

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**FLORİD İÇERİKLİ RESTORATİF  
MATERYALLERİN FLORİD SALIMLARININ VE  
FLORİDLE YENİDEN YÜKLENEBİLME  
ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Zehra KARACA**

**ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA**

**2018-KIRIKKALE**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PEDODONTİ ANABİLİM DALI**

**FLORİD İÇERİKLİ RESTORATİF  
MATERYALLERİN FLORİD SALIMLARININ VE  
FLORİDLE YENİDEN YÜKLENEBİLME  
ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. Zehra KARACA**

**ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA**

**2018-KIRIKKALE**

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Pedodonti Ana Bilim Dalında Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 22.03.2018

Prof. Dr. Nurhan ÖZALP

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA

Kırıkkale Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Danışman

Dr. Öğr. Üy. Volkan ARIKAN

Kırıkkale Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Üye

Dr.Öğr. Üy. Yusuf BAYRAKTAR

Kırıkkale Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Üye

Dr.Öğr.Üy.Merve ERKMEN ALMAZ

Kırıkkale Üniversitesi  
Diş Hekimliği Fakültesi  
Üye

## İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	II
İçindekiler .....	III
Önsöz .....	V
Simgeler ve Kısaltmalar .....	VI
Şekiller .....	X
Çizelgeler .....	XI
Özet .....	XII
Summary .....	XIV
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Cam İyonomer Simanlar .....	3
2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar .....	3
2.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması .....	7
2.1.1.2. Cam İyonomer Simanların Florid Salımı ve Yeniden Yüklenme Özelliği.....	10
2.1.1.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Güçlendirilmesi İçin Uygulanan Yöntemler.....	12
2.1.1.3.1. Cam İyonomer Tozuna Fiber Eklenmesi .....	13
2.1.1.3.2. Cam İyonomer Simanların Tozuna Hidroksiapatit Eklenmesi .....	13
2.1.1.3.3. Cam İyonomer Simanların Tozuna Biyoaktif Cam Partiküllerinin Eklenmesi.....	14
2.1.1.3.4. Cam İyonomer Simanların Tozuna Montmorillonit Kil Eklenmesi .....	15
2.1.1.3.5. Cam İyonomer Simanlara Nano Partikül Eklenmesi .....	15
2.1.1.3.6. Cam İyonomer Simanlara Çinko Eklenmesi.....	16
2.1.1.3.7. Cam İyonomer Simanlara Monokalsiyum Silikat Eklenmesi.....	17
2.1.1.3.8. Cam İyonomer Simanlara Isı Uygulanması .....	18
2.1.1.3.9. Cam İyonomer Simanların Ultrasonik Dalgalarla Aktivasyonu .....	18
2.1.1.3.10. Cam İyonomer Simanların Kapsül Formunda Hazırlanması .....	19
2.1.1.3.11. Cam İyonomer Simanların Polimerizasyonu Sırasındaki Ortamı.....	20
2.1.1.4. Cam İyonomer Simanların Tipleri .....	21
2.1.1.5. Cam İyonomer Simanların Kullanım Alanları .....	23
2.2. Hibrit Cam İyonomer Simanlar.....	25
2.2.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar .....	25
2.2.2. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler) .....	27
2.2.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar .....	30
2.2.4. Giomerler .....	32
2.2.5. Cam Karbomerler.....	36
2.2.6. Nano-iyonomerler .....	42
2.2.7. Zirkonomerler .....	45
2.2.8. Amalgomerler .....	47
2.2.9. Yeni Jenerasyon Cam Hibrit Materyaller .....	50
2.3. FLOR .....	52
2.3.1. Floridin Çürük Oluşumunu Önlemedeki Etkisi .....	53
2.3.2. Florid Uygulamaları .....	54
2.3.2.1. Sistemik Florid Uygulamaları .....	54

2.3.2.2. Topikal Florid Uygulamaları .....	55
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	59
3.1. Üretici Firmaların Tavsiyeleri Doğrultusunda Restoratif Materyallerin Hazırlanması .....	63
3.2. Örneklere Bitirme Polisaj İşlemlerinin Yapılması .....	71
3.3. Polietilen Örnek Kaplarının Hazırlanması .....	73
3.4. TISAB Çözeltilerinin Hazırlanması .....	73
3.5. 50 ppm'lik Standard Stok Florid Çözeltilerinin Hazırlanması .....	74
3.6. Kalibrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması .....	74
3.7. Materyallerin Florid İyonu Salımı Özelliklerinin Araştırılması .....	76
3.8. Materyallerin Topikal Floridle Yeniden Yüklenmesi Özelliklerinin Araştırılması .....	77
4. BULGULAR .....	78
4.1. Restoratif Materyallerin Florid Salımları ile İlgili Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi ve Bulgular .....	78
4.2. Restoratif Materyallere % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonraki (Yeniden Yüklenme) Florid Salımı İle İlgili Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi ve Bulgular .....	82
4.3. Restoratif Materyallere % 1,23'lük APF Jel Uygulanmadan önceki ve Uygulandıktan Sonraki (Yeniden yüklenme) Florid Salımı İle İlgili Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi ve Bulgular .....	87
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	89
KAYNAKLAR .....	115
ÖZGEÇMİŞ .....	145

## ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca büyük anlayış, sabır ve özenle bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, bana karşı olan güven, sevgi ve desteğini her zaman hissettiğim, saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Aylin AKBAY OBA'ya,

Tezimin başlangıcından bitimine kadar önerilerini ve yardımlarını benden esirgemeyen, güler yüzlü, anlayışlı bir şekilde değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık tutan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Nurhan ÖZALP'e,

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer hocalarım Yrd. Doç. Dr. Volkan ARIKAN ve Yrd. Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ'a,

Engin bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, tez çalışmam boyunca sabırlı, anlayışlı, fedakar ve güler yüzlü bir şekilde yanımda olan, tezimin istatistiksel değerlendirmelerini titizlikle gerçekleştiren Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Analitik Kimya Anabilim Dalı Öğretim Üyelerinden saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mustafa TAŞTEKİN'e,

Tez çalışmam boyunca desteklerini benden esirgemeyen canım arkadaşlarımla Uzm. Dt. Aslı SOĞUKPINAR ve Arş. Gör. Tuğçe ÖZMEN'e,

