQUIA Fil (CAM HİBRİT), SDR Plus U (KOMPOZİT) ve Beautifil-Bulk (GIOMER) materyalleri kullanılmıştır. Materyallerin 1., 14., ve 35. günlerde süt dişlerindeki iyon salınım konsantrasyonları EDAX TEAM programında SEM cihazında değerlendirilmiştir. Kullanılan materyallere ait üretici firma bilgileri ve detaylar Tablo 3.1 ve Tablo 3.2 de gösterilmektedir.

Araştırmada kullanılan çürüksüz süt azı dişleri, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı tarafından fizyolojik rezorbsiyonla birlikte düşme yaşı gelmiş, periodontal veya ortodontik sebeplerle çekim endikasyonu konmuş, 8-13 yaş aralığında ve cinsiyet farketmeksizin araştırmaya katılmayı kabul etmiş kişilerden elde edilmiştir.

3.1 Örneklem Hesaplaması

%95 güven (1- α), %95 test gücü (1- β), f=0,8 etki büyüklüğü ile her bir grupta minimum 5 olmak üzere toplamda 75 örnek çalışmaya dâhil edilmesi gerektiği power analizi sonucuna göre belirlenmiştir [1].

G*Power Protokolü

F tests - ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input: Effect size $f = 0.8$

α err prob = 0.05

Power ($1-\beta$ err prob) = 0.95

Number of groups = 5

Output: Noncentrality parameter $\lambda = 35.2000000$

Critical F = 2.0539010

Numerator df = 10

Denominator df = 44

Total sample size = 75

Actual power = 0.9789976

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan florid içerikli restoratif materyaller

Ürünün Adı	Ürünün Türü	Üretici Firma	Ürünün İçeriği
İonofil U	Geleneksel Cam İyonomer Siman	VOCO, Cuxhaven, Almanya	Alüminyum florosilikat cam, poliakrilik asit, su
EQUIA Fill	Yüksek Vizkoziteli Cam İyonomer Siman	GC, Tokyo, Japonya	Floroaluminosilikat cam, distile su, poliakrilik asit
Beautifil-Bulk	Giomer	SHOFU Inc., Kyoto, Japonya	Bis-GMA (bisfenol A glisidil eter dimetakrilat), TEGDMA (triethilen glikol dimetakrilat), Aluminofloroborosilikat cam, Kamforokinon
Dyract XP	Kompomer	Dentsply (Konstanz, Almanya)	UDMA, TEG-DMA, TCB rezin, TMPTMA, Dimetakrilat rezinler, Etil-4 (dimetillamino) benzoat, BHT, Stronsiyum-alumino-sodyum-floro-fosfor- silikat cam, Silikon dioksit, Stronsiyum florür, Katalizörler, Stabilizatörler, Pigmentler
SDR Plus U	Bulk Akışkan Kompozit	Dentsply (Konstanz, Almanya)	bairum-alumino-fluoro-borosilikat cam, stronsiyum alumino-fluoro-silikat cam, itterbiyum triflorür cam, silikon dioksit, modifiye üretan dimetakrilat rezin, polimerize edilebilir dimetakrilat rezin, polimerize edilebilir trimetakrilat rezin, trietilenglikol dimetakrilat, kamforkinon fotobaşlatıcı, fotohızlandırıcı, bütillenmiş hidroksil toluen, uv stabilizatör, titanyum dioksit

Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan cihazlar ve dental malzemeler

CİHAZLAR	MARKA
Alüminyum Oksit Sof-lex Diskler	3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika
12 Bıçaklı Tungsten Karbid Frez	ELA, Almanya
ETÜV	Termal Laboratuvar Aletleri, Türkiye
Kompomer tabancası	Dentsply (Konstanz, Almanya)
Kapsül tabancası	GC Dental, Vianen, Hollanda
G-Premio BOND	GC Tokyo, Japonya
EDS	EDAX TEAM
SEM	Field Electron and Ion (FEI), Amerika
İSOMET KESME CİHAZI	BUEHLER, Amerika
Deiyonize Su	İst. Üni. Diş. Hek. Fak. Araştırma Laboratuvarı
I led Işık cihazı	Woodpecker, Çin
Aeratör	NSK, Japonya
Angldurva	NSK, Japonya
Mikromotor	NSK, Japonya
Amalgamatör	Ardadent, Türkiye

3.2 Kavite Hazırlığı

Dişlerde kavite hazırlığı tek bir araştırmacı tarafından aynı gün içerisinde tamamlanmıştır. İyon salınımının değerlendirilmesinde kullanılan dişlerde, kavite hazırlığı olarak 5 mm x 3 mm x 2 mm ölçülerindeki Sınıf I kaviteler elmas rond frezlerle (012) gerçekleştirilmiştir.

3.3 Çalışmada Kullanılan Florid Salınımı Yapan Restoratif Materyallerin Hazırlanması

İonofil U (Şekil 3.1): Toz ve likitten meydana gelen restoratif bir materyaldir. Toz likit oranı materyal hazırlanırken üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde 4,75 g toz ve 1 g likit olmak üzere hazırlanılmıştır. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, toz şişesi kullanılmadan önce iyice çalkalanmış ve likit damlatılırken şişenin cama tamamen dik olmasına dikkat edilmiştir. Oda sıcaklığında, sert bir spatül yardımıyla, başlangıçta az miktarlarda, sonra artan miktarlarda tozdan likide doğru dairesel hareketlerle 45 saniye boyunca toz likide karıştırılarak materyal hazırlanmıştır. Restoratif materyaller ağız spatülü yardımı ile önceden hazırlanmış çekilmiş süt dişlerinin oklüzal kavitelerine (Şekil 3.2) uygulanmıştır. Materyalin siman fulvarı yardımı ile adaptasyonu sağlanmıştır. İonofil U'nun polimerizasyonunun tamamlanması için standart süre olarak onaylanan 15 dakika boyunca materyaller oda sıcaklığında bekletilmiştir.



Şekil 3.1: Geleneksel Cam İyonomer Siman – Ionofil U



Şekil 3.2: Çekilmiş süt dişlerinin kavitelerinin hazırlığı

EQUIA Fil (Şekil 3.3): Equai Fil, 0,40 g/0,13 g toz likit oranına sahip olan kapsül formunda Yüksek Vizkoziteli Cam İyonomer Simandır. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, kapsülü kullanıma hazır duruma getirmeden önce, toza akışkanlık kazandırmak amacıyla kapsüle horizontal hareket yaptırılmış ve sert bir yüzeye hafif bir şekilde vurulmuştur. Kapsülün alt kısmı gövdesine kadar itilmiş ve kapsül tabancasına yerleştirilmiştir. Daha sonra kapsül, bir amalgamatör cihazı yardımıyla 10 saniye karıştırılmıştır (Şekil 3.4). Kapsül karıştırıcıdan çıkarılarak, kapsül tabancasına takılmıştır (Şekil 3.3). Materyal hazırlanmış olan çekilmiş süt dişi oklüzal kavitesine enjekte edilmiştir ve siman fulvarı yardımı ile adaptasyonu

sağlanmıştır. EQUIA Fil'in polimerizasyonunun tamamlanması için, üretici firmanın önerileri doğrultusunda 2 dakika 30 saniye boyunca materyaller oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından örnekler üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde Woodpecker i Led ışık cihazı ile 20 saniye boyunca polimerize edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.3: Cam Hibrit Cam İyonomer Siman – EQUIA Fil ve Kapsül Tabanca



Şekil 3.4: Amalgamatör Cihazı



Şekil 3.5: Woodpecker i-Led ışıık cihazı

Beautifil-Bulk (Şekil 3.6): Giomer, ışııkla sertleşen, anti-plak etkisi ile üstün estetik özellikler sağlamak için S-PRG teknolojisi kullanılarak geliştirilen ve florid salabilme özelliğine sahip olan estetik restoratif materyaldir. Giomer, zamanla farklılaşmayan ideal bir yüzey parlaklığına sahiptir. %83,3 oranında doldurucu madde içermektedir. Bu sayede, giomer restoratif materyaline hızlı ve kolay polisaj yapılabilir. Restoratif materyaller önceden hazırlanmış çekilmiş süt dişi oklüzal kavitetlerine, adeziv sistemler uygulandıktan sonra uygulanmıştır. Materyalin polimerizasyonu, Woodpecker i-Led ışıık cihazı yardımıyla 20 saniye ışıık uygulanarak sağlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.6: Giomer- Beautifil-Bulk

Dyract XP (Şekil 3.7): Dyract Xp ışıkla sertleşen poliasit modifiye kompozit rezinlerdendir. İlk olarak, çekilmiş süt dişi oklüzal kavitetlerine adeziv sistemler uygulanmıştır. Daha sonra kompomer, kompomer tabancasına yerleştirilerek inkremental teknik kullanılarak 1,5 mm'lik homojen boşluksuz tabakalar halinde yerleştirilmiştir. Her bir tabaka 20'şer saniye ışıklanarak polimerize edilmiştir. Materyalin polimerizasyonu, Woodpecker i-Led ışık cihazı yardımıyla sağlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.7: Kompomer– Dyract XP

SDR Plus U (Şekil 3.8): SDR, ışıkla sertleşen, florid salabilme özelliğine sahip olan akışkan bulk restoratif materyaldir. İlk olarak, çekilmiş süt dişi oklüzal kavitelerine adeziv sistemler uygulanmıştır. Daha sonra SDR restoratif materyali kompomer tabancasına yerleştirilerek kaviteye uygulanmıştır. Materyalin polimerizasyonu, Woodpecker i-Led ışık cihazı yardımıyla 20 saniye ışık uygulanarak sağlanmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8: Kompozit– SDR Plus U

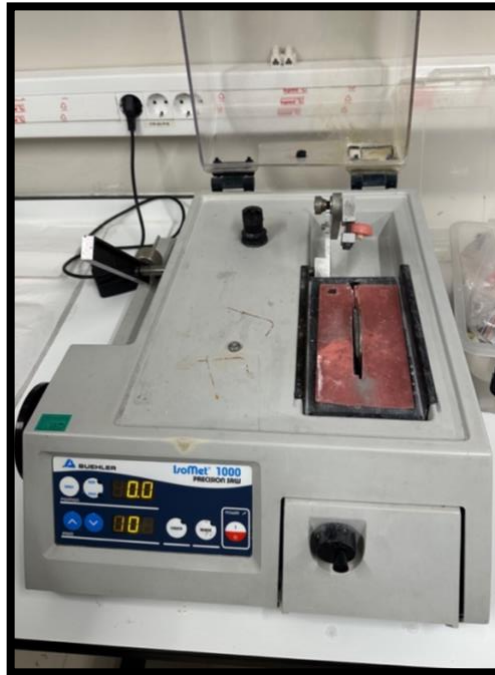
3.4 Örneklere Bitirme Polisaj İşlemlerinin Uygulanması

Örnekler hazırlandıktan sonra, 24 saat boyunca 37°C’ da ETÜV’de bekletilmiştir. Ağız içi ortamı daha iyi taklit edebilmek için tüm gruplara aeratör ile 12 bıçaklı tungsten karbid frez kullanılarak bitirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra, alüminyum oksit kaplı sof-lex diskler (Şekil 3.9) kullanılarak örneklere polisaj işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3.9: 3M Sof-Lex Diskler

75 adet çürüksüz süt azı dişi, okluzal yüzeyleri açıkta kalacak şekilde plastik kalıplarda hazırlanmış akrilik bloklar içerisine gömülerek, Isomet® 1000 (Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) cihazıyla (Şekil 3.10) su soğutması altında düşük hızda dönen elmas separasyon diskleri (4 x .012 x ½ METKOM) ile dikey yönde uzunlamasına ikiye ayrılmıştır.



Şekil 3.10: Buehler'in Isomet kesme cihazı

Restoratif materyallerin polimerize edilmesi sırasında; örnekler ışık cihazının ucu restoratif materyallerin yüzeyi ile 90° açı yapacak şekilde polimerizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler hazırlandıktan sonra, 24 saat boyunca 37°C’de ETÜV’ de bekletilmiştir. Daha sonra, örnekler 12 bıçaklı tungsten karbid frezler kullanılarak bitirme işlemi ve alüminyum oksit kaplı aşındırıcı sof-lex diskler kullanılarak polisaj işlemi uygulanmıştır. Bitirme polisaj işlemlerini takiben örnekler, 5 ml deiyonize su ile dolu olan kaplara aktararak 37°C’e ayarlanmış etüve yerleştirilmiştir (Şekil 3.12)



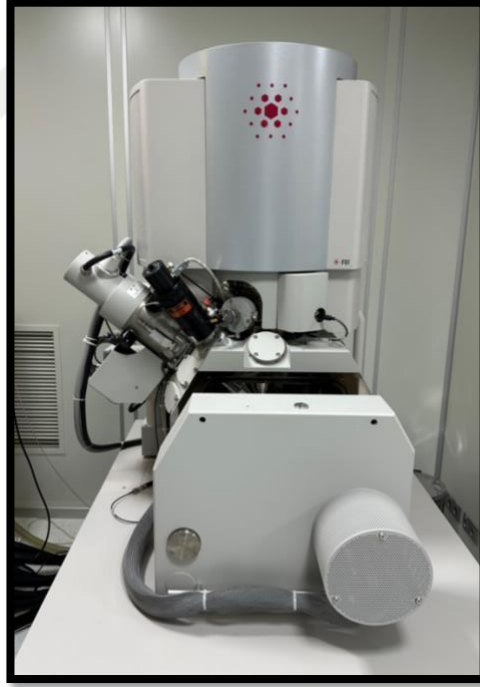
Şekil 3.11: Deiyonize su içerisine konulmuş örnekler



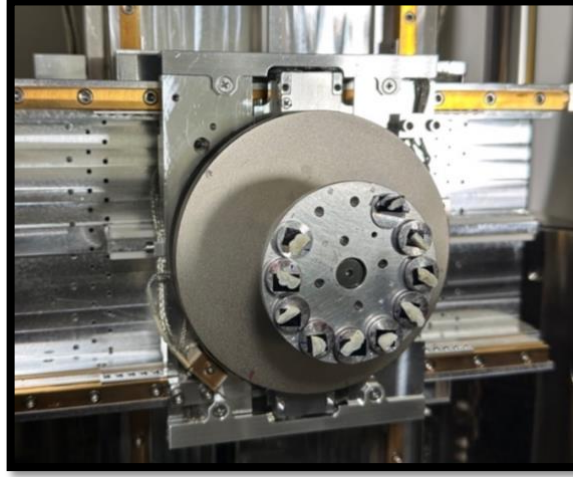
Şekil 3.12: ETÜV cihazı

3.5 SEM-EDS Cihazı ile İyon Salınımının Değerlendirilmesi

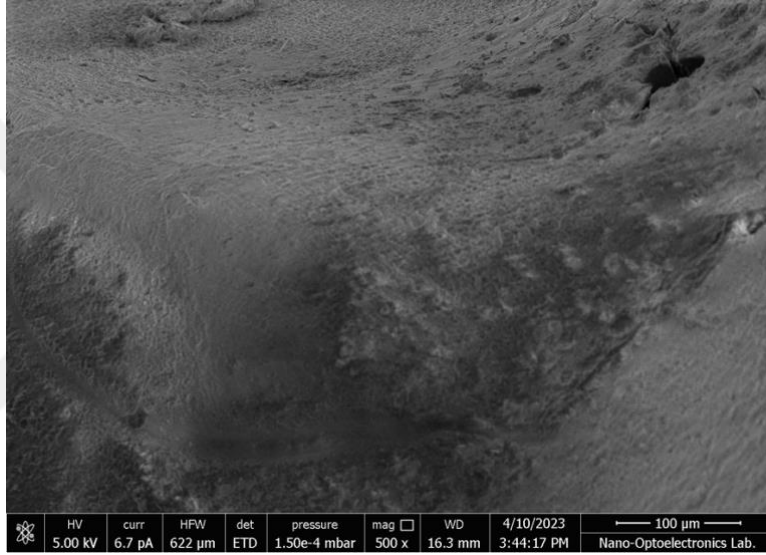
İyon salınımının değerlendirilmesinde tüm numuneler, 1., 14., ve 35. günlerde EDS (Enerji Dispersiv Spektrum) kullanılarak SEM (Scanning Electron Microscope) altında süt dişine salınan iyonlar açısından değerlendirme yapılmıştır (Şekil 3.13 ve 3.14). Her grupta iyonları içeren noktaları seçmek için rastgele seçim yapıp, her iyonun en fazla salınımı gerçekleşen noktası belirlenmiştir. EDAX TEAM programı kullanılarak 500X, 1000X ve 2000X büyütme kullanılarak görüntüler alınmıştır (Şeki 3.15, 3.16 ve 3.17). EDS analizi sonucunda her numunede salınabilen sodyum, potasyum, flor, titanyum, stronsiyum, baryum, zirkonyum, alüminyum gibi iyonların değerleri belirlenmiştir.



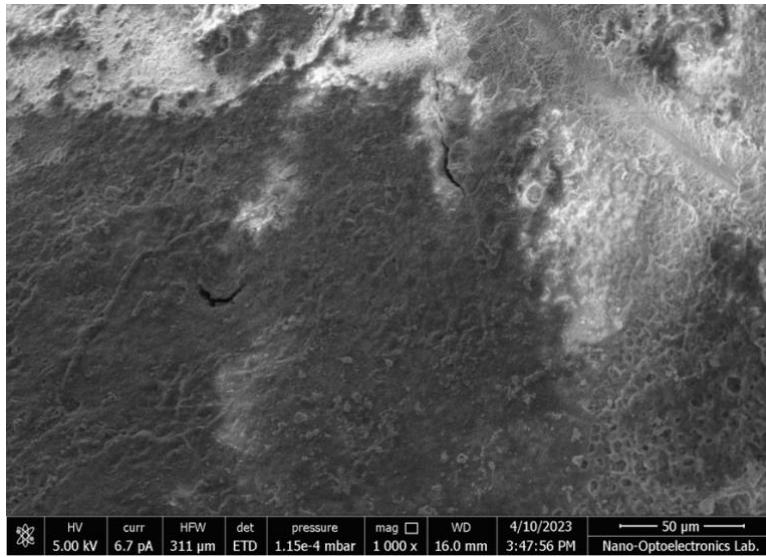
Şekil 3.13: SEM cihazı



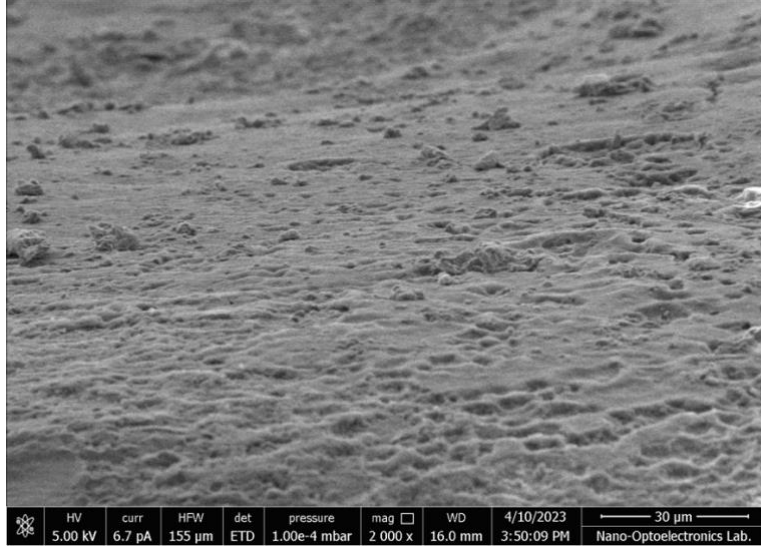
Şekil 3.14: Örneklerin SEM cihazına yerleştirilmiş görüntüsü



Şekil 3.15: Örneklerin SEM cihazında 500x büyütmede görüntüsü



Şekil 3.16: Örneklerin SEM cihazında 1000x büyütmede görüntüsü



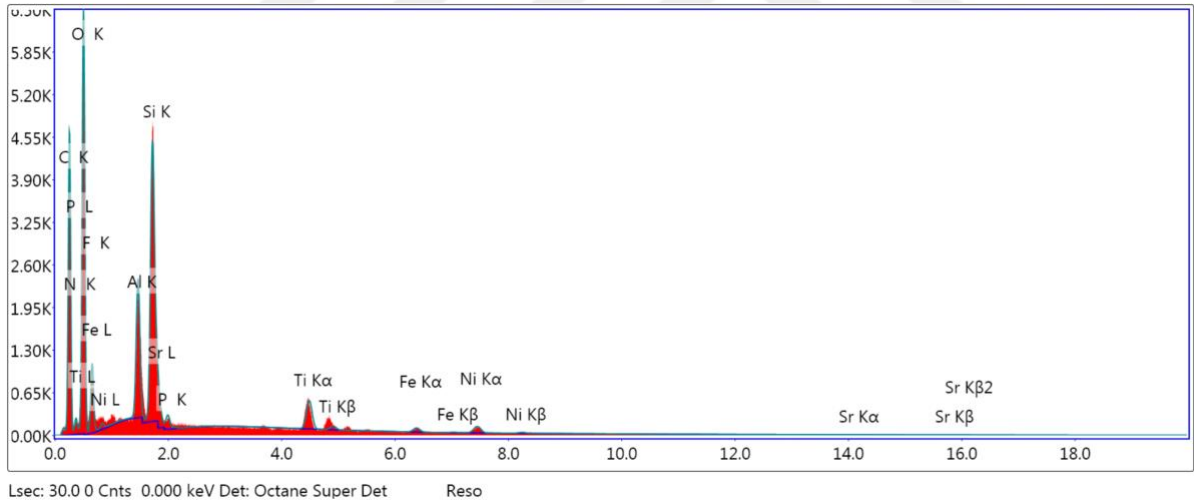
Şekil 3.17: Örneklerin SEM cihazında 2000x büyütmede görüntüsü

3.6 İstatistiksel Analiz

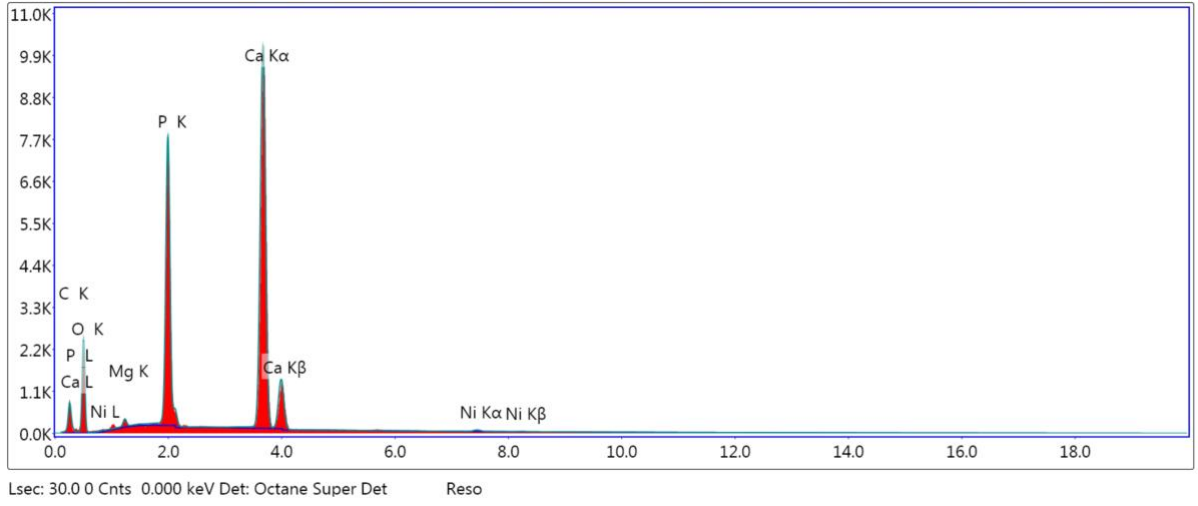
Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Grup içi zamana göre normal dağılan iyon salınım değerlerinin karşılaştırılmasında Tekrarlı varyans analizi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Bonferroni testi ile incelendi. Grup içi zamana göre normal dağılmayan iyon salınım değerlerinin karşılaştırılmasında Friedman testi ve çoklu karşılaştırmalarda Dunn testi kullanıldı. Gruplara göre normal dağılan verilerin karşılaştırılmasında Tek yönlü varyans analizi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Tukey HSD ve Tamhane's T2 testleri ile incelendi. Gruplara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanıldı. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama $\pm$ s. sapma ve ortanca (minimum – maksimum) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,050$ olarak alındı.

4.BULGULAR

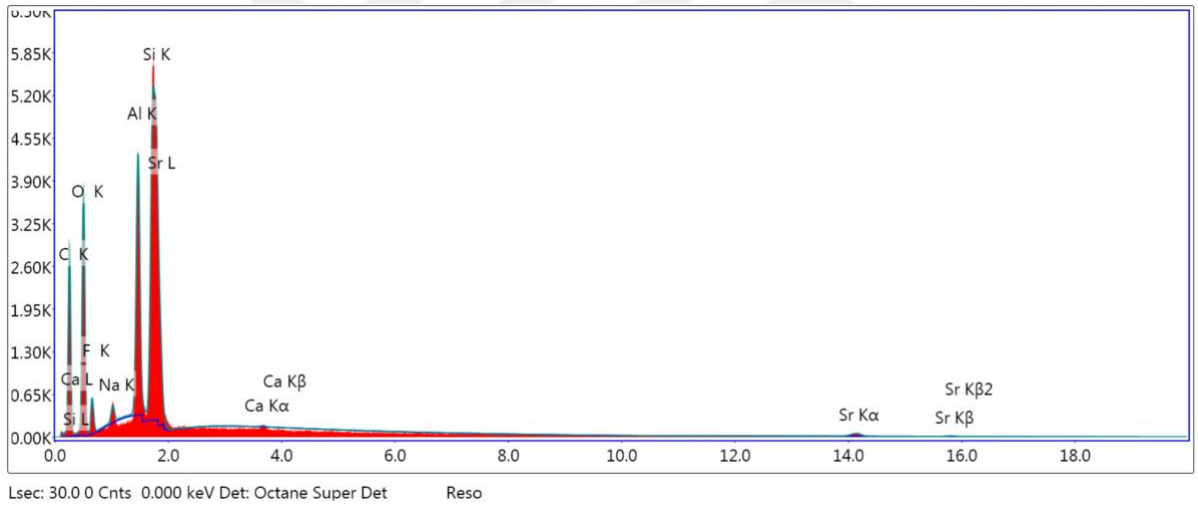
Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde flor iyonu salınımının 1. gün ortalaması 17,41; 14. gün ortalaması 10,14; 35. gün ortalaması 1,25 bulundu. Dyract XP ile restore edilen dişlerde flor iyonu salınımının 1. gün ortalaması 18,94; 14. gün ortalaması 9,95; 35. gün ortalaması 2,47 olarak bulundu. SDR Plus ile restore edilen dişlerde flor iyonu salınımının 1. gün ortalaması 15,49; 14. gün ortalaması 8,29; 35. gün ortalaması 0,19 bulundu. EQUİA Fill ile restore edilen dişlerde flor iyonu salınımının 1. gün ortalaması 21,21; 14. gün ortalaması 13,57; 35. gün ortalaması 4,56 olarak bulundu. İonofil ile restore edilen dişlerde flor iyonu salınımının 1. gün ortalaması 25,07; 14. gün ortalaması 14,73; 35. gün ortalaması 3,59 olarak elde edilmiştir. Flor iyonu ve diğer iyonlara ait tanımlayıcı bulgular Tablo 4.1'de detaylı olarak sunulmuştur (Şekil 4.1,4.2,4.3,4.4, 4.5).



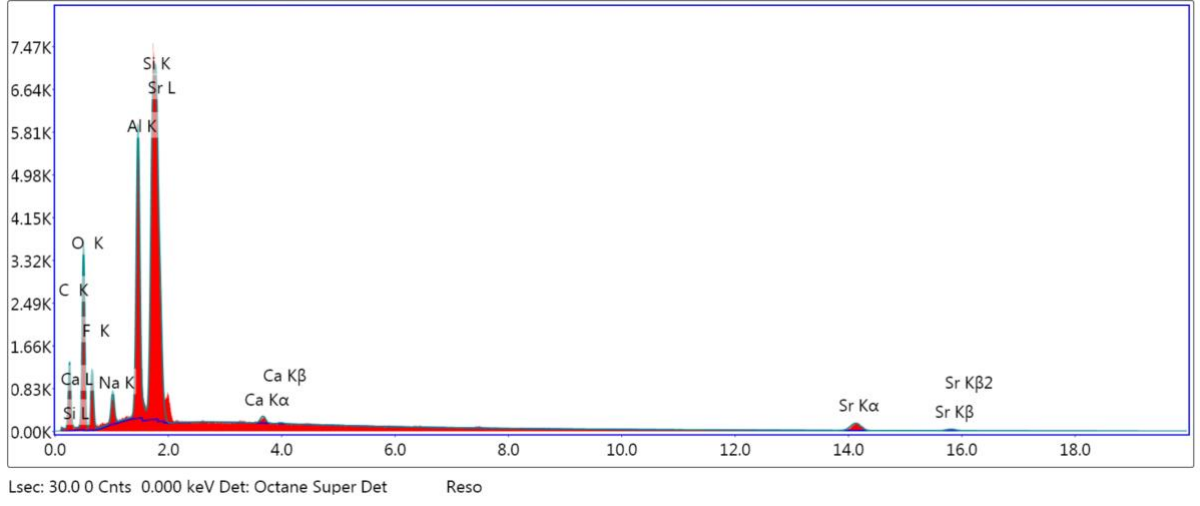
Şekil 4.1: 1. Gün EQUİA fill materyalinin EDS sonucu



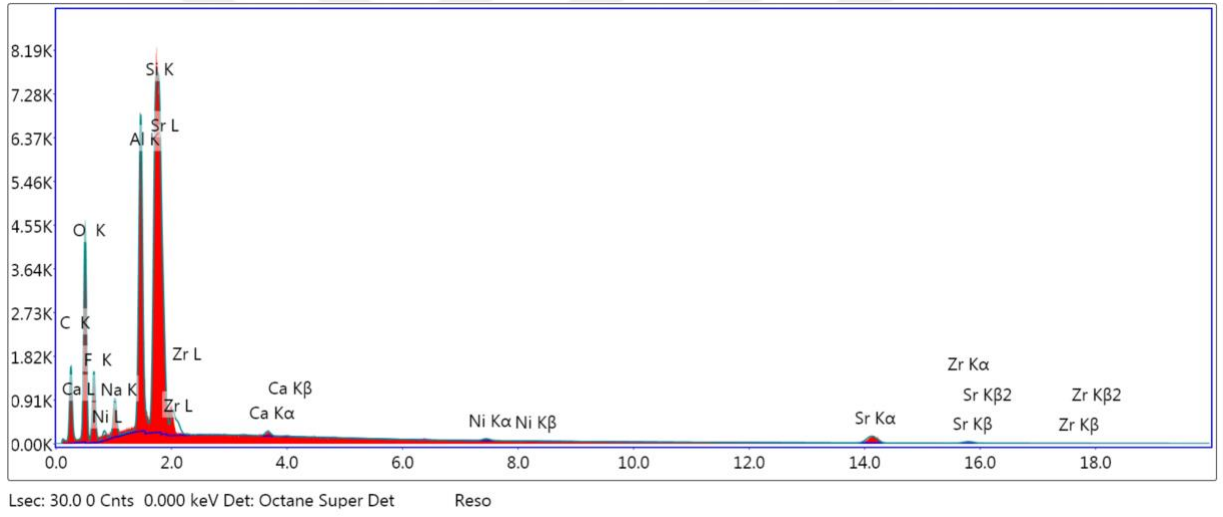
Şekil 4.2: 1. Gün SDR plus materyalinin EDS sonucu