Kırıkkale Pedodonti ailesinin araştırma görevlileri ve çalışanlarına,

Beni bugünlere getiren, üzerimde sonsuz emekleri olan, ne olursa olsun her zaman yanımda olduklarını hissettiğim, tökezlediğim her anda elimden tutup kaldıran, hep iyi olmam için çabalayan ve her zaman yanımda olmalarını dilediğim en değerli varlıklarım canım AİLE'me,

Tanıdığım günden bugüne kadar maddi manevi desteğini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olan, uzmanlık eğitimim boyunca karşıma çıkan zorluklarda hayata sınımsız tutunmamı sağlayan sırdaşım, dostum, hayat arkadaşım, sevgili eşim Umut KARACA'ya teşekkür ederim.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>A. viscosus</b>	Actinomyces Viscosus
<b>AAPD</b>	American Academy of Pediatric Dentistry
<b>ADA-MMT</b>	Amino-Dodekanoikasit Montmorillonit Kil
<b>Ag/AgCl</b>	Gümüş/Gümüş klorür
<b>Ag-Sn</b>	Gümüş kalay
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alümina
<b>Al<sup>3+</sup></b>	Alüminyum katyonu
<b>AlF<sub>3</sub></b>	Alüminyum Triflorid
<b>APF</b>	Asidüle Fosfat Florid
<b>APF</b>	Asidüle Fosfat Florid
<b>APHA</b>	American Public Health Association
<b>ASPA</b>	Alumino Silikat Poliakrilik Asit
<b>B</b>	Bor
<b>BAC</b>	Biyoaktif Cam
<b>BaSO<sub>4</sub></b>	Baryum oksit
<b>Br</b>	Brom
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Kalsiyum katyonu
<b>CaF<sub>2</sub></b>	Kalsiyum Florid
<b>CFS</b>	Compressive Fracture Strength (Sıkışma Dayanımı)
<b>CH</b>	Cam Hibrit
<b>CiS</b>	Cam İyonomer Siman
<b>CK</b>	Cam Karbomer
<b>COOH</b>	Karboksilik Asit
<b>DTS</b>	Diametrial Tensile Strength (Dimetrial Bükülme Dayanımı)
<b>EPA</b>	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

<b>EQUIA</b>	Easy Quick Unique Intelligent Aesthetic
<b>ErYAG Lazer Erbiyum</b>	Yitriyum-Aluminyum Garnet Lazer
<b>F<sup>-</sup></b>	Florid iyonu
<b>F-PRG</b>	Full- Pre-Reacted Glass İonomer Fillers
<b>g</b>	Gram
<b>G-200</b>	200. Cam Bileşeni
<b>GCİS</b>	Geleneksel Cam İonomer Simanlar
<b>Gİ</b>	Giomer
<b>HA</b>	Hidroksiapatit
<b>HEMA</b>	Hidroksietil Metakrilat
<b>HF</b>	Hidrojen Florid
<b>HHS</b>	Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanı
<b>IC</b>	İyon Kromatografisi
<b>ISE</b>	İyon Seçici Elektrot
<b>ISO</b>	International Organisation for Standardisation
<b>KMEM</b>	Ketac Molar Easy Mix
<b>KR</b>	Kompozit Rezin
<b>l</b>	Litre
<b>L. casei</b>	Laktobacillus Casei
<b>La<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Lantanum oksit
<b>LED</b>	Light Emitting Diode
<b>M</b>	Molar
<b>ml</b>	Mililitre
<b>MMT</b>	Montmorillonit Kil
<b>MMT</b>	Montmorillonit
<b>MPa</b>	Mega Paskal
<b>MPa</b>	Megapaskal
<b>MS</b>	Mutans Streptokoklar



<b>mV</b>	milivolt
<b>mW/cm<sup>2</sup></b>	miliwatt/santimetre kare
<b>Na</b>	Sodyum
<b>NaCl</b>	Sodyum Klorür
<b>NaF<sub>2</sub></b>	Sodyum Florid
<b>NaMFP</b>	Sodyummonoflorofosfat
<b>NaOH</b>	Sodyum Hidroksit
<b>Nİ</b>	Nanoiyonomer
<b>nm</b>	Nanometre
<b>OH<sup>-</sup></b>	Hidroksil iyonu
<b>PAA</b>	Poliakrilik Asit
<b>pH</b>	Power of hydrogen
<b>PMKR</b>	Poliasitle Modifiye Kompozit Rezin
<b>PRG</b>	Pre-Reacted Glass-ionomer
<b>PVPA</b>	Polivinilfosfonik Asit
<b>RBCs</b>	Resin-based composites
<b>RMCİS</b>	Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar
<b>RPM</b>	Revolutions Per Minute
<b>SEM</b>	Scanning Electron Mikroskop (Taramalı elektron mikroskobu)
<b>Si</b>	Silisyum
<b>SiF<sub>4</sub></b>	Silisyum Tetraflorid
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Silika
<b>sn</b>	Saniye
<b>SnF<sub>2</sub></b>	Kalay Florid
<b>S-PRG</b>	Surface-Pre-Reacted Glass İonomer Fillers
<b>SrO</b>	Stronsiyum oksit
<b>TEGDMA</b>	Tri Etilen Glikol Dimetakrilat

<b>TFS</b>	Three-Point Flexure Strength (Üç Noktadaki Bükülme Kuvvetlerine Karşı Dayanıklılık)
<b>TISAB</b>	Total Ionic Strength Adjustment Buffer
<b>TiO<sub>2</sub></b>	Titanyum Dioksit
<b>UDMA</b>	Üretan dimetakrilat
<b>YVCİS</b>	Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar
<b>ZnO</b>	Çinko oksit
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	Zirkonyum Dioksit
<b>µl</b>	Mikrolitre
<b>µm</b>	Mikrometre