Şekil 4.3: 1. Gün Dyract Xp materyalinin EDS sonucu



Şekil 4.4: 1. Gün Beautiful bulk materyalinin EDS sonucu



Şekil 4.5: 1. Gün İonofil materyalinin EDS sonucu

Tablo 4.1 İyonlara ait tanımlayıcı bulgular

	İONOFİL		BEAUTİFİL BULK		DYRACT XP		SDR PLUS		EQUİA FİLL	
	Ortalama ± s. sapma	Ortanca (min. - maks.)	Ortalama ±s. sapma	Ortanca (min. - maks.)	Ortalama± s. sapma	Ortanca (min. - maks.)	Ortalama± s. sapma	Ortanca (min. - maks.)	Ortalama± s. Sapma	Ortanca (min. - maks.)
Karbon 1. gün	---	---	37,8±3,37	38,48 (33,32 - 41,23)	38,28±2,7	38,13 (34,12 - 41,13)	40,73±2,6	40,01 (38,20 - 44,54)	37,5±2,20	37,59 (35,12 - 39,85)
Karbon 14. gün	---	---	41,06±2,5	40,54 (38,20 - 44,64)	41,45±3,1	41,52 (38,20 - 45,64)	40,95±3,3	39,02 (38,00 - 45,64)	41,77±3,0	42,57 (38,54 - 45,64)
Karbon 35. gün	---	---	34,99±5,4	37,54 (28,22 - 39,54)	26,52±5,8	25,42 (20,00 - 33,51)	20,79±3,5	21,58 (16,20 - 24,51)	28,66±3,0	30,11 (24,00 - 31,51)
Oksijen 1. gün	42,04±3,6	41,30 (38,50 - 47,50)	34,33±3,1	34,54 (31,20 - 38,60)	34,83±2,3	35,64 (32,23 - 37,25)	36,68±2,4	36,66 (34,12 - 39,65)	39,08±2,4	38,88 (36,22 - 42,54)
Oksijen 14. gün	36,47±2,5	35,35 (34,20 - 39,85)	34,1±4,14	32,12 (30,20 - 39,51)	33,24±2,7	32,91 (30,10 - 36,51)	33,08±3,6	31,23 (30,00 - 37,51)	33,76±3,4	34,43 (30,16 - 37,51)
Oksijen 35. gün	26,92±5,8	27,43 (20,00 - 33,51)	31,67±5,2	30,94 (26,22 - 37,51)	20,18±2,5	20,54 (17,20 - 23,51)	25,96±5,0	25,62 (20,00 - 31,51)	25,96±4,6	25,62 (20,00 - 31,51)
Flor 1. gün	25,07±2,6	25,21 (21,53 - 28,52)	17,41±2,0	17,12 (15,51 - 20,43)	18,94±1,7	18,65 (17,42 - 21,58)	15,49±1,9	15,45 (13,26 - 18,32)	21,21±2,8	20,90 (18,53 - 25,52)
Flor 14. gün	14,73±1,4	14,79 (13,23 - 16,75)	10,14±0,8	9,90 (9,32 - 11,45)	9,95±1,14	9,45 (8,99 - 11,54)	8,29±0,26	8,20 (8,00 - 8,63)	13,57±0,7	13,65 (12,76 - 14,56)
Flor 35. gün	3,59±0,49	3,81 (3,01 - 4,03)	1,25±0,19	1,20 (1,04 - 1,48)	2,47±0,18	2,54 (2,21 - 2,65)	0,19±0,05	0,20 (0,12 - 0,24)	4,56±0,35	4,50 (4,22 - 4,96)
Sodyum 1. gün	3,77±0,80	3,30 (3,10 - 4,75)	1,78±0,10	1,81 (1,60 - 1,85)	1,61±0,14	1,66 (1,43 - 1,75)	0,81±0,07	0,80 (0,70 - 0,88)	1,07±0,34	1,04 (0,75 - 1,57)
Sodyum 14. gün	2,17±0,67	2,04 (1,51 - 3,10)	2,05±0,64	1,73 (1,54 - 3,10)	1,5±0,46	1,30 (1,04 - 2,10)	0,41±0,19	0,50 (0,18 - 0,59)	0,91±0,47	0,65 (0,51 - 1,59)
Sodyum 35. gün	0,95±0,46	0,82 (0,51 - 1,59)	0,94±0,46	0,78 (0,51 - 1,59)	0,95±0,46	0,85 (0,51 - 1,59)	0,07±0,05	0,05 (0,03 - 0,13)	0,72±0,33	0,55 (0,41 - 1,12)
Alüminyum 1. gün	9,64±2,15	10,90 (7,10 - 11,50)	5,61±0,66	5,84 (4,43 - 6,02)	3,53±0,40	3,38 (3,15 - 4,11)	1,86±0,10	1,85 (1,75 - 1,97)	2,24±0,78	2,02 (1,21 - 3,05)
Alüminyum 14. gün	5,27±0,98	5,32 (4,13 - 6,50)	5,21±0,92	5,21 (4,14 - 6,40)	3,43±0,34	3,29 (3,11 - 3,95)	1,6±0,46	1,80 (1,04 - 2,10)	1,54±0,46	1,50 (1,01 - 2,10)
Alüminyum 35. gün	1,15±0,56	1,43 (0,51 - 1,69)	3,54±0,47	3,57 (3,01 - 4,03)	1,37±0,47	1,43 (0,81 - 1,89)	0,97±0,49	1,10 (0,41 - 1,52)	1,17±0,34	1,10 (0,81 - 1,62)
Silisyum 1. gün	11,62±2,8	10,30 (9,10 - 15,60)	5,91±1,17	5,90 (4,50 - 7,50)	3,37±0,58	3,08 (2,91 - 4,31)	3,55±0,41	3,50 (3,11 - 3,99)	3,45±0,33	3,39 (3,11 - 3,95)
Silisyum 14. gün	4,25±1,11	4,40 (2,59 - 5,50)	4,35±0,90	4,21 (3,13 - 5,51)	3,37±0,76	2,97 (2,77 - 4,59)	2,48±0,72	2,52 (1,77 - 3,59)	2,4±0,74	2,13 (1,77 - 3,59)
Silisyum 35. gün	2,41±0,74	2,20 (1,74 - 3,59)	3,55±0,48	3,53 (3,01 - 4,12)	2,5±0,49	2,28 (2,01 - 3,12)	2,05±0,97	2,03 (1,01 - 3,12)	1,43±0,49	1,72 (0,81 - 1,89)
Stronsiyum 1. gün	7,14±0,56	7,26 (6,23 - 7,77)	3,52±0,37	3,53 (3,11 - 4,01)	1,68±0,55	1,44 (1,15 - 2,45)	---	---	---	---
Stronsiyum 14. gün	2,91±0,42	2,99 (2,21 - 3,25)	3,35±0,72	3,02 (2,73 - 4,50)	1,06±0,36	1,01 (0,71 - 1,59)	---	---	---	---
Stronsiyum 35. gün	2,3±0,62	2,01 (1,71 - 3,19)	1,41±0,48	1,65 (0,81 - 1,89)	0,91±0,48	0,63 (0,51 - 1,59)	---	---	---	---
Fosfor 1. gün	1,89±1,00	1,41 (1,12 - 3,45)	---	---	0,35±0,10	0,38 (0,23 - 0,45)	0,27±0,07	0,24 (0,19 - 0,35)	0,3±0,14	0,28 (0,15 - 0,45)
Fosfor 14. gün	0,74±0,34	0,72 (0,32 - 1,19)	---	---	0,15±0,07	0,13 (0,07 - 0,23)	0,17±0,06	0,21 (0,09 - 0,23)	0,07±0,06	0,06 (0,01 - 0,13)
Fosfor 35. gün	0,14±0,07	0,10 (0,08 - 0,23)	---	---	0,81±0,46	0,60 (0,41 - 1,52)	0,5±0,53	0,12 (0,10 - 1,12)	0,12±0,09	0,09 (0,01 - 0,23)
Zirkonyum 1. gün	0,32±0,16	0,27 (0,14 - 0,54)	0,31±0,04	0,33 (0,25 - 0,35)	---	---	---	---	---	---
Zirkonyum 14. gün	0,3±0,16	0,24 (0,12 - 0,49)	0,35±0,19	0,24 (0,18 - 0,59)	---	---	---	---	---	---
Zirkonyum 35. gün	0,16±0,10	0,16 (0,04 - 0,29)	0,17±0,10	0,21 (0,04 - 0,29)	---	---	---	---	---	---
Kalsiyum 1. gün	0,22±0,20	0,18 (0,02 - 0,56)	0,09±0,04	0,08 (0,03 - 0,13)	0,24±0,08	0,21 (0,15 - 0,33)	0,17±0,07	0,15 (0,10 - 0,27)	0,18±0,05	0,17 (0,13 - 0,26)
Kalsiyum 14. gün	0,08±0,05	0,07 (0,04 - 0,14)	0,15±0,07	0,12 (0,07 - 0,23)	0,12±0,10	0,06 (0,04 - 0,23)	0,16±0,07	0,14 (0,07 - 0,23)	0,07±0,05	0,05 (0,03 - 0,13)
Kalsiyum 35. gün	0,07±0,05	0,04 (0,03 - 0,13)	0,06±0,06	0,03 (0,02 - 0,13)	0,07±0,05	0,04 (0,03 - 0,13)	0,12±0,09	0,09 (0,01 - 0,23)	0,06±0,06	0,02 (0,01 - 0,13)
Baryum 1. gün	---	---	---	---	---	---	0,38±0,06	0,40 (0,30 - 0,45)	0,32±0,15	0,33 (0,12 - 0,49)
Baryum 14. gün	---	---	---	---	---	---	0,16±0,08	0,14 (0,06 - 0,27)	0,22±0,13	0,21 (0,06 - 0,37)
Baryum 35. gün	---	---	---	---	---	---	0±0,00	0,00 (0,00 - 0,00)	0,14±0,07	0,13 (0,07 - 0,23)
Nikel 1. gün	---	---	---	---	---	---	0,16±0,05	0,14 (0,11 - 0,23)	0,13±0,06	0,10 (0,09 - 0,23)

Nikel 14. gün	---	---	---	---	---	---	0,06±0,06	0,03 (0,01 - 0,13)	0,14±0,08	0,10 (0,04 - 0,23)
Nikel 35. gün	---	---	---	---	---	---	0±0,00	0,00 (0,00 - 0,00)	0±0,00	0,00 (0,00 - 0,00)
Demir 1. gün	---	---	---	---	---	---	---	---	0,08±0,05	0,06 (0,03 - 0,13)
Demir 14. gün	---	---	---	---	---	---	---	---	0,09±0,06	0,06 (0,03 - 0,16)
Demir 35. gün	---	---	---	---	---	---	---	---	0±0,00	0,00 (0,00 - 0,00)

Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan karbon iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,017$). 1. gün ortalaması 37,80; 14. gün ortalaması 41,06 ve 35. gün ortalaması 34,99 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 14. gün ile 1. gün ve 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan karbon iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 38,28; 14. gün ortalaması 41,45 ve 35. gün ortalaması 26,52 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan karbon iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 40,73; 14. gün ortalaması 40,95 ve 35. gün ortalaması 20,79 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan karbon iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 37,50; 14. gün ortalaması 41,77 ve 35. gün ortalaması 28,66 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. (Tablo 4.2)

Tablo 4.2 Gruplar içi zamana göre Karbon değerlerinin karşılaştırılması

	Karbon 1. gün	Karbon 14. gün	Karbon 35. gün	p*
BEAUTİFİL BULK	37,80±3,37 ^b	41,06±2,51 ^a	34,99±5,40 ^b	0,017
DYRACT XP	38,28±2,78 ^a	41,45±3,17 ^b	26,52±5,84 ^c	<0,001
SDR PLUS	40,73±2,68 ^a	40,95±3,36 ^a	20,79±3,53 ^b	<0,001
EQUIA FİLL	37,50±2,20 ^a	41,77±3,07 ^b	28,66±3,06 ^c	<0,001

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Oksijen iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 42,04; 14. gün ortalaması 36,47 ve 35. gün ortalaması 26,92 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Oksijen iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p=0,072$). 1. gün ortalaması 34,33; 14. gün ortalaması 34,10 ve 35. gün ortalaması 31,67 olarak elde edilmiştir. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Oksijen iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 34,83; 14. gün ortalaması 33,24 ve 35. gün ortalaması 20,18 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Oksijen iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 36,68; 14. gün ortalaması 33,08 ve 35. gün ortalaması 25,96 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Oksijen iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 39,08; 14. gün ortalaması 33,76 ve 35. gün ortalaması 25,96 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. (Tablo 4.3)

Tablo 4.3 Gruplar içi zamana göre Oksijen değerlerinin karşılaştırılması

	Oksijen 1. gün	Oksijen 14. gün	Oksijen 35. gün	p*
İONOFİL	42,04±3,63 ^a	36,47±2,55 ^b	26,92±5,81 ^c	<0,001
BEAUTİFİL BULK	34,33±3,12	34,10±4,14	31,67±5,20	0,072
DYRACT XP	34,83±2,35 ^a	33,24±2,74 ^a	20,18±2,55 ^b	<0,001
SDR PLUS	36,68±2,43 ^a	33,08±3,63 ^b	25,96±5,04 ^c	<0,001
EQUIA FİLL	39,08±2,48 ^a	33,76±3,45 ^b	25,96±4,66 ^c	<0,001

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Flor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 25,07; 14. gün ortalaması 14,73 ve 35. gün ortalaması 3,59 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Flor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 17,41; 14. gün ortalaması 10,14 ve 35. gün ortalaması 1,25 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Flor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 18,94; 14. gün ortalaması 9,95 ve 35. gün ortalaması 2,47 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Flor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 15,49; 14. gün ortalaması 8,29 ve 35. gün ortalaması 0,19 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Flor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 21,21; 14. gün ortalaması 13,57 ve 35. gün ortalaması 4,56 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. (Tablo 4.4)

Tablo 4.4 Gruplar içi zamana göre Flor değerlerinin karşılaştırılması

	Flor 1. gün	Flor 14. gün	Flor 35. gün	p*
İONOFİL	25,07±2,64 ^a	14,73±1,45 ^b	3,59±0,49 ^c	<0,001
BEAUTİFİL BULK	17,41±2,08 ^a	10,14±0,88 ^b	1,25±0,19 ^c	<0,001
DYRACT XP	18,94±1,72 ^a	9,95±1,14 ^b	2,47±0,18 ^c	<0,001
SDR PLUS	15,49±1,92 ^a	8,29±0,26 ^b	0,19±0,05 ^c	<0,001
EQUIA FİLL	21,21±2,88 ^a	13,57±0,76 ^b	4,56±0,35 ^c	<0,001

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Sodyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,77; 14. gün ortalaması 2,17 ve 35. gün ortalaması 0,95 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Sodyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p=0,022$). 1. gün ortancası 1,81; 14. gün ortancası 1,73 ve 35. gün ortancası 0,78 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Sodyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p=0,002$). 1. gün ortalaması 1,61; 14. gün ortalaması 1,50 ve 35. gün ortalaması 0,95 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Sodyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 0,81; 14. gün ortalaması 0,41 ve 35. gün ortalaması 0,07 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Sodyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p=0,003$). 1. gün ortalaması 1,07; 14. gün ortalaması 0,91 ve 35. gün ortalaması 0,72 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. (Tablo 4.5)

Tablo 4.5 Gruplar içi zamana göre Sodyum değerlerinin karşılaştırılması

	Sodyum 1. gün	Sodyum 14. gün	Sodyum 35. gün	p
İONOFİL	3,77±0,80 ^a	2,17±0,67 ^b	0,95±0,46 ^c	<0,001*
BEAUTİFİL BULK	1,81 (1,60 - 1,85) ^a	1,73 (1,54 - 3,10) ^{ab}	0,78 (0,51 - 1,59) ^b	0,022**
DYRACT XP	1,61±0,14 ^a	1,50±0,46 ^a	0,95±0,46 ^b	0,002*
SDR PLUS	0,81±0,07 ^a	0,41±0,19 ^b	0,07±0,05 ^c	<0,001*
EQUIA FİLL	1,07±0,34 ^a	0,91±0,47 ^{ab}	0,72±0,33 ^b	0,003*

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Alüminyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 9,64; 14. gün ortalaması 5,27 ve 35. gün ortalaması 1,15 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Alüminyum iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,015$). 1. gün ortancası 5,84; 14. gün ortancası 5,21 ve 35. gün ortancası 3,57 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Alüminyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,53; 14. gün ortalaması 3,43 ve 35. gün ortalaması 1,37 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Alüminyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p=0,01$). 1. gün ortalaması 1,86; 14. gün ortalaması 1,60 ve 35. gün ortalaması 0,97 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Alüminyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel bir fark vardır ($p=0,007$). 1. gün ortalaması 2,24; 14. gün ortalaması 1,54 ve 35. gün ortalaması 1,17 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. (Tablo 4.6)

Tablo 4.6 Gruplar içi zamana göre Alüminyum değerlerinin karşılaştırılması

	Alüminyum 1. gün	Alüminyum 14. gün	Alüminyum 35. gün	
İONOFİL	9,64±2,15a	5,27±0,98b	1,15±0,56c	<0,001*
BEAUTİFİL BULK	5,84 (4,43 - 6,02)a	5,21 (4,14 - 6,40)ab	3,57 (3,01 - 4,03)b	0,015**
DYRACT XP	3,53±0,40a	3,43±0,34a	1,37±0,47b	<0,001*
SDR PLUS	1,86±0,10a	1,60±0,46a	0,97±0,49b	0,010*
EQUIA FİLL	2,24±0,78a	1,54±0,46b	1,17±0,34c	0,007*

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Silisyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 11,62; 14. gün ortalaması 4,25 ve 35. gün ortalaması 2,41 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Silisyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 5,91; 14. gün ortalaması 4,35 ve 35. gün ortalaması 3,55 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Silisyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,37; 14. gün ortalaması 3,37 ve 35. gün ortalaması 2,50 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Silisyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,55; 14. gün ortalaması 2,48 ve 35. gün ortalaması 2,05 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Silisyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,45; 14. gün ortalaması 2,40 ve 35. gün ortalaması 1,43 olarak elde edilmiştir. Her bir zaman birbirine göre farklılık göstermekte olup en düşük ortalama değer 35. günde elde edilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Gruplar içi zamana göre Silisyum değerlerinin karşılaştırılması

	Silisyum 1. gün	Silisyum 14. gün	Silisyum 35. Gün	p*
İONOFİL	11,62±2,81 ^a	4,25±1,11 ^b	2,41±0,74 ^c	<0,001
BEAUTİFİL BULK	5,91±1,17 ^a	4,35±0,90 ^b	3,55±0,48 ^b	<0,001
DYRACT XP	3,37±0,58 ^a	3,37±0,76 ^a	2,50±0,49 ^b	<0,001
SDR PLUS	3,55±0,41 ^a	2,48±0,72 ^b	2,05±0,97 ^b	<0,001
EQUIA FİLL	3,45±0,33 ^a	2,40±0,74 ^b	1,43±0,49 ^c	<0,001

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-c: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Stronsiyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 7,14; 14. gün ortalaması 2,91 ve 35. gün ortalaması 2,30 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Stronsiyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 3,52; 14. gün ortalaması 3,35 ve 35. gün ortalaması 1,41 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Stronsiyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 1,68; 14. gün ortalaması 1,06 ve 35. gün ortalaması 0,91 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUIA Fill ve SDR Plus materyallerinden stronsiyum salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Gruplar içi zamana göre Stronsiyum değerlerinin karşılaştırılması

	Stronsiyum 1. gün	Stronsiyum 14. gün	Stronsiyum 35. gün	p*
İONOFİL	7,14±0,56 ^a	2,91±0,42 ^b	2,30±0,62 ^b	<0,001
BEAUTİFİL BULK	3,52±0,37 ^a	3,35±0,72 ^a	1,41±0,48 ^b	<0,001
DYRACT XP	1,68±0,55 ^a	1,06±0,36 ^b	0,91±0,48 ^b	<0,001

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Fosfor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p=0,014$). 1. gün ortalaması 1,89; 14. gün ortalaması 0,74 ve 35. gün ortalaması 0,14 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Fosfor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p=0,027$). 1. gün ortalaması 0,35; 14. gün ortalaması 0,15 ve 35. gün ortalaması 0,81

olarak elde edilmiştir. Bu farklılık ise 1. ve 14.gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Fosfor iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p=0,165$). 1. gün ortancası 0,24; 14. gün ortancası 0,21 ve 35. gün ortancası 0,12 olarak elde edilmiştir. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Fosfor iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 0,30; 14. gün ortalaması 0,07 ve 35. gün ortalaması 0,12 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Beautifil Bulk materyalinden fosfor salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Gruplar içi zamana göre Fosfor değerlerinin karşılaştırılması

	Fosfor 1. gün	Fosfor 14. gün	Fosfor 35. gün	p
İONOFİL	1,89±1,00 ^a	0,74±0,34 ^a	0,14±0,07 ^b	0,014*
DYRACT XP	0,35±0,10 ^a	0,15±0,07 ^b	0,81±0,46 ^{ab}	0,027*
SDR PLUS	0,24 (0,19 - 0,35)	0,21 (0,09 - 0,23)	0,12 (0,10 - 1,12)	0,165**
EQUIA FİLL	0,30±0,14 ^a	0,07±0,06 ^b	0,12±0,09 ^b	<0,001*

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil grubu içerisinde zamana göre salınan Zirkonyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p=0,001$). 1. gün ortalaması 0,32; 14. gün ortalaması 0,30 ve 35. gün ortalaması 0,16 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 35. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Zirkonyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,031$). 1. gün ortalaması 0,31; 14. gün ortalaması 0,35 ve 35. gün ortalaması 0,17 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUİA Fill, SDR Plus ve Dyract Xp materyallerinden zirkonyum salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10 Gruplar içi zamana göre Zirkonyum değerlerinin karşılaştırılması

	Zirkonyum 1. gün	Zirkonyum 14. gün	Zirkonyum 35. gün	p*
İONOFİL	0,32±0,16 ^a	0,30±0,16 ^a	0,16±0,10 ^b	0,001
BEAUTİFİL BULK	0,31±0,04 ^a	0,35±0,19 ^{ab}	0,17±0,10 ^b	0,031

*Tekrarlı varyans analizi, ortalama±s. sapma, a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

İonofil ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Kalsiyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p=0,123$). 1. gün ortalaması 0,22; 14. gün ortalaması 0,08 ve 35. gün ortalaması 0,07 olarak elde edilmiştir. Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Kalsiyum iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,029$). 1. gün ortancası 0,08; 14. gün ortancası 0,12 ve 35. gün ortancası 0,03 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 14. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Dyract XP ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Kalsiyum iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,007$). 1. gün ortancası 0,21; 14. gün ortancası 0,06 ve 35. gün ortancası 0,04 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Kalsiyum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,095$). 1. gün ortalaması 0,17; 14. gün ortalaması 0,16 ve 35. gün ortalaması 0,12 olarak elde edilmiştir. EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre Kalsiyum ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). 1. gün ortalaması 0,18; 14. gün ortalaması 0,07 ve 35. gün ortalaması 0,06 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Tablo 4.11).

Tablo 4.11 Gruplar içi zamana göre Kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması

	Kalsiyum 1. gün	Kalsiyum 14. gün	Kalsiyum 35. gün	p
İONOFİL	0,22±0,20	0,08±0,05	0,07±0,05	0,123*
BEAUTİFİL BULK	0,08 (0,03 - 0,13) ^{ab}	0,12 (0,07 - 0,23) ^a	0,03 (0,02 - 0,13) ^b	0,029**
DYRACT XP	0,21 (0,15 - 0,33) ^a	0,06 (0,04 - 0,23) ^{ab}	0,04 (0,03 - 0,13) ^b	0,007**
SDR PLUS	0,17±0,07	0,16±0,07	0,12±0,09	0,095*
EQUİA FİLL	0,18±0,05 ^a	0,07±0,05 ^b	0,06±0,06 ^b	<0,001*

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Baryum iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır (p=0,007). 1. gün ortancası 0,40; 14. gün ortancası 0,14 ve 35. gün ortancası 0,00 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUİA Fİll ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Baryum iyonunun ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır (p=0,011). 1. gün ortalaması 0,32; 14. gün ortalaması 0,22 ve 35. gün ortalaması 0,14 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile diğer zamanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. İonofil, Beautifil Bulk ve Dyract Xp materyallerinden baryum salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12 Gruplar içi zamana göre Baryum değerlerinin karşılaştırılması

	Baryum 1. gün	Baryum 14. gün	Baryum 35. gün	P
SDR PLUS	0,40 (0,30 - 0,45) ^a	0,14 (0,06 - 0,27) ^{ab}	0,00 (0,00 - 0,00) ^b	0,007**
EQUİA FİLL	0,32±0,15 ^a	0,22±0,13 ^b	0,14±0,07 ^b	0,011*

*Tekrarlı varyans analizi, **Friedman testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

SDR Plus ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Nikel iyonunun ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır (p=0,007). 1. gün ortancası 0,14; 14. gün ortancası 0,03 ve 35. gün ortancası 0,00 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 1. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. EQUİA Fİll ile restore edilen dişlerde zamana göre

salınan Nikel iyonunun ortalanca değerleri arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p=0,012$). 1. gün ortalancası 0,10; 14. gün ortalancası 0,10 ve 35. gün ortalancası 0,00 olarak elde edilmiştir. Ancak çoklu karşılaştırma sonrasında bir farklılık elde edilmemiştir. İonofil, Beautifil Bulk ve Dyract Xp materyallerinden nikel salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13 Gruplar içi zamana göre Nikel değerlerinin karşılaştırılması

	Nikel 1. gün	Nikel 14. gün	Nikel 35. Gün	p*
SDR PLUS	0,14 (0,11 - 0,23) ^a	0,03 (0,01 - 0,13) ^{ab}	0,00 (0,00 - 0,00) ^b	0,007
EQUIA FİLL	0,10 (0,09 - 0,23)	0,10 (0,04 - 0,23)	0,00 (0,00 - 0,00)	0,012

*Friedman testi, ortalanca (minimum - maksimum), a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde zamana göre salınan Demir iyonunun ortalanca değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p=0,01$). 1. gün ortalancası 0,06; 14. gün ortalancası 0,06 ve 35. gün ortalancası 0,00 olarak elde edilmiştir. Bu farklılık 14. gün ile 35. gün arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. İonofil, Beautifil Bulk, SDR Plus ve Dyract Xp materyallerinden demir salınımı gerçekleşmemiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14 Gruplar içi zamana göre Demir değerlerinin karşılaştırılması

	Demir 1. gün	Demir 14. gün	Demir 35. gün	p*
EQUIA FİLL	0,06 (0,03 - 0,13) ^{ab}	0,06 (0,03 - 0,16) ^a	0,00 (0,00 - 0,00) ^b	0,010

*Friedman testi, ortalanca (minimum - maksimum), a-b: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

Gruplar arasında salınan Flor iyonunun 1. gün ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p<0,001$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 25,07; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 17,41; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 18,94; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 15,49 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 21,21 olarak elde edilmiştir. En yüksek ortalama değer ionofil ile restore edilen

dişlerde elde edilmişken en düşük ortalama değer SDR Plus ile restore edilen dişlerde elde edilmiştir. Gruplara göre salınan Flor iyonunun 14. gün ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,001$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 14,73; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 10,14; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 9,95; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 8,29 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 13,57 olarak elde edilmiştir. İonofil ile restore edilen dişler ve EQUIA Fill ile restore edilen dişler ile diğer gruplar arasında bir farklılık görülmüştür. Gruplara göre salınan Flor iyonunun 35. gün ortalamaları arasında istatistiksel bir fark vardır ($p<0,001$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 3,59; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 1,25; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 2,47; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 0,19 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 4,56 olarak elde edilmiştir. İonofil ile restore edilen dişler ile EQUIA Fill ile restore edilen dişler arasında istatistiksel bir fark yok iken diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark elde edilmiştir. Gruplara göre salınan Kalsiyum iyonunun 1. gün ortalamaları arasında istatistiksel bir fark yoktur ($p=0,259$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 0,22; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 0,09; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 0,24; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 0,17 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 0,18 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre salınan Kalsiyum iyonunun 14. gün ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p=0,219$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 0,07; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 0,12; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 0,06; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 0,14 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 0,05 olarak elde edilmiştir. Gruplara göre salınan Kalsiyum iyonunun 35. gün ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p=0,673$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 0,04; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 0,03; Dyract XP ile restore edilen dişlerde

ortalama 0,04; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 0,09 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 0,02 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15 Gruplara arasında Flor ve Kalsiyum değerlerinin karşılaştırılması

	İONOFİL	BEAUTİFİL BULK	DYRACT XP	SDR PLUS	EQUIA FİLL	p
Flor 1. gün	25,07±2,64 _c	17,41±2,08 ^{ab}	18,94±1,72 _{ab}	15,49±1,9 _{2^a}	21,21±2,88 ^{bc}	<0,001*
Flor 14. gün	14,73±1,45 _a	10,14±0,88 ^b	9,95±1,14 ^b	8,29±0,26 _b	13,57±0,76 ^a	<0,001*
Flor 35. gün	3,59±0,49 ^a	1,25±0,19 ^b	2,47±0,18 ^c	0,19±0,05 _d	4,56±0,35 ^a	<0,001*
Kalsiyum 1. gün	0,22±0,20	0,09±0,04	0,24±0,08	0,17±0,07	0,18±0,05	0,259*
Kalsiyum 14. gün	0,07 (0,04 - 0,14)	0,12 (0,07 - 0,23)	0,06 (0,04 - 0,23)	0,14 (0,07 - 0,23)	0,05 (0,03 - 0,13)	0,219**
Kalsiyum 35. gün	0,04 (0,03 - 0,13)	0,03 (0,02 - 0,13)	0,04 (0,03 - 0,13)	0,09 (0,01 - 0,23)	0,02 (0,01 - 0,13)	0,673**

*Tek yönlü varyans analizi, **Kruskal Wallis testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-d: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

Gruplara göre salınan Flor iyonunun değişim yüzdesi ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark vardır ($p < 0,001$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 85,70; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 92,83; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 86,96; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 98,80 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 78,35 olarak elde edilmiştir. Değişim yüzdesi açısından İonofil ile Dyract XP arasında istatistiksel bir fark yok iken diğer gruplar arasında bir farklılık vardır. En fazla değişim SDR Plus grubunda olmuşken en az değişim ise EQUIA Fill grubunda olmuştur. Gruplara göre salınan Kalsiyum iyonunun değişim yüzdesi ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p = 0,105$). İonofil ile restore edilen dişlerde ortalama 75,00; Beautifil Bulk ile restore edilen dişlerde ortalama 30,00; Dyract XP ile restore edilen dişlerde ortalama 79,33; SDR Plus ile restore edilen dişlerde ortalama 18,18 ve EQUIA Fill ile restore edilen dişlerde ortalama 84,62 olarak elde edilmiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16 Gruplara göre Flor ve Kalsiyum yüzde değişim değerlerinin karşılaştırılması

	İONOFİL	BEAUTİFİL BULK	DYRACT XP	SDR PLUS	EQUİA FİLL	P
Flor değişim yüzdesi	85,70±0, 85 ^b	92,83±0,37 ^c	86,96±0,55 ^b	98,80±0,21 ^d	78,35±1,33 ^a	<0,001*
Kalsiyum değişim yüzdesi	75,00 (- 100,00 - 77,78)	30,00 (0,00 - 70,00)	79,33 (60,61 - 83,33)	18,18 (13,04 - 93,33)	84,62 (50,00 - 93,75)	0,105**

*Tek yönlü varyans analizi, **Kruskal Wallis testi, ortalama±s. sapma, ortanca (minimum - maksimum), a-d: Aynı harfe sahip zamanlar arasında bir fark yoktur.