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 1.1:</b>	Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonu.....	8
<b>Şekil 1.2:</b>	HEMA'nın Kimyasal Formülünün Açılımı.....	25
<b>Şekil 2.1a:</b>	Çalışmamızda kullandığımız GCİS-İonofil U.....	64
<b>Şekil 2.1b:</b>	Çalışmamızda kullandığımız dijital hassas terazi.....	64
<b>Şekil 2.2:</b>	Dolgu materyallerine ait örneklerin hazırlandığı paslanmaz çelik kalıp .....	64
<b>Şekil 2.3:</b>	Paslanmaz çelik kalıp içerisinde 5 mm çapında 2 mm kalınlığında hazırlanan yuvalara dolgu materyallerinin yerleştirilmesi .....	65
<b>Şekil 2.4:</b>	Çalışmamızda kullandığımız cam hibrit restoratif materyal-Equia Forte, kapsül tabancası ve Elipar S10 LED cihazı .....	66
<b>Şekil 2.5:</b>	Çalışmamızda kullanılan 2850 rpm hızına sahip Rotomix.....	66
<b>Şekil 2.6:</b>	Çalışmamızda kullanılan RMCİS-Photac Fil Quick Aplicap, aplicap aktivatörü ve kapsül tabancası .....	68
<b>Şekil 2.7:</b>	Çalışmamızda kullanılan cam karbomer - Glass Fill, KarboLED ışık cihazı ve kapsül tabancası.....	69
<b>Şekil 2.8:</b>	Çalışmamızda kullanılan Giomer-Beautifil II .....	70
<b>Şekil 2.9:</b>	Deiyonize su içine atılmış İonofil U, Beautifil II, Glass Fill, Photac Fil Quick Aplicap, Equia Forte örnekleri .....	71
<b>Şekil 2.10:</b>	Örneklerin bekletildiği etüv.....	71
<b>Şekil 2.11:</b>	Çalışmada kullanılan 12 bıçaklı tungsten karbid frez ve Sof-Lex Diskler .....	72
<b>Şekil 2.12:</b>	Örneklere bitirme ve polisaj yapılması.....	72
<b>Şekil 2.13:</b>	Örneklere ait kalibrasyon grafiği.....	75
<b>Şekil 2.14:</b>	a) Potansiyometre b) Ag/AgCl referans elektrot c) Florür iyonlarına duyarlı florür iyon seçici elektrot d) Magnetik karıştırıcı e) Kalibrasyon çözeltileri .....	76
<b>Şekil 3.1:</b>	Restoratif Materyallerin İlk Hafta Florid Salımının Grafiği .....	81
<b>Şekil 3.2:</b>	Restoratif Materyallerin 4 Hafta Boyunca Florid Salımının Grafiği.....	81
<b>Şekil 3.3:</b>	Restoratif Materyallerin % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra İlk Hafta Florid Salımının Grafiği .....	85
<b>Şekil 3.4:</b>	Restoratif Materyallerin % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra 4 Hafta Boyunca Florid Salımının Grafiği .....	85

## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 1.1:</b> Cam İyonomer Simanların Gelişimsel Süreçleri.....	6
<b>Çizelge 2.1:</b> Çalışmada Kullanılan Florid İçerikli Restoratif Materyaller .....	60
<b>Çizelge 2.2:</b> Deneyde Kullanılan Cihazlar .....	61
<b>Çizelge 2.3:</b> Deneyde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Dental Malzemeler.....	62
<b>Çizelge 2.4:</b> Deney Sırasında Kalibrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması.....	74
<b>Çizelge 3.1:</b> Materyallerin Florid Salım Değerleri (ppm F <sup>-</sup> /g materyal).....	79
<b>Çizelge 3.2:</b> % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra Materyallerin Yeniden Yüklenme Kapasitesi (ppm F <sup>-</sup> /g materyal) .....	83
<b>Çizelge 3.3:</b> Restoratif Materyallerin ilk 28 gün ve Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonraki 28 gün boyunca Florid Salım Konsantrasyonlarının Karşılaştırması (ppm F <sup>-</sup> / g materyal) .....	86



## ÖZET

### **Florid İçerikli Restoratif Materyallerin Florid Salımlarının ve Floridle Yeniden Yüklenebilme Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

Bu tez çalışmasında, yeni jenerasyon cam hibrit restoratif materyallerin in vitro koşullarda florid salım konsantrasyonları ve floridle yeniden yüklenebilme kapasiteleri değerlendirilmiştir.

İonofil U (GCİS), Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS), Beautifil II (Gİ), Equia Forte (CH), Glass Fill (CK) restoratif materyalleri 5 mm çapında 2 mm derinliğindeki paslanmaz çelik kalıplara yerleştirilerek, her materyalden 17 adet hazırlanmıştır. Örnekler, 24 saat boyunca % 95 bağıl nemde 37°C'da saklanmıştır. Örnekler hazırlandıktan 24 saat sonra, karbid frez yardımıyla bitirme işlemleri, Sof-lex diskler ile polisaj işlemleri yapılmıştır. Her gruptan bir adet örneğe bitirme polisaj işlemleri yapılmamıştır. Örnekler, deney periyodu boyunca 5 ml deiyonize su içeren polietilen tüplere aktarılmıştır ve 37°C'da bekletilmiştir. Örneklerin florid salım konsantrasyonları 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerde florid iyonuna duyarlı olan iyon seçici elektrod kullanılarak ölçülmüştür. 28. günde örneklere 4 dakika boyunca 2 ml % 1,23'lük APF jel (İonite) uygulanmıştır. Daha sonra, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerde materyallerin florid salım konsantrasyonları ölçülerek, floridle yeniden yüklenebilme kapasiteleri değerlendirilmiştir. Her deney periyodunda florid iyonu ölçümlerinde 24 saatlik süre baz alınarak ölçüm yapılmıştır.

Her bir materyalin farklı günlerdeki florid salım konsantrasyonları ve farklı materyallerin aynı günlerdeki florid salım konsantrasyonları ANOVA testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Materyallerin başlangıçtaki florid salım konsantrasyonları ile APF jel uygulandıktan sonraki florid salım konsantrasyonları ise, Student t-testi kullanılarak kıyaslanmıştır. Aksi belirtilmedikçe  $p < 0.05$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Araştırmamızın sonucunda, İonofil U'nun ilk iki gün boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde diğer materyallerden daha fazla miktarda florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Equia Forte'un 3,

4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerde, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde diğer materyallerden daha yüksek konsantrasyonda florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi gösterdiği tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Glass Fill'in florid salım konsantrasyonunun ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin, Photac Fil Quick Aplicap ve Beautifil II materyallerine kıyasla, tüm deney periyodu boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla olduğu rapor edilmiştir ( $p<0,05$ ). Tüm deney periyodu boyunca, florid salım konsantrasyonu ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi en düşük olan materyalin Beautifil II olduğu saptanmıştır. Ayrıca bitirme polisaj yapılmayan örneklerin florid salım konsantrasyonlarının, bitirme polisaj yapılan örneklerle kıyasla daha düşük olduğu bulgulanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Florid Salımı, Yeniden Yüklenme, Geleneksel Cam İyonomer Siman, Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman, Cam Karbomer, Giomer, Cam Hibrit Materyal

## SUMMARY

### **Evaluation of Fluoride Release and Recharge Characteristics of Fluoride-Containing Restorative Materials**

In this study, fluoride release concentrations and fluoride recharge capacities of new generation glass ionomer cement containing restorative materials were evaluated in vitro.