5. TARTIŞMA

Çürük, şeker alımı ile artan biyofilm bağımlı bir hastalık olarak tanımlanmaktadır. Dental biyofilmin bakteriyel bileşimi, ağız ortamındaki küçük değişikliklere maruz kaldığında genelde sabit kalmaktadır. Şeker alımında artış meydana geldiğinde, *Streptococcus mutans* sayısının artması ve hâkimiyeti nedeniyle karyojenik biyofilmlerin oluşumu meydana gelmektedir. Çevresel değişiklikler eklendiğinde ortam demineralizasyona doğru kaymaktadır. Çürüklerin sayısını ve şiddetini azaltmak için restorasyonlarda florid salan restoratif materyalleri tercih etmek bir çözüm olarak sunulmaktadır. Çalışmalarda belirtildiği gibi florid, mikroorganizmaların oluşumunu engelleyebilen karyojenik bir özelliğe sahiptir. Çürüğü önlemek için restorasyonun fiziksel özelliklerini değiştirmeden florid miktarının ve restoratif materyalden salınımının yüksek kalması gerekmektedir. Restorasyonun bitişiğinde yüksek düzeyde florid salınımı (ilk patlama olarak da adlandırılır) bakterilerin yaşayabilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle mine/dentin remineralizasyonunu yeniden uyararak diş çürümelerini önlemektedir. Bununla birlikte, CİS'ler tarafından sürekli florid salınımı ikincil çürükleri önlemektedir (102).

Hem kalsiyum hem de flor iyonlarının diş dokusunun remineralizasyonunda ve güçlendirilmesinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Florid ayrıca ağız ortamında *Streptococcus mutans*lara karşı bir biyosit görevi görmektedir. Kalsiyum ve flor gibi iyonları salabilen bir restorasyon materyalinin olumlu etkisi, tükürükteki bu iyonların konsantrasyonunu artırarak değil, komşu diş dokusuna iyon salabilerek gerçekleştirmektedir. Maksimum derecede etkinin sağlanabilmesi için iyonların, dişin çürümeye karşı hassas olan yüzeyinde bulunması gerekmektedir. Hem flor hem de kalsiyum iyonları salabilen bir restoratif materyalin, diş yüzeyinde çürüğe karşı dirençli floroapatit oluşumunu artırması beklenmektedir. Bu durumun çürüğün önlenmesinde yüksek derecede katkı sağladığı gösterilmiştir (103).

Çocuk diş hekimliğinde oldukça fazla karşılaşılan sorunlardan biri de sekonder çürük oluşumudur. Bu problem restorasyonların klinik ömrünü etkileyen en önemli unsurlardan biri olmaktadır. Cam iyonomer simanlarla yapılan restorasyonlarda sekonder çürük sıklığının azaldığı gözlemlenmiş olup florid içerikli çeşitli restoratif materyallerin geliştirilmesi artırılmıştır (104). Günümüzde geleneksel cam iyonomer, cam iyonomer esaslı hibrit materyaller, cam karbomer, giomer, florid eklenmiş kompozit rezinler ve fissür örtücüler gibi florid içerikli birçok materyal mevcuttur. Restoratif materyallerin iyon salınımı ile ilgili literatürler incelendiğinde, çalışmaların büyük kısmının cam iyonomer içerikli restoratif materyaller hakkında olduğu ve iyon olarakta genelde flor iyonunun salınımının incelendiği tespit edilmiştir. (105, 106, 107, 108). Bu nedenle, bu tez çalışmasında günümüzde sıkça kullanılan farklı restoratif materyallerden iyon salınım kapasitelerinin birbirleriyle karşılaştırmalı değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Restoratif materyallerden florid salınımını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; materyal içeriği ve doldurucu oranı, toz-likit oranı, sertleşme reaksiyonunun tipi ve süresi, karıştırma süresi ve metodu, materyalin içerdiği florun kimyasal formu, materyalin yüzey enerjisi ve porözitesi, saklama koşulları, ortamın pH'sı, bitirme işlemleri, materyalin yüzey alanıdır (109). Restoratif materyallerden salınan iyonların miktarı hem in vivo hem de in vitro olarak ölçülebilmektedir. Ancak in vivo koşullardaki tükürük bileşimi, pH değeri, plak ve pelikül oluşumu ölçülen iyon miktarının sonucunu etkilemektedir. Bu çalışmada standardizasyonu daha kolay sağlayabilmek için restoratif materyallerin iyon salınımlarının in vitro koşullarda değerlendirilmesine karar verilmiştir. İn vitro çalışmalarda gruplar arasındaki karşılaştırmaların doğru bir şekilde yapılabilmesi için hazırlanan tüm örneklerin aynı şekilde standart boyutlarda olması gerekmektedir. Restoratif materyallerin florid salınımını değerlendiren araştırmalarda hazırlanan örneklerin boyutlarına bakıldığında, her çalışmada farklı çap ve yüksekliklerde kavitetlerin hazırlandığı tespit edilmiştir (110). Ayrıca bu konuda

herhangi bir ISO standardının da bulunmadığı saptanmıştır. Bu çalışmada, tüm örnek gruplar araştırma boyunca 37°C'de ve %100 nemli ortamda bekletilmiştir. Günümüze kadar yayınlanan flor iyonunun salınımını içeren in vitro araştırmalarda, örnekler distile su, deiyonize su ya da yapay tükürük gibi farklı ortamlarda bekletilmiştir. Deiyonize suyun içerisinde herhangi bir iyon mevcut olmadığı için örneklerden salınan iyonların daha doğru sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Yapılan çoğu araştırmada deiyonize su kullanılmıştır. Bu nedenden dolayı bu çalışmada da örnekler deney süresi boyunca deiyonize su içerisinde bekletilmiştir. (111, 112, 113, 114, 115, 116).

İn vitro çalışmalarda materyallerden salınan iyonların belirlenmesi için; Spektrofotometrik yöntemler, gaz ve sıvı iyon Kromatografi yöntemleri, Alüminyummonoflorür absorpsiyon spektrometresi, İkincil iyon kütle spektrometresi, Proton akımı X ışını emisyonu, Elektron probe mikroanalizi, X ışını akım fotoelektron spektroskopisi, F⁻ iyon seçici elektrot yöntemi ve SEM + EDS ile element tayinidir. Bu yöntemler arasından sıklıkla iyon seçici elektrot yöntemi tercih edilmektedir. Fakat çekilmiş diş üzerinde uygulanan restoratif materyallerden salınan iyonların belirlenmesinde EDS ile element tayini yöntemi tercih edilmektedir (117).

Bu tez çalışması in vitro koşullarda yapılmış olup, iyon salınımlarının değerlendirilmesi SEM + EDS ile element tayini yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Giomerdeki floridin kaynağı yüzey ön reaksiyona girmiş cam iyonomerdir (PRG). Giomer'de az miktarda cam iyonomer matriks fazı vardır veya hiç bulunmamaktadır. Bu nedenle önemli miktarda asit-baz reaksiyonu görülmemektedir. PRG asitle önceden reaksiyona girdiği için asit bazlı giomer reaksiyonu önemli olmamaktadır. Flor iyonu giomer ve cam iyonomerin salınım hızı arasındaki farkın bir başka olası açıklaması, büyük bir etkiye sahip

olabilen gözenekliliğin varlığıdır. Giomerdeki gözeneklilik, cam iyonomerdekinden daha azdır, bu durum daha az florid salınımına neden olmaktadır. Giomer ayrıca florid salınımına ve suya karşı bariyer görevi gören rezin materyalleri içermektedir ve değişken çözünürlüğe sahip bir dolgu maddesine sahiptir. Farklı restoratif materyallerden florid salınımı üzerine geçmişten günümüze birçok çalışma yapılmıştır ve birçok farklı sonuçlar elde edilmiştir. CİS'leri popüler bir restoratif materyal yapan avantajlarından biri florid salabilmeleri ve donma sırasındaki düşük pH'ları nedeniyle antibakteriyel özellikleridir (118, 119).

Atiyeh Feiz ve ark. tarafından 2022 yılında yapılan bir çalışmada restoratif materyaller arasında florid salınımı karşılaştırılmıştır. 1-7. günlerde Zirkonomer florid salınımında en yüksek değere sahipken, bunu sırasıyla Cention N (Kompozit), Fuji II LC (RMCİS) ve Beautifil (Giommer) izlemiştir. En düşük florid salınımı ise 21. günde Beautifil restoratif materyalinde görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, 1., 3. ve 7. günlerde salınan florid ortalamasının maksimumu Zirkonomer grubuna, minimumu ise Giomer grubuna aittir. Zirkonomer tarafından salınan florid miktarı, ölçüm süresi boyunca yoğun bir düşüş göstermekte olup, 14. günde yaklaşık olarak Cention N ve rezin modifiyeli cam iyonomerden salınan florid miktarına eşitlenmiştir. Ölçüm periyodu boyunca, giomer florid salınım miktarının neredeyse sabit ve minimum düzeyde olduğu bildirilmiştir. İyon salınımı ile ilgili bilgileri araştırabilmek için laboratuvar çalışmaları önerilmesine rağmen, restoratif materyallerin gerçek performansı ancak uzun vadeli klinik çalışmalarla belirlenebilmektedir. Bu nedenle, in vivo çevre koşullarında bu özelliklerin değerlendirilmesi için daha fazla parametre ile daha fazla klinik araştırma çalışması yapılması önerilmektedir (120). Bu tez çalışmasında ise 1. günde florid salınımının karşılaştırılması, sırasıyla İonofil> Equa fill> Dyract XP > Beautifil> SDR plus şeklindedir. Atiyeh ve ark., yayınladıkları çalışmanın aksine en düşük flor iyonu salınımının Beautifil (GİOMER) grubunda olmayıp 35. günde SDR plus grubunda gerçekleşmiştir.

Nigam ve ark., çeşitli dental materyallerden ilk 24 saatte cam iyonomer simanın 57.97 ppm ile en fazla florid salan materyal olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmada, değerlendirmenin ilk gününden sonra belirgin bir düşüşün meydana geldiğinden bahsedilmektedir. 24 saat sonra en yüksek florid salan materyal cam iyonomer siman (Ionofill molar) bulunmuştur ve bunu Fuji IX Extra izlemiştir (121). Bu tez çalışmasında da ilk 24 saatte benzer sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek florid salınımının 1. günde İonofil (cam iyonomer) grubunda gerçekleştirdiği görülmüştür. 35. günde florid salınımının maximum olduğu restoratif materyal ise Equia Fill olarak görülmüştür.

Gururaj ve ark., tarafından yapılan bir çalışmada 5 farklı restoratif materyalin (geleneksel cam iyonomer siman-Fuji VII, rezin modifiye cam iyonomer siman-Vitremer, poliasit modifiye kompozit rezin-Dyract, flor içerikli kompozit-Tetric Ceram, giomer-Beautifil) flor iyonunun salınımlarını değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak; geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların daha fazla flor iyonunu salınımı gerçekleştirdiklerini tespit etmişlerdir (122). Arısu ve ark. geleneksel cam iyonomerler, rezin modifiye cam iyonomer, güçlendirilmiş cam iyonomer ve poliasit modifiye kompozit rezinlerinden salınan flor iyon miktarını araştırdıkları bir çalışmada, en yüksek flor iyon salınımının geleneksel cam iyonomer simanlarda olduğu bildirilmiştir (123).

Bayrak ve ark., tarafından yayınlanan bir araştırmada, giomer (Beautifil II), cam karbomer (GCP Glass-Fill), seramik içerikli geleneksel cam iyonomer siman (Amalgomer), poliasit modifiye kompozit rezin (Dyract XP) ve geleneksel cam iyonomer simanın (Fuji IX Capsule) flor iyonunun salınımı araştırılmıştır. Çalışmada sonuç olarak, rezin bazlı materyallerden salınan flor iyon miktarının, cam iyonomer içerikli restoratif materyallere göre oldukça daha düşük salınım gerçekleştiği bildirilmiştir. Ayrıca değerlendirilen restoratif materyaller arasında cam karbomerin en yüksek seviyede flor iyon salınımının gerçekleştirdiği

bildirilmiştir (124). Bu tez çalışmasında; gruplara göre salınan flor iyonunun değişim yüzdesi ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Değişim yüzdesi açısından ionofil ile Dyract XP arasında bir fark yok iken diğer gruplar arasında bir farklılık bulunmuştur. En fazla değişim SDR Plus grubunda olmuşken en az değişim ise Equia Fill grubunda olmuştur.

Florid salan restoratif dental materyaller çürük oluşumunu baskılamakta, demineralizasyonu azaltmakta veya önlemekte ve diş sert doku yapılarının remineralizasyonunu desteklemektedir. Resin kompozitler tatmin edici fiziksel özelliklere sahip olsa da florid salma kabiliyetinden yoksun olabilmekte, ikincil çürükleri ve remineralizasyonu önleme konusunda sınırlı bir kapasiteye sahip olabilmektedirler. Bu nedenle, koruyucu özelliklere sahip yeni restoratif materyaller geliştirilmektedir. Klinik faydalarını korurken, geleneksel cam iyonomerler ve kompozit rezinlerle ilgili zorlukların üstesinden gelen hibrit malzemeler geliştirilmiştir (125). Bir biyoaktif restoratif materyal olan Activa, biyoaktif cam içermekte, Ca, P ve F salarak pH'ı yükseltmekte ve geleneksel cam iyonomerlerden daha biyoaktif olduğu bildirilmektedir. Bir tür yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (HVGIC) olan Equia Forte Fill, neme karşı daha az hassas olup geleneksel cam iyonomerlere göre daha iyi aşınma direncine ve sertliğe sahip olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle çiğneme kuvvetlerinin fazla olduğu posterior bölge için daha uygun olduğu bildirilmiştir (126). Bu bilgiler ışığında bu araştırma tezinde iyon salınımının karşılaştırılmasında geleneksel cam iyonomer ve kompozit materyalleri yanında hibrit malzemelerden kompomer, giomer ve cam hibrit restoratif materyaller seçilmiştir.

Karakaş ve Küden, 2022 yılında yaptıkları bir çalışmada, florid salan restoratif materyallerden Alkasite, Activa, Equia Forte ve Zirconomer'in farklı pH değerlerine sahip içeceklerde bekletildikten sonra salınan iyonları araştırmışlardır. 4 restoratif materyalin kimyasal bileşimlerini SEM/EDS spektrumu ile değerlendirmişler ve karbon (C), oksijen (O),

sodyum (Na), alüminyum (Al), silisyum

(Si), Ca ve F

iyonları tüm materyallerde salınmıştır. P elementi Alkasite dışındaki tüm materyallerde gözlenmiştir. Kahve, Alkasitte F oranını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Kahve ve kola, alkasitte Na oranını azaltmıştır. Kahve ve tükürük, Activa'daki F ve Na oranını azaltmıştır. Equia Forte'deki C, O, Na ve Al oranları tüm sıvılarda önemli ölçüde azalmıştır. Kola ve tükürük, Equia'daki F oranını, kahve ise Equia Forte'deki P oranını önemli ölçüde artırmıştır. Kahve, kola ve tükürük, Zirkonomer'deki F oranını önemli ölçüde azaltmıştır. Kahve ve kola, Zirkonomer deki Na oranını azaltmıştır (127). Bu tez çalışmasındaki materyallerde yukarıda bahsedilen tüm elementlerin salınımı gözlenmiş, P elementi sadece kompomer materyalinde gözlenmemiştir. Yukarıdaki çalışmada salınan iyonlar dışında, stonsiyum iyonu salınımı geleneksel cam iyonomer, giomer ve kompomer materyallerinde, zirkonyum iyonu salınımı geleneksel cam iyonomer ve giomer materyallerinde, baryum ve nikel iyonlarının salınımı bulk akışkan kompozit ve cam hibrit restoratif materyallerinde gözlenmiştir.

Bakteriyel enfeksiyon, ikincil çürüklerin ana nedeni olduğundan, antibakteriyel özelliklere sahip dental materyallerin geliştirilmesi büyük ilgi görmektedir. Araştırmalar, florid bileşiklerinin net bir antibakteriyel etki gösterdiğini ve bakteri hücrelerinin zar geçirgenliklerini arttırmak ve enzimlerin etkisini doğrudan inhibe etmek de dâhil olmak üzere birçok mekanizma yoluyla hareket edebildiğini ortaya koymuştur. Bu nedenle florid bileşikleri, yeni kompozit rezinler geliştirmek için antibakteriyel restorasyon maddeleri olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde, floro-alimino-silikat cam (FAG), kalsiyum florid (CaF_2) veya iterbiyum florid (YbF_2) içeren birçok florid salan kompozit rezinler geliştirilmiştir. Bununla birlikte, çoğu çok düşük florid salınım içeriği göstermiş ve bu nedenle minimal çürük önleme özelliği göstermişlerdir. Etkili florid salınımı ve antibakteriyel özelliği ile yeni kompozit rezinler geliştirmek için hala uzun bir yol olduğu düşünülmektedir (128, 129). Bu tez

araştırmasında da bulk akışkan kompozit olan SDR Plus materyalinden salınan flor iyonunu karşılaştırdık ve sonucunda flor iyon salınımının gerçekleştirdiğini fakat diğer materyallerde göre en az salınımın gerçekleştiği gözlenmiştir.

Liyuan ve ark., 2021 yılında yaptıkları bir çalışmada, F-ZrO² (Flor-Zirkonyumoksit) içerikli yeni bir kompozit rezin geliştirilmiş ve birçok özelliği değerlendirmişlerdir. Bu yeni kompozit rezin, esas olarak florid salarak uygun antibakteriyel etki sergilediği belirtilmiştir. Ayrıca, F-ZrO₂ tozlarının florid salınımı ile antibakteriyel aktivitesi arasında anlamlı bir ilişki olduğu gösterilmiştir. Aslında, florid bileşiklerinin antibakteriyel mekanizmasının, florid iyonlarının difüzyonunun sonucu olduğu bildirilmiştir. Buna dayanarak, F-ZrO² tozlarının bakteri ile temas ettiğinde iyon salınımı ve bakteri büyümesini engelleme potansiyeli bulunduğu düşünülmektedir. Bir ağır metal olan zirkonyumun, florid reseptörleri olarak hareket edebilen sıvı bir ortamda floridi emmek için güçlü bir kapasite gösterdiği kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, bu tür ağır metal şelatları dental materyallerde çok az ilgi görmüştür. Hem kantitatif hem de kalitatif analizler, %20 F-ZrO² tozlarının, florid salınımı ile tutarlı olan S.mutans canlılığına karşı en iyi antibakteriyel özelliği sergilediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, yeni bir kompozit rezin geliştirmek için dolgu maddesi olarak %20 F-ZrO² tozları seçilmiştir. F-ZrO² dolgulu yeni kompozit rezinin antibakteriyel etkisi F-ZrO² dolgu içeriğinin artmasıyla artmıştır. Florid salınım miktarının ilk gün en yüksek olduğu görülmektedir. Bu aşamada salınan floridin esas olarak kompozit rezinin yüzeyinden geldiği bildirilmiştir. İlerleyen günlerde florid salınım hızı azalmıştır (130).

Diş hekimliği, dental restoratif malzemelerine yeni malzemeler ve teknikler geliştirmek için çeşitli teknolojilerle ilgilenmektedir. Bu hedefe göre, mevcut malzemelerin çeşitli maddelerle birleştirilmesi gelecek vadede bir alanın doğmasına neden olmaktadır. Bu

prensibe göre propolis, doğal olarak elde edilebilen basit bir ürün olarak diş hekimliğinde tedavi modalitelerinde iyi bir seçim gibi görünmektedir. Ancak, şimdiye kadar çok az çalışma bunu desteklemiştir (131). Son dönemlerde, seramikle güçlendirilmiş cam iyonomer (Amalgomer CR) hakkında çalışmalarda artış olmaktadır. Bu diş renginde ürün, üretici tarafından metalik restorasyonların yüksek mukavemeti ile cam iyonomerlerin estetik ve diğer avantajlarını birleştirmek için önerilmiştir. Amalgomer CR'nin cam iyonomerini güçlendiren büyük seramik partiküller, yüksek florid deşarjına katkıda bulunabilmektedir. Sonuç olarak, propolisin amalgomer içerisine dâhil edilmesi, antibakteriyel aktivitesini CİS'a dâhil edilmesinden daha fazla artırmada faydalı olabilmektedir (132). Reham ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptıkları bir çalışmada, propolisin farklı hacim fraksiyonlarının eklenmesinden önce ve sonra ana Amalgomer CR numunelerinin EDS analizine bakılmıştır. Amalgomerden Si, Al, F, Mn ve Ca iyonlarının salınımının gerçekleştiği bildirilmiştir. Propolis eklendikten sonra Mn iyonunun kaybolması, propolis bileşiminde farklı kompleks şekilleri oluşturabilen ve Mn iyonlarını maskeleyerek ciddi bir yapısal değişikliğe ve sonuç olarak numunelerin diğer fiziksel özelliklerinde aşırı flor iyonlarının varlığına bağlanabildiği bildirilmiştir. Propolisin eklenmesi, fiziksel özelliklerin ortaya çıkan varyasyonu ile farklı komplekslerin oluşumu ile florid içeriğinde bir artış oluşturmuştur (133).

Antimikrobiyal özelliğin, Amalgomer CR'de Fuji IX'a göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Amalgomer CR'nin inhibe edici etkisi, florid salınımına katkıda bulunan seramik parçacıklara bağlanabilmektedir. Ayrıca, dolgu partiküllerinin seramikle güçlendirilmesiyle, restoratif materyalin florid için mevcut etkin yüzey alanı artabilmektedir. Eina ve ark., 2020 yılında yaptıkları bir araştırmada, basma dayanımlarının ortalama değerinin Amalgomer CR'de, Fuji IX'a göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni, cam iyonomer simandaki esas olarak doldurucu içeriğin Amalgomer CR'deki seramik parçacıklarla takviye edilmiş olması ve üreticiye göre seramik dolgunun matrisle kısmen reaksiyona girerek

bir miktar bağ oluşturabilmesi ve dolayısıyla restorasyonun genel gücünün bu durum olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, Amalgomer CR, basma dayanımı açısından Fuji IX ile karşılaştırılabilir özellikleri nedeniyle kalıcı bir restoratif materyal olarak önerilmektedir. Sonuçları doğrulamak için birçok uzun vadeli çalışmanın gerekli olduğu bildirilmiştir (134).

Aishwarya ve ark., 2022 yılında yayınladıkları çalışmanın bulgularına göre giomer, cam iyonomer ve kompomerin yapay tükürükte florid yaydığı ve ayrıca çeşitli florid dozlarına tabi tutulduğunda daha fazla florid saldıgı bildirilmiştir. Dental hijyen uygulamalarının sonucu florid salınımındaki değişiklikleri değerlendirmek için, örneklere 15 gün boyunca her gün floridli diş macunu uygulanmıştır. Florür verniği ise profesyonel profilaksinin etkinliğini ölçmek için sadece bir kez uygulanmıştır. Araştırmanın ilk 15 gününde en fazla floridi cam iyonomer siman salmış, bunu giomer ve ardından kompomer izlemiştir. Kompomerler, floridli diş macununa maruz kaldıklarında en az miktarda florid artışı gerçekleştiği bildirilmiştir (135). Bu tez araştırmasında ise ilk gün flor iyonu salınımında sıralama geleneksel cam iyonomer siman > kompomer > giomer iken 14. gün flor iyonu salınımında sıralama geleneksel cam iyonomer siman > giomer > kompomer şeklinde değişmiştir. Fakat 1. günden 35 güne kadar flor iyonu salınımının azalmasındaki değişim yüzdesinde bu üç materyal arasında en fazla değişimin giomer materyalinde olduğu gözlenmiştir.

Wiegand ve ark., göre, malzemenin ön florid salma kapasitesi genellikle florid kaynaklarına maruz kaldıktan sonra salınan florid miktarını etkilemektedir. Ayrıca, polialkenoik asit ve florosilikat adı verilen florid içeren camdan oluşmakta ve bu bileşenler asitler ve bazlarla etkileşime girmektedir. Bu nedenle cam iyonomer malzemeler daha yüksek seviyelerde florid salmaktadır (136). Bu tez araştırmasında flor iyonu salınımı 1. ve 14. günde en yüksek geleneksel cam iyonomer simanda gözlenirken, 35. günde en yüksek salınım cam

hibrit restoratif materyalinde gözlenmiştir. 1. Günden 35. güne kadar flor iyonu salınımında en az değişim yüzdesi cam hibrit restoratif materyalinde gözlenmiştir.

Patlama etkisi, Poggio ve ark., dış yüzeyden çözeltiye hızlı bir şekilde çözünmesinin bir sonucu olarak ilk 24 saatte cam iyonomer simandan salınan daha fazla miktarda floridi tanımlamak için kullanılan bir terimdir (137). Değerlendirilen tüm restoratif materyallerin florid salınımı, florid verniği uygulandıktan sonra önemli ölçüde artmıştır. En büyük florid artışı, floridli verniğe maruz kaldıktan sonra cam iyonomer tarafından gerçekleşmiştir (135). Marija e ark. tarafından yapılan bir çalışmada; kompozit, giomer ve konvansiyonel cam iyonomer arasındaki florid salınımlarını karşılaştırılmıştır. Reşarj sonrasında giomerin kompozitten daha az florid iyonunu saldıgını bildirmişlerdir. Bu durum, giomerde yüzeyde önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer parçacıklarının varlığıyla açıklanabilmektedir. Alkasit kompozit (Cention), Giomer (Beautiful II) ve konvansiyonel cam iyonomer siman (Fuji IX Extra), topikal olarak uygulanan NaF jeli ile florür iyonları ile yeniden şarj edilebilmektedir. Geleneksel kompozit (Filtek Z250) yeniden şarj olma özelliği göstermemiştir. Alkasit kompozit, giomer ve konvansiyonel cam iyonomer simandan daha iyi bir şarj potansiyeli göstermiştir. Dental adeziv sistemlerin uygulanması, florid yeniden yüklenmesine ve yeniden salınmasına zarar verdiği bildirilmiştir (138).

Kavite duvarına bitişik olan restorasyonun iç yüzeyinden farklı olarak, dış restorasyon yüzeyi tükürüğe ve dinamik ağız ortamı nedeniyle tekrarlanan asidik değişikliklere maruz kalmakta ve bu da zamanla malzeme yüzeyinin gözenekliliğinin artmasına neden olmaktadır. Bu gözenekler ayrıca florid alımı için bir yol görevi görebilmekte ve hatta artan yüzey pürüzlülüğü nedeniyle yüzey absorpsiyonu yapabilmektedir (139). Yapıştırıcı sistemler, yalnızca adsorbe edilen floridin konsantrasyonunu azaltmakla kalmamış, rezin sistemlerinin

bileşimi de bu azalmada rol oynamış olabildiği düşünülmektedir. Kompozit malzemedeki (Filtek Z250) Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA ve UDMA monomerleri hidrofobiktir ve su emme için negatif afiniteye sahip olduğu bildirilmektedir. Alkasit materyali (Cention) esas olarak hidrofobik monomerler ve aynı zamanda hidrofilik bir monomer PEG-400 DMA içermekte; bu, araştırılan diğer materyallere kıyasla alkasit kompozit için önemli ölçüde daha yüksek florid yeniden salınımını açıklayabilmektedir (140).

Alessandro ve ark., 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada, pH ve sıcaklığın, alkali dolgu maddeleri içeren rezin bazlı bir malzemedan ve kendiliğinden sertleşen yüksek viskoziteli bir cam iyonomer simandan iyon (F^- ve Ca^{2+}) salınımı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Örnekler üç farklı pH değerinde (4.8, 6.8 ve 8.8) 50 mL'lik tampon solüsyona daldırılmıştır ve 0° , 18° , 37° ve $44^\circ C$ 'de saklanmıştır. Tüm deneysel koşullarda, iyon salınım yüzdeleri Equa Forte için Cention N'den daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Özellikle, her iki malzeme de flor iyonusalımında önemli bir sıcaklık farkı göstermiştir. pH değerlerinden bağımsız olarak, en yüksek Ca^{2+} iyonu salınımı, Cention N ve Equa Forte için önemli bir sıcaklık farkı ile 28 gün sonra olmuştur. Bu çalışmanın sınırları dahilinde, sıcaklık iyon salınımını etkilediği ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın maksimum değerleri gösterdiği bildirilmiştir. Sonuç olarak Equia Forte HT dolgu ve Cention N Forte, F^- ve Ca^{2+} iyonu salabilen dolgu malzemeleridir. Bu yüzden remineralizasyon sürecinde ve ikincil çürüklerin önlenmesine katkıda bulunabilecekleri bildirilmiştir (141). Bu tez araştırmasında flor iyonu salan kompozitlerden SDR plus, yüksek vizkoziteli cam iyonomer siman olarak Equa Fill kullanılmıştır. Flor iyonu salınımında yukarıdaki çalışmaya benzer olarak Equia Fill grubu tüm zamanlarda daha yüksek bulunurken, kalsiyum iyonu salınımında 1. Günde Equa Fill grubu daha fazlayken, 14. Ve 35. Günlerde SDR plus grubunda daha fazla kalsiyum iyonu salınımı olmuştur.