Ionofil U (CGIC), Equia Forte (GH), Glass Fill (GC) Photac Fil Quick Aplicap (RMGIC) and Beautifil II (GI) restorative materials have been prepared in accordance with the manufacturers' recommendations. 2 mm deep stainless steel molds with a diameter of 5 mm were used to prepare the specimens (n = 17). Samples were stored at 37°C in 95% relative humidity for 24 hours. 24 hours after preparation, the specimens were finished with carbide bur and polished with Sof-lex discs. Finishing polish was not applied for one sample in each group. Samples were transferred to polyethylene tubes containing 5 ml of deionized water during the experimental period and incubated at 37°C. Fluoride release concentrations of the samples were measured on days 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 and 28 using ion selective electrodes sensitive to fluoride ions. On day 28, 2 ml of 1.23% APF gel (Ionite) was applied to the specimens for 4 minutes. Fluoride recharge capacities were then evaluated by measuring the fluoride release concentrations of the materials during the specified times. For each test period, the fluoride ion measurements were determined based on a 24-hour period.

Fluoride release concentrations on different days of each material and fluoride release concentrations on different days of different materials were statistically compared by ANOVA test. Initial fluoride release concentrations and after APF gel application were compared using Student's t-test.  $p < 0.05$  was considered statistically significant.

As a result, Ionofil U showed statistically significant increase in fluoride release and fluoride recharge capacity when compared to other materials over the first two days of experiment ( $p < 0.05$ ). It was observed that Equia Forte showed significantly higher fluoride release and fluoride recharge capacity than other materials on days 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 and 28 ( $p < 0.05$ ). It was reported that the fluoride release concentration and

fluoride recharge capacity of Glass Fill were significantly higher over the entire experimental period ( $p < 0.05$ ) compared to the Photac Fil Quick Aplicap and Beautifil II materials. During the entire study, Beautifil II had the lowest fluoride release concentration and fluoride recharge capacity. It was also found that the fluoride release concentrations of the samples without finishing polish were lower than polished samples.

**Key Words:** Fluoride Release, Recharge, Conventional Glass Ionomer Cement, Resin Modified Glass Ionomer Cement, Glass Carbomer, Giomer, Glass Hybrid Material





## 1. GİRİŞ

Diş çürükleri, en yaygın görülen hastalıklardandır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde çürük prevalansı azalmış olmasına rağmen, diş çürüğü dünyadaki çocukların büyük bir bölümünü etkileyen bir problem olmaya devam etmektedir. Beslenme ve oral hijyen alışkanlıklarının yanı sıra; tükürük akış hızı, dişlerin anatomisi, genetik, ağız florası ve florid alımı gibi çok çeşitli faktörler, çürük oluşumunda rol oynamaktadır (Kang ve ark. 2011).

Günümüzde kullanılan florid içerikli restoratif materyaller çevre diş dokularına ve ağız ortamına florid salmaktadır. Bu restoratif materyaller, Geleneksel Cam İyonomer Siman (GCİS), Resin Modifiye Cam İyonomer Siman (RMCİS), Poliasit Modifiye Kompozit Resinler (PMKR), Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar (YVCİS), Cam Karbomerler (CK), Giomerler (Gİ), Nanoiyonomerler (Nİ), Yeni Jenerasyon Cam Hibrit Restoratif Materyal (CH), zirkonomerler, amalgomerler, florid ilave edilmiş fissür örtücü materyaller ve florid içeren kompozit rezinlerdir rezinlerdir (Bayrak ve ark. 2017, Tiwari ve ark. 2016, Neelakantan ve ark. 2011). Florid iyonu, başlangıç aşamasındaki çürüklerin remineralizasyonunu sağlamakta olup, yeni çürüklerin oluşumunu da önlemektedir. Bu iyon antikaryojenik etkisini; plak oluşumunu ve bakteriyel gelişimi önleyerek, demineralizasyonu azaltıp, remineralizasyonu artırarak göstermektedir (Wiegand ve ark. 2007).

Floridin çürük oluşumunu önleme ve başlangıç çürüklerinin remineralizasyonunu sağlama özelliklerine sahip olması nedeniyle Çocuk Diş Hekimliği'nde florid salan restoratif materyallerin uygulanması tercih edilmektedir. Ancak florid içerikli restoratif materyallerin yapısında farklı bileşenlerin bulunması ve geçirgenliklerinin farklı olması nedeniyle, florid salımı ve yeniden yüklenme (Recharge) miktarları da farklılık göstermektedir (Dionysopoulos ve ark. 2013, Wiegand ve ark. 2007).

Yeni jenerasyon restoratif materyaller olan Glass Fill (CK) ve cam hibrit yapıdaki Equia Forte'un (CH) üretici firmaları, bu materyallerin yüksek oranlarda florid iyonu saldığı iddia etmekte ve materyallerin çürük insidansı yüksek olan bireylerde kullanımını tavsiye etmektedir. (Equia Forte Fill 2016, GCP-Glass Carbomer 2011). Yapılan literatür taraması sonucunda, Equia Forte'un (CH) florid salım

konsantrasyonları ve floridle yeniden yüklenme kapasitesini değerlendiren bir çalışma olmadığı, Glass Fill (CK) ile ilgili sınırlı sayıda bilgi olduğu görülmüş, bu materyallerin yüksek oranda florid salımı yaptığı bilinen materyallerle birlikte aynı koşullar altında değerlendirilmesinin literatür bilgisine katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle çalışmamızda aynı çalışma koşulları altında cam iyonomer ve cam hibrit yapıdaki restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonlarını ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Güncel restoratif materyallerin in vitro ortamda florid salımlarını ve yeniden yüklenebilme özelliklerini incelediğimiz çalışmamızın çocuk diş hekimlerinin restoratif materyal tercihlerinde yol gösterici olacağını düşünmekteyiz.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Cam İyonomer Simanlar

#### 2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarında, kronlar, inleyler, postlar, köprüler ve ortodontik bantların simantasyon materyali, kaide materyali ve dolgu materyali olarak kullanılmak üzere üç adet farklı siman (çinko oksit öjenol (1875), çinko fosfat (1879) ve silikat siman (1908)) geliştirilmiştir (Kanık ve Türkün 2016). 1960'lı yılların başında, HA (Hidroksiapatit) ve dentindeki kollagenler ile reaksiyona giren hidrofilik materyaller üretilmiştir. Mine ve dentinin HA ihtiva etmesinden dolayı, dental materyalin kalsiyuma bağlanması önem arz etmektedir. Bu sebeple, sitrik ve poliakrilik asit barındıran ve suda çözünebilen polielektrolit sistemlere ilgi artmıştır. İlk olarak 1963 yılında, poliakrilik asidin dental dokulardaki kalsiyumla kimyasal bağ kurabildiği ve kollagen gibi organik polimerlerle hidrojen bağları yapabildiği belirlenmiştir (Craig 2002).