SONUÇLAR

Bu tez araştırmasının sınırlamaları dahilinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Araştırmada kullanılan restoratif materyaller arasında en yüksek ortalama florid salınım değeri cam iyonomer grubunda tespit edilirken bunu sırasıyla cam hibrit restoratif materyal, kompomer, giomer ve bulk akışkan kompozit materyali takip ettiği saptandı.
- Tüm materyallerin en yüksek flor iyonunun salınımını ilk gün gerçekleştirdiği ve zamanla azaldığı saptandı.
- Flor iyonunun salınmasının yanında materyallerden karbon, nikel, demir, stronsiyum, zirkonyum, kalsiyum, oksijen, baryum, fosfor, silisyum, alüminyum ve sodyum iyonlarında salındığı tespit edildi.
- En yüksek flor iyonunun 1. gün ionofil grubu tarafından salındığı görülürken, en düşük flor iyon salınımının 35. gün SDR Plus grubunda gerçekleştiği görüldü.
- 1. günden 35. güne kadar salınan iyonların yüzdelik değişimlerinde, en fazla değişim SDR Plus grubunda olmuşken en az değişim ise Equia Fill grubunda olmuştur.
- Araştırmadan elde edilen bulgular sonucunda, daha yüksek flor salınımı göstermeleri ve zamanla florid salınımında görülen azalmanın diğer materyallere göre daha az olması nedenleriyle cam iyonomer simanların ve cam hibrit restoratif materyallerin özellikle yüksek çürük riski olan hastalarda kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir.
- İyon salınımı ile ilgili bilgileri araştırabilmek için laboratuvar çalışmaları önerilmesine rağmen, restoratif materyallerin gerçek performansı ancak uzun vadeli

linik çalışmalarla belirlenebilmektedir. Bu nedenle, in vivo evre koşullarında bu özelliklerin değerlendirilmesi için daha fazla parametre ile daha fazla klinik araştırma çalışması yapılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- 1- Pitts NB. Are we ready to move from operative to non-operative/preventive treatment of dental caries in clinical practice? *Caries Res.* 2004; 38: 294–304.
- 2- US Department of Health and Human Services. Oral Health in America: A Report of the Surgeon General. Rockville: National Institute of Dental and Craniofacial Research, National Institutes of Health. 2000: 308.
- 3- Rober H, Selwitz DDS, Amid I, Nigel B, Pitts BDS. Dental caries. *Lancet Dergisi.* 2007; 369:51-59.
- 4- Jaime AC, Branca HO, Ana P, Pires S, Livia M, Andaló T. Are fluoride releasing dental materials clinically effective on caries control? *Dental Materials.* 2016; 32:323-333.
- 5- Sufyan G, Pekka KV, Lippo L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dental Materials Journal* 2018; 37:293–300.
- 6- Luciana FF, Polliana MCS, Vivian RSPB, MArgareth C, Paulo ASF. Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-carious cervical lesions. *J Appl Oral Sci.* 2009; 17:364–369.
- 7- Behrend B, Geurtsen W. Long-term effects of four extraction media on the fluoride release from four polyacid-modified composite resins (compomers) and one resin-modified glass-ionomer cement. *J Biomed Mater Res.* 2001; 58:631–637
- 8- Yasemin D, Sachin C, Stephan CM, Sabrina T, Ella AN, Gholamreza D. Fluoride release from two types of fluoride-containing orthodontic adhesives: conventional versus resin-modified glass ionomer cements-An in vitro study. *PLoS One.* 2021; 16:(2)e0247716.
- 9- Stansbury JW. Cyclopolymerizable monomers for use in dental resin composites. *J Dent Res.* 1990; 69:844–848.
- 10- Sakaguchi RL. Review of the current status and challenges for dental posterior restorative composites: clinical, chemistry, and physical behavior considerations. *Dent Mater.* 2005; 21:3–6.
- 11- Weigand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater.* 2007; 23:343–362.
- 12- Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 2003; 24:2451–2461.
- 13- Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater* 2004; 20:789–795.

- 14- Wilson AD, Kent BE. The glass-ionomer cement, a new translucent cement for dentistry. *J. Appl. Chem. Biotechnol.* 1971; 21:313.
- 15- ISO, Dental Water Based Cements; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2003; 9917–1
- 16- McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Guest Editorial: Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int.* 1994; 25:587–589
- 17- Fareed MA, Stamboulis, A. Nanoclay addition to conventional glass-ionomer cements: Influence on properties. *Eur. Dent. J.* 2014; 8:456–463
- 18- Nicholson JW. Chemistry of glass-ionomer cements: A review. *Biomaterials* 1998; 6:485–494.
- 19- Earl MSA, Mount GJ, Hume WR. Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass-ionomer cement surface. II. *Aust. Dent. J.* 1989; 34:326–329.
- 20- Crisp S, Pringuer MA, Wardleworth D, Wilson AD. Reactions in glass-ionomer cements: II. An infrared spectroscopic study. *J. Dent. Res.* 1974; 53:1414–1419.
- 21- Pires R, Nunes TG, Abrahams I, Hawkes GE, Morais CM, Fernandez C. Stray-field imaging and multinuclear magnetic resonance spectroscopy studies on the setting of a commercial glass-ionomer cement. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2004; 15:201–208.
- 22- Perondi PR, Oliveira PHC, Cassoni A, Reis AF, Rodrigues JA. Ultimate tensile strength and microhardness of glass ionomer materials. *Braz. Dent. Sci.* 2014; 17:16–22.
- 23- Hien-Chi N, Mount G, McIntyre J, Tuisuva J, Von Doussa RJ. Chemical exchange between glass-ionomer restorations and residual carious dentine in permanent molars: An in vivo study. *J. Dent.* 2006; 34:608–613.
- 24- De Witte AM, De Maeyer EA, Verbeeck RMH, Martens LC. Fluoride release profiles of mature restorative glass ionomer cements after fluoride application. *Biomaterials* 2000; 21:475-82.
- 25- Lewis SM, Coleman NJ, Booth SE, Nicholson JW. Interaction of aluminium fluoride complexes derived from glass-ionomer cements with hydroxyapatite. *Ceram. Silik.* 2013; 57:196–200.
- 26- Hsu H, Huang G, Chang H, Hang Y, Guo MA. Continuous flow system for assessing fluoride release/uptake of fluoride-containing restorative materials. *Dent. Mater.* 2004; 20:740–749.
- 27- Mickenautsch S, Mount GJ, Yengopal V. Therapeutic effect of glass ionomers: An overview of evidence. *Aust. Dent. J.* 2011; 56:10–15.

- 28- McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer cements and related materials. *Quintessence Int* 1994; 25:587–9.
- 29- Czarnecka B, Nicholson JW. Ion release by resin-modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. *J Dent*. 2006; 34:539–43.
- 30- Nicholson JW, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. Buffering and ion-release by a glass-ionomer cement under near-neutral and acidic conditions. *Biomaterials*. 2002; 23:2783–8.
- 31- Yokel RA, McNamara PJ. Aluminium toxicokinetics: an updated minireview. *Pharmacol Toxicol*. 2001; 88:159–67
- 32- Nicholson J, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dental Materials*. 2008; 24:1702–1708.
- 33- Abo-Hamar SE, El-Desouky SS, Abu Hamila NA. Two-year clinical performance in primary teeth of nano-filled versus conventional resin-modified glass-ionomer restorations. *Quintessence International* 2015; 46:381–388.
- 34- Al-Tae L, Deb S, Banerjee A. An in vitro assessment of the physical properties of manually- mixed and encapsulated glass-ionomer cements. *BDJ Open*. 2020; 6:12
- 35- Killian CM, Croll TP. Nano-ionomer tooth repair in pediatric dentistry. *Pediatric Dentistry*. 2010; 32:530–535.
- 36- Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Altitnchi A, Ahmed SN, Donovan TE. Effect of Resin-modified Glass Ionomer Cement Dispensing/Mixing Methods on Mechanical Properties. *Oper Dent*. 2018; 43:E158-E165.
- 37- Croll TP, Nicholson JW. Glass-ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatric Dent*. 2002; 24:423–9.
- 38- Rêgo HMC, Butler S, Santos MJC. Evaluation of the Mechanical Properties of Three Resin-Modified Glass-Ionomer Materials. *Biomed Res Int*. 2022; 2022:4690656.
- 39- American Academy of Pediatric Dentistry. *Pediatric Restorative Dentistry*. *Pediatr Dent*. 2018; 40:330-342.
- 40- Scholtanus JD, Huysmans MCDNJM. Clinical failure of Class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent*. 2007; 35:156-162.
- 41- Gok BM, Kirzioglu Z, Ceyhan D. One-year clinical evaluation of two high-viscosity glass-ionomer cements in class II restorations of primary molars. *Aust Dent J*. 2021; 66:32-40.
- 42- Nomoto R, Komoriyama M, McCabe JF, Hirano S. Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater* 2004; 20:972–978.

- 43- Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Brain Lascano L, Frencken Joe. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci.* 2013; 21:243-249.
- 44- Gurgan S, Kutuk ZB, Ergin E, Oztas SS, Cakir FY. Four-year randomized clinical trial evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent* 2015; 40:134-143.
- 45- Özgür KL, Şebnem T. Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2016; 37:54-65.
- 46- Frencken JE. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. *Br Dent J.* 2017; 223:183-189.
- 47- Folwaczny M, Loher C, Mehl A, Kunzelmann KH, Hickel R. Class V lesions restored with four different tooth-colored materials-3-year results. *Clin Oral Investig* 2001; 5:31–39.
- 48- Zantner C, Kielbassa AM, Martus P, Kunzelmann KH. Sliding wear of 19 commercially available composites and compomers. *Dent Mater.* 2004; 20:277– 285.
- 49- Krämer N, García-Godoy F, Reinelt C, Frankenberger R: Clinical performance of posterior compomer restorations over 4 years. *Am J Dent.* 2006; 19:61–66.
- 50- Meyer JM, Cattani-Lorente MA, Dupuis V. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. *Biomaterials.* 1998; 19:529–39.
- 51- Yap AU, Chung SM, Chow WS, Tsai KT, Lim CT. Fracture resistance of compomer and composite restoratives. *Oper Dent.* 2004; 29:29–34.
- 52- Ruse ND. What is a compomer? *J Can Dent Assoc.* 1999; 65:500–4.
- 53- Nicholson JW, Czarnecka B. The release of ions by compomers under neutral and acidic conditions. *J Oral Rehabil.* 2004; 31:665–70.
- 54- Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2010; 120:972-86.
- 55- Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dent Mater.* 2007; 23:615-22.
- 56- Abdel-karim UM, El-Eraky M, Etman WM. Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites. *Tanta Dent J.* 2014; 11:213–222.
- 57- Dede DÖ, Sahin O, Özdemir OS, Yilmaz B, Celik E, Köroğlu A. Influence of the color of composite resin foundation and luting cement on the final color of lithium disilicate ceramic systems. *J Prosthet Dent.* 2017; 117:138–143

- 58- Kimyai S, Pournaghi-Azar F, Naser-Alavi F, Salari A. Effect of disinfecting the cavity with chlorhexidine on the marginal gaps of Class V giomer restorations. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9:e202–e206.
- 59- Walia R, Jasuja P, Verma KG, Juneja S, Mathur A, Ahuja L. A comparative evaluation of microleakage and compressive strength of Ketac Molar, Giomer, Zirconomer, and Ceram-x: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2016; 34:280–284.
- 60- Al-Eesa NA, Wong FSL, Johal A, Hill RG. Fluoride containing bioactive glass composite for orthodontic adhesives – ion release properties. *Dent Mater*. 2017; 33:1324–1329.
- 61- Nakamura N, Yamada A, Iwamoto T, Arakaki M, Tanaka K, Aizawa S, et al. Two-year clinical evaluation of flowable composite resin containing pre-reacted glass-ionomer. *Pediat Dent J*. 2009; 19:89–97.
- 62- Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, et al. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. *J Am Dent Assoc*. 2014; 145:1036–1043.
- 63- Alsayed EZ, Hariri I, Nakashima S, Shimada Y, Bakhsh T, Tagami J, et al. Effects of coating materials on nanoindentation hardness of enamel and adjacent areas. *Dent Mater*. 2016; 32:807–816.
- 64- Salmerón-Valdés EN, Scougall-Vilchis RJ, Alanis-Tavira J, Morales-Luckie RA. Comparative study of fluoride released and recharged from conventional pit and fissure sealants versus surface prereacted glass ionomer technology. *J Conserv Dent*. 2016; 19:41–45.
- 65- Kimyai S, Pournaghi-Azar F, Mohammadi N, Babri M. Effect of hemostatic agent on marginal gaps of class V giomer restorations. *J Clin Exp Dent*. 2017; 9:e672–e676.
- 66- Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur. J. Dent*. 2013; 7:15–21.
- 67- Zainuddin N, Karpukhina N, Hill RG, Law RV. Characterisation of remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dent. Mater*. 2012; 28:1051–1058.
- 68- Van DW, Van DRN. Self hardening glass carbomer composition. US Patent. 2004.
- 69- Kucukyilmaz E, Savas S, Kavrik F, Yasa B, Botsali MS. Fluoride release/recharging ability and bond strength of glass ionomer cements to sound and caries-affected dentin. *Niger. J. Clin. Pract*. 2017; 20:226–234.
- 70- Beresescu L, Kovacs M, Vlase A, Stoica AM, Benedek C, Pop M, Bungardean D, Eșian D. Retention Ability of a Glass Carbomer Pit and Fissure Sealant. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 10:19:1966.

- 71-Hasan AMHR, Sidhu SK, Nicholson JW. Fluoride release and uptake in enhanced bioactivity glass ionomer cement ("glass carbomer™") compared with conventional and resin-modified glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci.* 2019; 21;27:e20180230.
- 72-Najeeb S, Khurshid Z, Matinlinna JP, Siddiqui F, Nassani MZ, Baroudi K. Nanomodified peek dental implants: Bioactive composites and surface modification—A review. *Int. J. Dent.* 2015; 381759.
- 73-Khurshid Z, Zafar M, Qasim S, Shahab S, Naseem M, AbuReqaiba A. Advances in nanotechnology for restorative dentistry. *Materials.* 2015; 8:717–731.
- 74-De CT, Vercruysse CW, Fraeyman S, Verbeeck RM. The influence of particle size and fluorine content of aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties. *Dent. Mater.* 2014; 30:1029–1038.
- 75-Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Khan AS, Zohaib S, Martí JM, Sauro S, Matinlinna JP, Rehman IU. Modifications in Glass Ionomer Cements: Nano-Sized Fillers and Bioactive Nanoceramics. *Int J Mol Sci.* 2016; 14;17:1134.
- 76-Konde S, Raj S, Jaiswal D. Clinical evaluation of a new art material: Nanoparticulated resin-modified glass ionomer cement. *J Int Soc Prevent Communit Dent.* 2012; 2: 42-47.
- 77-Neveen MA, Salwa AE, Osama MB. An in-vitro study of the physico-mechanical properties of a new esthetic restorative versus dental amalgam. *Revista de Clínica e Pesquisa Odontológica.* 2008; 4:137.
- 78-Abdallah RM, Abdelghany AM, Aref NS. Does Modification of Amalgomer with Propolis Alter Its Physicomechanical Properties? An In Vitro Study. *Int J Biomater.* 2020; 3180879.
- 79-Castro A, Feigal RE. Microleakage of a new improved glass ionomer restorative material in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent,* 2002; 24(1), 23- 8.
- 80-Amalgomer Kullanım Broşürü. 2003.
- 81-Karaca Z. Florid içerikli restoratif materyallerin florid salımlarının ve floridle yeniden yüklenebilme özelliklerinin değerlendirilmesi. 2018.
- 82-Urquhart O, Tampi MP, Pilcher L, et al. Non-restorative treatments for caries: systematic review and network meta-analysis. *J Dent Res.* 2019; 98:14–26.
- 83-Şirinoğlu Ç. Fluorid Salan Dental Materyaller *Clin Exp Health Sci* 2016; 6:129-134.
- 84-Iida H, Kumar JV. The association between enamel fluorosis and dental caries in U.S. schoolchildren. *J Am Dent Assoc.* 2009; 140:855–62.
- 85-Whitford GM. Acute toxicity of ingested fluoride. *Monogr Oral Sci.* 2011; 22:66–80.