Silikat simanların, silikat camında  $Al_2O_3/SiO_2$  oranında modifikasyonlar yapılmak suretiyle, estetik özellikleri iyileştirilerek GCİS'lar geliştirilmiştir (Kanık ve Türkün 2016). CİS'lar ilk kez 1970'li yılların başında Wilson ve Kent tarafından üretilmiştir (Çapan ve Akyüz 2016). CİS'lar silikat simanların florid salabilme, polikarboksilat simanların diş dokularıyla kimyasal olarak bağ kurabilme gibi olumlu özelliklerinin birleştirilmesiyle geliştirilmiştir (Köroğlu ve ark. 2012).

Bu simanların üretiminden daha sonraki yıllarda geliştirilen yüksek oranda florid ve kalsiyum içeren G-200 cam bileşenine sahip olan simanların ise, klinik kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir (Baig ve Fleming 2015).

Erken dönem CİS'lar, "Geleneksel Cam İyonomer Simanlar" şeklinde adlandırılmışlardır (Tyas 2003). CİS'in tozunu, bazik flor-alumino silikat tanecikleri, likitini de % 50 oranında sulandırılmış poliakrilik asit oluşturmaktadır. CİS'in tozu aynı zamanda, fazla miktarlarda kalsiyum ve florid, az miktarlarda sodyum ve fosfat ihtiva etmektedir (Kaya ve Tirali 2013). CİS'in likiti poliakrilik asit maleik, itakonik ve trikaboksilik asit gibi farklı asitleri de içermektedir ve poliakrilik

asitin % 40-55 oranındaki kısmı, 2/1 oranında itakonik asit ve suyun karışımından oluşmaktadır (Singh ve ark. 2011).

CİS'ların neme karşı duyarlılıklarının azaltılması ve sertleşme sürelerinin artırılması amacıyla, tozuna 10-100 µm boyutunda kalsiyum partikülleri ilave edilmiştir. Aynı zamanda, gümüş, platin, altın ve palladium gibi metal tozları da cama eklenebilmektedir (Baig ve Fleming 2015). Artan klinik ihtiyaçlara yönelik olarak, GCİS bileşenlerinde değişiklikler yapılarak, farklı markalarda CİS'lar üretilmiştir (Baig ve Fleming 2015).

CİS'ların toz/likit oranları ve kimyasal içerikleri değiştirilerek, fiziksel özellikleri geliştirilmiş olup, klinik uygulamalardaki kullanım alanları genişletilmiştir (Torabzadeh ve ark. 2011, Nicholson 2010). CİS'lar, kompozit rezinler kadar estetik özelliklere sahip olmasalar da biyouyumlu olmaları, florid salabilme özelliklerine bağlı olarak antikaryojenik özellikler gösterebilmeleri ve bağlayıcı ajana gerek olmadan diş dokularıyla kimyasal bağ kurabilmeleri gibi özelliklerinden dolayı çocuk diş hekimliğinde tercih edilen restoratif materyaller arasındadırlar. CİS'lar, nemli ortamlarda ve sıcak/soğuk ortamlarda büyük boyutsal değişikliklere uğramamaktadırlar. Sıcaklık arttığında, materyalin yapısında su hareketi oluşmaktadır; ancak 50°C'in üzerindeki sıcaklıklarda CİS'larda dentin davranışına benzer şekilde belirgin oranlarda büzülme meydana gelmektedir (Khoroushi ve Keshani 2013).

CİS'ların düşük değerlerde makaslama kuvvetine sahip olmaları, kırılma dayanıklılıklarının ve aşınma dirençlerinin yeterli olmaması gibi zayıf mekanik özellikler göstermeleri nedeniyle, dental arka yoğun strese maruz kalan arka bölgelerde restoratif materyal olarak kullanılmaları kontrendike olup, bu alanlarda CİS'ların genellikle geçici dolgu materyali olarak kullanılmaları endikedir (Burgess 2015, Xie ve ark. 2000). Günümüzde, ön ve arka dişlerde yapıştırma simanı, kaide materyali ve restoratif materyal olarak kullanılabilen manüel olarak hazırlanan veya kapsül formunda olan CİS'lar bulunmaktadır (Baig ve Fleming 2015).

CİS'ların toz ve likit bileşenlerinin yapısında yapılan modifikasyonlarla, bu simanların kullanılma karakteristikleri, mekanik özellikleri, optimize edilmiştir.

Ayrıca, CİS'ların içeriğine ikinci bir faz partikülü olarak cam fiberler, seramikler ve metal partiküller ilave edilerek yapısal olarak güçlendirilmelerine yönelik çalışmalar da mevcut olup, reaktif cam fiberlerin ilave edilmesiyle de umut vaadeden sonuçlara ulaşılmıştır (Lohbauer 2010). CİS'ların gelişimsel süreçleri Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.



**Çizelge 1.1:** Cam İyonomer Simanların Gelişimsel Süreçleri (Goyal ve ark. 2009)

Materyal	Yıl	Özellikleri
ASPA I	1972	Uzun sertleşme süresi, sertleşme döneminde neme duyarlılık, çok düşük translusenslik
ASPA II	1972	ASPA I'e kıyasla daha düzgün manipüle edilebilme özelliği, uzun çalışma süresi ve daha kısa sertleşme süresi, jel haline dönüşmeye meyilli
ASPA III	1974	Jel haline dönüşme eğilimi kısıtlanmıştır; ancak siman dişlerde renk değişikliğine neden olmaktadır
ASPA IV	1977	Jel haline dönüşmeye meyilli olmayan piyasadaki ilk siman
İnce Granüllü CİS	1977	Yapıştırma simanı
Su ile Sertleşen CİS	1984	Katı formdaki PAA, CİS tozu ile harmanlanmıştır
Metal Destekli CİS	1985	Yüksek dayanıklılık ve aşınma direnci
RMCİS	1989	Erken sertleşme, erken dönemde yüksek dayanıklılık, neme dirençli, ancak HEMA'ya bağlı biyouyumluluk sorunları
Yüksek Viskoziteli CİS	1990	Esas olarak atravmatik restoratif tedavilerde kullanımı önerilmiştir
HEMA içermeyen CİS (aminoasit modifiye CİS)	1997	RMCİS'ların yararlı özellikleri değiştirilmeden içeriğinden HEMA çıkarılarak geliştirilmiştir, biyouyumludur

### 2.1.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması

GCİS'lar, asit-baz reaksiyonu ile polimerize olmaktadır. Toz ve likit karıştırıldığında, ilk aşamada floroalüminosilikat cam ve polikarboksilik asit arasında asit-baz reaksiyonu olmaktadır. Bu reaksiyon sırasıyla; toz ve likitin teması, matriksin şelasyonu, sertleşme ve olgunlaşma aşamalarından meydana gelmektedir (Khoroushi ve Keshani 2013, Noort 2008).

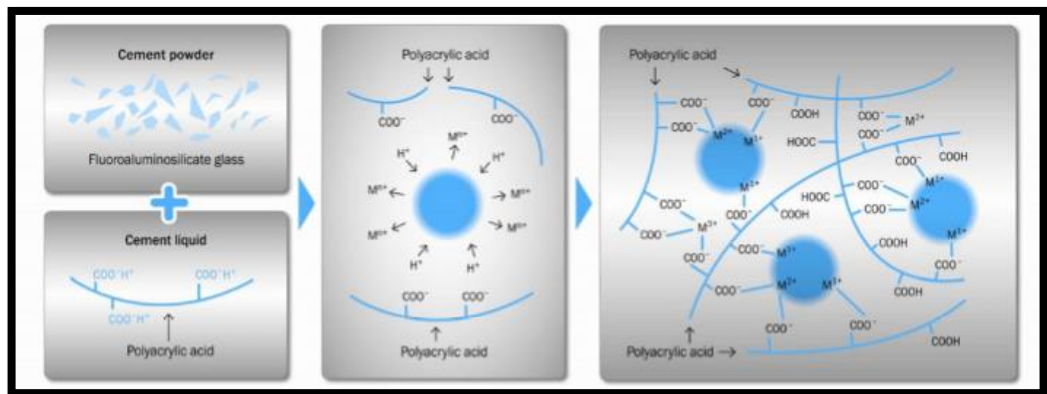
**1. Toz ve Likitin Teması:** Toz ve likitin karıştırılmasından sonra, polialkenoik asitten hidrojen iyonları salınmakta olup, bu iyonlar alüminosilikat cam partiküllerinin yüzeyine penetre olmaktadır. Daha sonra, bu partiküllerin içerdikleri kalsiyum, alüminyum ve florid iyonları salınmaktadır. Tozun yapısında yer alan cam partiküllerin yüzeyi aside maruz kalmakta, iyonlar çözeltinin içerisine salınmakta ve partiküllerin yüzeyinde silikat jel tabakası oluşmaktadır (Khoroushi ve Keshani 2013).

**2. Şelasyon (Silika Hidrojel Oluşumu):** Karboksilat gruplar, metalik katyonları şelasyona uğratmakta olup, polialkenoik asit zincirleriyle metalik katyonlar arasında çapraz iyonik bağlar oluşturmaktadırlar (Şekil 1.1). Katyon iyonların konsantrasyonunun artmasıyla birlikte, karboksilik asit iyonize olmakta, ortamın asiditesi azalmakta ve jel faz artmaktadır. İyonizasyonun artmasıyla birlikte, polimer zincirlerinin karboksilat grupları pozitif yüklenerek, birbirlerini itmeye başlamaktadır. Bu durum sonucunda, çözülme meydana gelmekte ve karboksilat grupları ile metalik iyonların reaksiyona girmesi sonucunda, simanın akışkanlığı azalmaktadır. Bu metalik katyonların difüzyonu, simanın polimerizasyonunda esas olarak etkilidir (Lohbauer 2010).

**3. Sertleşme:** Metalik katyonlar salındıktan sonra, bu katyonlarla polimer zincirleri arasında çapraz bağların oluşması polimerizasyonun temelini oluşturmaktadır (Khoroushi ve Keshani 2013). Sonuç olarak, reaksiyona girmeyen cam partiküllerinin etrafını saran ve çapraz bağlar ihtiva eden matriks oluşmaktadır. Polimerizasyonun erken dönemlerinde, kalsiyum iyonu daha fazla açığa çıkarak likitteki sulu faza geçmekte ve serbest karboksil grubu ile biraraya gelerek tuz köprüleri, bağlar oluşturulmaktadır. Sertleşmenin bir sonraki fazında, kalsiyum

iyonları tutulduktan sonra yavaş salınan alüminyum iyonu, alüminyum poliakrilat zincirlerini oluşturmaya başlayarak etkili olmaktadır. Matriks içeriğinde fazla miktarda bulunan alüminyum iyonu reaksiyona girerek, simanın fiziksel özelliklerinin belirgin bir şekilde gelişmesine olanak sağlamaktadır. Bu dönemden önce, materyalin yapısı çok zayıf olup, çözünebilir durumdadır (Pegora ve ark. 2007). Kalsiyum ve alüminyum iyonlarının meydana getirdiği poliakrilik asidin çapraz bağları, 1-3 gün içerisinde oluşturularak, materyal daha rijit bir hal almaktadır (Lohbauer 2010). Sertleşme döneminin başlangıcında, iki değerlikli kalsiyum iyonları hızlı bir şekilde salınarak simanın yapısındaki poliakrilat zincirine bağlanmaktadır. Bu şekilde, kalsiyum tuz köprüsü oluşturulmaktadır. Sertleşmenin daha sonraki dönemlerinde, üç değerlikli alüminyum iyonları ile çapraz bağlar kurulmasıyla, simanın matriks yapısı oldukça stabil bir hal almaktadır. Dental dokularda bulunan hidroksiapatitlerin ara yüzeyinde, kalsiyum tuz köprüsü oluşmaktadır (Khoroushi ve Keshani 2013, Lohbauer 2010, Pegora ve ark. 2007).