- 86- Wong MC, Glenny AM, Tsang BW, et al. Topical fluoride as a cause of dental fluorosis in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010; 20:CD007693.
- 87- Hong L, Levy SM, Warren JJ, et al. Fluoride intake levels in relation to fluorosis development in permanent maxillary central incisors and first molars. *Caries Res*. 2006; 40:494–500.
- 88- Bayless JM, Tinanoff N. Diagnosis and treatment to acute fluoride toxicity. *J Am Dent Assoc*. 1985; 110:209–11.
- 89- Walsh T, Worthington HV, Glenny AM et al. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 2019; 3:CD007868.
- 90- Mejare I. Current guidance for fluoride intake: is it appropriate? *Adv Dent Res*. 2018; 29:167–76.
- 91- Toumba KJ, Twetman S, Splieth C, Parnell C, van Loveren C, Lygidakis NA. Guidelines on the use of fluoride for caries prevention in children: an updated EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2019; 20:507-516.
- 92- Pretty IA. High fluoride concentration toothpastes for children and adolescents. *Caries Res*. 2016; 50:9–14.
- 93- Cagetti MG, Campus G, Milia E, Lingström P. A systematic review on fluoridated food in caries prevention. *Acta Odontol Scand*. 2013; 71:381–7.
- 94- Stecksén BC, Sjöström I, Twetman S. Effect of longterm consumption of milk supplemented with probiotic lactobacilli and fluoride on dental caries and general health in preschool children: a cluster-randomized study. *Caries Res*. 2009; 43:374–81.
- 95- Bian JY, Wang WH, Wang WJ, Rong WS, Lo ECM. Effect of fluoridated milk on caries in primary teeth: 21-month results. *Commun Dent Oral Epidemiol*. 2003; 31:241–5.
- 96- Wennhall I, Hajem S, Ilros S, et al. Fluoridated salt for caries prevention and control—a 2-year field study in a disadvantaged community. *Int J Paediatr Dent*. 2014; 24:161–7.
- 97- Fabruccini A, Alves LS, Alvarez L, et al. Comparative effectiveness of water and salt community-based fluoridation methods in preventing dental caries among schoolchildren. *Commun Dent Oral Epidemiol*. 2016; 44:577–85.
- 98- Jordan RA, Schulte A, Bockelbrink AC, et al. Caries-preventive effect of salt fluoridation in preschool children in The Gambia: a prospective, controlled, interventional study. *Caries Res*. 2017; 51:596–604.
- 99- Tomasin L, Pusinanti L, Zerman N. The role of fluoride tablets in the prophylaxis of dental caries. A literature review. *Ann di Stomatol*. 2015; VI(1):1–5.

- 100- Kassebaum NJ, Smith AGC, Bernabe E, et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 Countries, 1990–2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors. *J Dent Res*. 2017; 96:380–7.
- 101- Ran T, Chattopadhyay SK. Economic evaluation of community water fluoridation: a community guide systematic review. *Am J Prev Med*. 2016; 50:790–6.
- 102- Freedman R, Diefenderfer KE. Effects of daily fluoride exposures on fluoride release by glass ionomer-based restoratives. *Oper Dent*. 2003; 28:178–85.
- 103- Caldeira ÉM, Osório A, Oberosler ELC, Vaitsman DS, Alviano DS, da Cunha GNM. Antimicrobial and fluoride release capacity of orthodontic bonding materials. *J Appl Oral Sci*. 2013; 21:327–34.
- 104- Neelakantan P, John S, Anand S, Sureshbabu N, Subbarao C. Fluoride release from a new glass-ionomer cement. *Oper. Dent*. 2011; 36:80-85.
- 105- Tiwari S, Kenchappa M, Bhayya D, Gupta S, Saxena S, Satyarth S, Singh A, Gupta M. Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. *J Clin Diagn Res* 2016; 10:ZC90.
- 106- Marsh PD. Controlling the oral biofilm with antimicrobials. *J Dent*. 2010; 38:S11–5.
- 107- Bayrak S, Tunc ES, Aksoy A, Ertas E, Guvenc D, Ozer S. Fluoride release and recharge from different materials used as fissure sealants. *Eur J Dent* 2010; 4:245- 50.
- 108- Dhondt C, De Maeyer E, Verbeeck R. Fluoride Release from Glass Ionomer Activated with Fluoride Solutions. *J Dent Res* 2001; 80:1402-06.
- 109- De Moor RJ, Verbeeck RM. Effect of encapsulation on the fluoride release from conventional glass ionomers. *Dent Mater*. 2002; 18:370-5.
- 110- Kishore G, Sai-Sankar A, Pratap GM, Sridhar M, Pranitha K, Sai KV. Comparative evaluation of fluoride releasing ability of various restorative materials after the application of surface coating agents—an in-vitro study. *J Clin Diagn Res*. 2016; 10:ZC38.
- 111- Poggio C, Andenna G, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Cucca L. Fluoride release and uptake abilities of different fissure sealants. *J Clin Exp Dent*. 2016; 8:e284-9.
- 112- Abudawood S, Donly KJ. Fluoride release and re-release from various esthetic restorative materials. *Am J Dent*. 2017; 30:47-51.
- 113- Basso GR, Della Bona Á, Gobbi DL, Cecchetti D. Fluoride release from restorative materials. *Braz. Dent. J*. 2011; 22:355-58.
- 114- Gjorgievska E, Nicholson JW, Gjorgovski I, Iljovska S. Aluminium and fluoride release into artificial saliva from dental restoratives placed in teeth. *J Mater Sci Mater Med*. 2008; 19:3163-7.

- 115- Jablonowski BL, Bartoloni JA, Hensley DM, Vandewalle KS. Fluoride release from newly marketed fluoride varnishes. *Quintessence Int.* 2012; 43:221-8.
- 116- Suebsureekul P, Viteporn S. Release of fluoride from orthodontic adhesives and penetration into enamel. *J Orofac Orthop* 2017; 78:185-92.
- 117- Bek B, Gülmez A. Konvansiyonel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlarda florid salınımı. *G Ü Dişhek Fak Derg* 2001; 18: 45- 51.
- 118- Itota T, Carrick TE, Rusby S, Al-Naimi OT, Yoshiyama M, McCabe JF. Determination of fluoride ions released from resin-based dental materials using ion-selective electrode and ion chromatograph. *J Dent.* 2004; 32:117–22.
- 119- Vermeersch G, Leloup G, Delmée M, Vreven J. Antibacterial activity of glass-ionomer cements, compomers and resin composites: Relationship between acidity and material setting phase. *J Oral Rehabil.* 2005; 32:368–74.
- 120- Feiz A, Nicoo MA, Parastesh A, Jafari N, Sarfaraz D. Comparison of antibacterial activity and fluoride release in tooth-colored restorative materials: Resin-modified glass ionomer, zirconomer, giomer, and cention N. *Dent Res J.* 2022; 14:19:104.
- 121- Nigam AG, Jaiswal JN, Murthy RC, et al.. Estimation of fluoride release from various dental materials in different media-an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2009; 2:1–8.
- 122- Gururaj M, Shetty R, Nayak M, Shetty S, Kumar C. Fluoride releasing and uptake capacities of esthetic restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14:887-91. 190.
- 123- Arısu HD, Bala O, Üçtaşlı MB, Kalaycı Ş. Cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit rezinlerin florid salma özellikleri. *GÜ Diş Hek Fak Derg.* 2007; 24:157-61.
- 124- Bayrak GD, Sandalli N, Selvi KS, Topcuoglu N, Kulekci G. Effect of two different polishing systems on fluoride release, surface roughness and bacterial adhesion of newly developed restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2017; 29:424-3.
- 125- Ruengrungsom C, Burrow MF, Parashos P, Palamara JEA. Evaluation of F, Ca, and P release and microhardness of eleven ion-leaching restorative materials and the recharge efficacy using a new Ca/P containing fluoride varnish. *J Dent.* 2020; 102,103474.
- 126- Oliveira LC, Dos Santos PH, Ramos FSS, Moda MD, Briso ALF, Fagundes TC. Wear, roughness and microhardness analyses of single increment restorative materials submitted to different challenges in vitro. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2020; 22,247-255.
- 127- Karakaş SN and Küden C. AFM and SEM/EDS characterization of surfaces of flourine-releasing bulk-fill restorative materials aged in common liquids. *Journal of Oral Science.* 2022; 64:202-207.
- 128- Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: a review and a proposal for classification, *Materials.* 2020; 13:2313.

- 129- Bai X, Lin C, Wang Y, Ma J, Wang X, Yao X, Tang B. Preparation of Zn doped mesoporous silica nanoparticles (Zn-MSNs) for the improvement of mechanical and antibacterial properties of dental resin composites, *Dent. Mater.* 2020; 36: 794–807.
- 130- Zheng L, Li K, Ning C, Sun J. Study on antibacterial and fluoride-releasing properties of a novel composite resin with fluorine-doped nano-zirconia fillers. *J Dent.* 2021; 113:103772.
- 131- Yamakami SA, Ubaldini ALM, Sato F, Medina NA, Pascotto RC, Baesso ML Study of the chemical interaction between a high-viscosity glass ionomer cement and dentin. *Journal of Applied Oral Science.* 2018; 26.
- 132- Bhattacharya A, Vaidya S, Anil K, Tomer A, Raina A. GIC at its best-a review on ceramic reinforced. *GIC.* 2017; 3:405–408.
- 133- Abdallah RM, Abdelghany AM, Aref NS. Does Modification of Amalgomer with Propolis Alter Its Physicomechanical Properties? An In Vitro Study. *Int J Biomater.* 2020; 11:3180879.
- 134- Gautam E, Somani R, Jaidka S, Hussain S. A comparative evaluation of compressive strength and antimicrobial efficacy of Fuji IX and Amalgomer CR: An in vitro study. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2020; 10:118-121.
- 135- Senthilkumar A, Chhabra C, Trehan M, Pradhan S, Yadav S, Shamsudeen NH. Comparative Evaluation of Fluoride Release from Glass Ionomer, Compomer, and Giomer Sealants Following Exposure to Fluoride Toothpaste and Fluoride Varnish: An *In Vitro* Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022; 15:736-738.
- 136- Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater.* 2007; 23:343–362.
- 137- Poggio C, Andenna G, Ceci M, et al. Fluoride release and uptake abilities of different fissure sealants. *J Clin Exp Dent.* 2016; 8:e284–e289.
- 138- Kelić M, Kilić D, Kelić K, Šutej I, Par M, Peroš K, Tarle Z. The Fluoride Ion Release from Ion-Releasing Dental Materials after Surface Loading by Topical Treatment with Sodium Fluoride Gel. *J Funct Biomater.* 2023; 14:102.
- 139- Marovic D, Par M, Posavec K, Marić I, Štajdohar D, Muradbegović A, Taubock TT, Attin T, Tarle Z. Long-term assessment of contemporary ion-releasing restorative dental materials. *Materials.* 2022; 15:4042.
- 140- Par M, Gubler A, Attin T, Tarle Z, Tarle A, Prskalo K, Tauböck TT. Effect of adhesive coating on calcium, phosphate, and fluoride release from experimental and commercial remineralizing dental restorative materials. *Sci. Rep.* 2022; 12:10272.
- 141- Di Lauro A, Di Duca F, Montuori P, Dal Piva AMO, Tribst JPM, Borges ALS, Ausiello P. Fluoride and Calcium Release from Alkasite and Glass Ionomer Restorative Dental Materials: In Vitro Study. *J Funct Biomater.* 2023; 15:14(2):109.

ETİK KURUL KARARI

Tarih ve Sayı: 20.05.2022-893001



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**



Sayı :597

17.05.2022

Konu : Doç.Dr. Mine KORUYUCU

**Doç.Dr. Mine KORUYUCU
Pedodonti Anabilim Dalı Başkanlığı**

**İlgi: İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti
Anabilim Dalının 06.04.2022 gün ve 814220 sayılı yazısı.**

Sorumlu araştırmacılığını üstlendiğiniz 2022/25 dosya nolu "Florür Salınımı Yapan Farklı Restoratif Materyallerin Süt Dişlerine Etkilerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi"başlıklı çalışma kurulumuzun 17/05/2022 tarih ve 124 sayılı toplantısında görüşülerek etik yönden uygun bulunmuş ve tutanaklar ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

**Prof.Dr. Funda YALÇIN
İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik
Araştırmalar Etik Kurul Başkanı
E-imza**

Eki: İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu

İNTİHAL RAPORU



2023-07-02 19:21:19.0

Benzerlik Raporu

MUSTAFA OKTAY adına yüklenen " **FLORÜR SALINIMI YAPAN FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN SÜT DİŞLERİNE ETKİLERİNİN IN VITRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**" isimli eserin benzerlik testi yapılmıştır. Test sonucunda benzerlik oranı **%16** bulunmuştur.



Doküman Kodu : 616918_1688314848956

Doküman Kodu ile bu dokümanın doğruluğu
<https://app.intihal.net/kontrol.jsp> adresinden kontrol edilebilir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı: Mustafa

Soyadı: Oktay

Eğitim Bilgileri

İlköğretim: Gazi İlkokulu 2002-2007

Ortaöğretim: Doğu Akdeniz Ortaokulu 2007-2010

Lise: Gazimağusa Türk Maarif Koleji 2010-2014

Üniversite: Ondokuz Mayıs Üniversitesi 2014-2019

Akademik ve Mesleki Deneyim

Araştırma Görevlisi/Uzmanlık Öğrencisi; İstanbul Üniversitesi Çocuk Diş Hekimliği
Anabilim Dalı 2020-

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

1. Türk Pedodonti Derneği (TPD)

Ulusal ve Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Takdim Edilen, Bildiri Kitabında Basılan Poster Sunumlar ve Yayınlar

- 1- **Oktay M.** and Seymen F. Capillary Hemangioma in a 4-Year-Old Child: Case Report. The 28th Congress of the IAPD. (2021).
- 2- **Mustafa O.**, Merve Ö., Vakur O., Yelda K. ve Figen S. İnflamatuvar Dentigeröz Kist: Olgu Sunumu. (2021).
- 3- **Oktay M.**, Koruyucu M. and Guven Y. Extrusive Luxation and Avulsion: Two Cases Reports. PDAA Congress. (2022).
- 4- **Mustafa O.** ve Mine K. Komplike Kuron-Kök Kırığının Protetik Tedavisi: Olgu Sunumu. TPD Kongre. (2022).

- 5- **Mustafa O.**, Seyda O., Mine K. ve Arzu PE. Travma sonucu meydana gelen kronik kırıklarının reataçman tekniği ile tedavi edilmesi: Olgu Sunumu. TPD Kongre. (2022).
- 6- **Oktay M.**, Koruyucu M. ve Erdem AP. Çocuk Diş Hekimliğinde Üç Boyutlu Modelleme. Ağız İçi Tarayıcılar ve Dijital Ölçü. 1. Baskı. Türkiye Klinikleri; 2023. p.79-84.
- 7- E. Imren; **M. Oktay**; Y. Kasimoglu Eldem; Y. Guven. Management of self-induced tongue trauma in a child with neurological disorder: A case report. Department of Pedodontics, Faculty of Dentistry, İstanbul University, İstanbul, Turkey. IAPD Congress. (2023)
- 8- **Mustafa O.** ve Mine K. Çocuk hastada sol maksiller bölgede görünen kompaund odontoma: Olgu Sunumu. TPD Kongre. (2023).
- 9- **Oktay M.** ve Koruyucu M. Serbest Diş Hekimlerinin Çocuk Hastada Antibiyotik Reçete Etme Konusunda Bilinç Düzeyinin Değerlendirilmesi: İleriye Yönelik Tanımlayıcı Araştırma. 1. Baskı. Türkiye Klinikleri; 2023. 98201.

Katıldığı Bilimsel Etkinlikler, Toplantılar

- 1- IAPD20 Virtual (2020)
- 2- The 28th Congress of the IAPD (2021)
- 3- Türk Pedodonti Derneği 27. Bilimsel Kongresi (2021)
- 4- The 12th Biennial Congress of Pediatric Dentistry (2022)
- 5- Türk Pedodonti Derneği 28. Bilimsel Kongresi (2022)
- 6- 26. TDB Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi (2022)
- 7- Türk Pedodonti Derneği 29. Bilimsel Kongresi (2023)