**4. Olgunlaşma:** Klinik olarak sertleşme görüldükten sonra, CİS'ların matürasyon dönemi başlamaktadır. Siman kaviteye yerleştirildikten 24 saat sonra, simanın molekülleri arasındaki bağlar kuvvetlenmekte ve materyalin dayanıklılığı büyük oranda artmaktadır. Katyonik iyonların asidik ortama salınmalarıyla birlikte, materyalin molekülleri arasındaki bağların dayanıklılığının ve simanın elastik modülünün birkaç ay daha artmaya devam ettiği belirtilmiştir (Khoroushi ve ark. 2012).



**Şekil 1.1:** Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonu (Lohbauer 2010)



CİS'ların içeriğinde yüksek oranda zayıf bağlı su yer almakta olup, bu simanlar sertleşme reaksiyonu sırasında neme karşı duyarlılık (hidrofilik) göstermektedirler. Sertleşme reaksiyonu tamamlanmadan önce, materyal su ile temas ederse veya dehidrate olursa, kalsiyum ve alüminyum iyonları ayrılarak, simanın saydamlığı kaybolmakta olup, çözünmeye ve aşınmaya karşı direnci azalarak, mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durum, başarılı bir restorasyon yapılmasına engel olmaktadır (Kleverlaan ve ark. 2004, Hattab ve Amin 2001). Özellikle siman karıştırıldıktan sonraki ilk 24 saatte, materyalin su dengesinin değişmemesi için, nem kontaminasyonu önlenmelidir. Bu amaçla, CİS'ların üzerine yüzey koruyucu ajanlar uygulanmalıdır (Zoergiebel ve Ilie 2013a, Karaoğlanoğlu ve ark. 2009). Işıkla sertleşen bonding rezinler, metilmetakrilat rezinler, nitroselüloz içerikli su geçirmeyen vernikler, nanodoldurucu ışıkla sertleşen bonding rezinler, amid rezinler, kakao yağı, vazelin bile yüzey koruyucu ajanlar olarak uygulanabilmektedir (Brito ve ark. 2010, Nicholson ve Czarnecka 2007). Vernikler kısa zamanda materyal yüzeyinden ayrıldığı için, ışıkla sertleşen yüzey koruyucu ajanların daha iyi koruma sağladığı bildirilmiştir (Çelik ve Ermiş 2008).

Işıkla sertleşen yüzey koruyucu ajanların aşınmasını önleyerek, restorasyon yüzeyinde daha uzun süre varlığını idame ettirebilmesi için, koruyucu ajanın yapısına nano doldurucular ilave edilmiştir. Işıkla sertleşen ve içeriğinde nano doldurucu bulunduran bu yüzey koruyucu ajanlar, CİS'ları aşınmaya karşı korumaktadır. Aynı zamanda yüzey koruyucu ajan, restoratif materyalin estetik özelliklerini geliştiren bir cila görevi de yapmaktadır (Gurgan ve ark. 2015). Günümüzde kullanılan Ketac Glaze (3M ESPE, Almanya), Easy Glaze (VOCO, Almanya) G-Coat Plus (GC, USA), GC Fuji vernik (GC, USA) ve Riva Coat Refill (SDI, Avustralya) gibi çeşitli yüzey koruyucu ajanlar mevcuttur. Ancak, CİS'ların florid salımının değerlendirildiği çalışmalarda, yüzey koruyucu ajan uygulanmasının florid salımını oldukça azalttığı görülmüş olup, bu etki zamanla belirgin bir şekilde azalsa da, materyallerin özellikle başlangıç dönem florid salım konsantrasyonlarının etkileneceği tespit edilmiştir (Hattab ve Amin 2001, Vercruyssen ve ark. 2001, Mazzaoui ve ark. 2000).

### 2.1.1.2. Cam İyonomer Simanların Florid Salımı ve Yeniden Yüklenme Özelliği

Florid iyonlarının düşük düzeyde mikrobiyal dental plak içerisinde ve tükürükte sürekli olarak bulunabilmesi için, çürük aktivitesi yüksek olan bireylerde florid salabilme ve floridle yeniden yüklenebilme özelliklerine sahip olmalarından dolayı, CİS içerikli restoratif materyallerin kullanılması gerekmektedir (Dionysopoulos ve ark. 2013, Wiegand ve ark. 2007).

CİS'ların başlangıçtaki florid salımı, asit-baz reaksiyonundan kaynaklanmakta olup, salınan florid miktarı materyalin içerdiği florid konsantrasyonu ile orantılı olmaktadır (Weigand ve ark. 2007). Restoratif GCİS, kaviteye yerleştirildikten sonraki ilk 24 saat içerisinde materyal immatür yapıda olduğu için, yüzeyden yıkanma mekanizmasıyla yüksek konsantrasyonda florid salmaktadır. Bu durumun, sertleşme reaksiyonu sırasında cam partiküllerinin polialkenoik asit ile tepkimeye girmesi sonucunda meydana gelen bir patlama etkisi (burst effect) sonucunda meydana geldiği belirtilmiştir (Çapan ve Akyüz 2016, Badr ve ark. 2013, Weigand ve ark. 2007, Delbem ve ark. 2005, Attar ve Turgut 2003, Yap ve ark. 2002a, Vermeersch ve ark. 2001, Karantakis ve ark. 2000).

Başlangıçta görülen yüksek miktardaki florid salımı 24-72 saat sonra hızlıca azalmakta olup, 10-20 gün içinde sabit bir düzeye yaklaşmaktadır ve üç ila dört hafta sonra minimum seviyeye inmektedir (Roberson ve ark. 2006, Yap ve ark. 2002b, Vermeersch ve ark. 2001, Eliades ve ark. 1998).

Sertleşme reaksiyonunun başlangıç aşamaları esnasında, materyalin matriks kısmı henüz immatür ve instabil bir yapıda olduğu için, polialkenoik asit silikat cam partiküllerinin çevresindeki bölümleri çözmekte olup (Attar ve Turgut 2003), bunun sonucunda materyalden kalsiyum, alüminyum, florid, silikon ve diğer iyonlar salınmakta ve materyalin bulunduğu sıvı ortamla materyal arasında yüksek düzeyde florid iyonu değişimi olmaktadır (Çapan ve Akyüz, 2016, Attar ve Turgut 2003). Olgunlaşmasını tamamlamamış olan restoratif materyalin matriks bölümü içerisinde florid ve hidroksil iyonlarının kolay bir şekilde mobilite gösterebilmesi, florid iyonlarının kolaylıkla materyalden salınabilmesine izin vermektedir. (Çapan ve Akyüz 2016, Attar ve Turgut 2003). Kalsiyum iyonlarının, iyonize karboksil yan

gruplar tarafından hızlı bir şekilde şelasyona uğraması ile birlikte, poliakrilik asit polimer zincirinde çapraz bağlar meydana gelmektedir. Sonraki 24-72 saatte, kalsiyum iyonlarının yerini, daha yavaş reaksiyona giren alüminyum iyonları almakta olup, matriks yapısı daha fazla çapraz bağ içererek mekanik olarak daha güçlü bir hal almaktadır (Khoroushi ve Keshani 2013, Lohbauer 2010). Restoratif materyal matürasyon gösterdikçe, matriks bölümü daha rijit bir yapı halini almakta olup, bu süreçten sonra florid iyonu salımı ancak ortamda bulunan sıvının materyal yapısına difüze olmasıyla gerçekleşmektedir (Çapan ve Akyüz 2016).

Henüz matürasyonunu tamamlamamış olan materyallerden florid salımının üç ayrı mekanizma ile gerçekleştiği bildirilmiştir. Bu mekanizmalar; yüzeyden yıkanma, gözenek ve çatlaklardan difüzyon ve hacimden difüzyon şeklinde olup, materyalin sertleşmesinden bir gün sonra oluşan ve yeniden floridle yüklenmesinden bir gün sonra görülen maksimum düzeydeki florid iyonu salımı yüzeyden yıkanma mekanizmasıyla gerçekleşmektedir. Gözenek ve çatlaklardan difüzyon yolu ile oluşan florid salımı ise, daha az ancak daha sabit düzeyde ve ilk günden sonraki günlerde gözlenmektedir (Çapan ve Akyüz 2016). Hacimden difüzyonun ise, örneklerin olgunlaşması sürecinde gerçekleştiği ve uzun dönem sürekliliği olan bir florid salım mekanizması olduğu belirlenmiştir (Dionysopoulos ve ark. 2003). GCİS'lerin hazırlanmasından 24 saat sonra, siman matüre olmaktadır ve materyalden nispeten daha az oranda florid iyonu salınmaya başlamaktadır. Bu simanların matürasyon döneminde, katyonik iyonların asidik ortama salımlarıyla birlikte, materyalin molekülleri arasındaki bağların dayanıklılığının ve simanın elastik modülünün birkaç ay daha artmaya devam ettiği belirtilmiştir (Khoroushi ve ark. 2012). Bu dönemde, cam partiküllerinin hidrojel matriksin içerdiği asidik çözelti içerisinde daha yavaş çözünmesine bağlı olarak florid salımının azaldığı düşünülmektedir (Bayrak ve ark. 2010).

CİS içerikli restoratif materyallerden salınan florid konsantrasyonu zamanla düştüğünden, materyaller floridli jeller, vernikler, gargaralar, diş macunları gibi preparatlar ile yeniden yüklenerek florid salım miktarını arttırmak hedeflenmiştir. Restoratif materyallerin florid rezervuarı olarak görev yapabilmesi, ortamın pH'sına, materyalin tipine ve geçirgenliğine, içeriğindeki florid miktarına, uygulanan florid

ajanının çeşidine, konsantrasyonuna, pH'ına, topikal floridin uygulanma sıklığına bağlı olarak değişmektedir (Dionysopoulos ve ark. 2013, Wiegand ve ark. 2007). Geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar, cam karbomerler, nano-iyonomerler, giomerler ve kompomerler yeniden yüklenerek çevreden florid alabilmekte, kaybettikleri floridi yeniden kazanabilmektedirler. Genel olarak bir materyalin başlangıç florid salımı ne kadar fazla ise, floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi de o kadar fazladır (Dhull ve Nandlal 2011).

### **2.1.1.3. Geleneksel Cam İyonomer Simanların Güçlendirilmesi İçin Uygulanan Yöntemler**

1970'lerin başında ASPA dental piyasaya girdikten sonra, CİS'ların mekanik özelliklerinin güçlendirilmesi ve klinik kullanım alanlarının genişletilmesi için, materyalin toz ve likit bileşenlerinin yapısında önemli modifikasyonlar yapılmıştır (Baig ve Fleming 2015). CİS'ların mekanik özelliklerini geliştirerek, matris yapısını güçlendirmek ve materyalin posterior bölgede klinik kullanımını sağlamak için, CİS'in cam tozu bileşenine çeşitli doldurucu maddeler eklenmiştir. Cam iyonomer tozuna eklenen doldurucu maddeler;

- Fiberler (Lohbauer ve ark. 2003, Lucksanasombol ve ark. 2002, Kobayashi ve ark. 2000)
- Metalik tozlar (Dowling ve ark. 2014, Elsaka ve ark. 2011)
- Hidroksiapatit tozları (Moshaverinia ve ark. 2008a, Gu ve ark. 2005a, Lucas ve ark. 2003, Yap ve ark. 2002c)
- Biyoaktif cam partikülleri (Yli-Urpo ve ark. 2005a)
- Montmorillonit kil ilaveleri (Dowling ve Fleming 2007, Dowling ve ark. 2006).

Ayrıca, CİS tozuna % 18-20 oranında HEMA veya Bis-GMA gibi rezinler ilave edilmiştir ve RMCİS'lar geliştirilmiştir. Metaller cam tozları ile birlikte sinterlenerek sermet simanlar piyasa sürülmüştür. Ayrıca, YVCİS'lar ve amino asit modifiye CİS'lar da geliştirilmiştir (Khoroushi ve Keshani 2013, Upadhya ve Kishore 2005).

### **2.1.1.3.1. Cam İyonmer Tozuna Fiber Eklenmesi**

GCİS'ların mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, CİS'ların tozuna alümina, karbon, cam ve fiberler ilave edilerek, fiberle güçlendirilmiş CİS'lar geliştirilmiştir (Gjorgievska ve ark. 2015, Pepla ve ark. 2014). CİS'ların cam tozuna fiber eklenmesiyle birlikte, materyalin kırılabilirliğinin (Oldfield ve Ellis 1991), Dimetrial bükülme dayanımı (DTS) ve üç noktadaki bükülme kuvvetlerine karşı dayanıklılık (TFS) değerlerinin (Kobayashi ve ark. 2000) arttığı bildirilmiştir.

### **2.1.1.3.2. Cam İyonmer Simanların Tozuna Hidroksiapatit Eklenmesi**

Hidroksiapatit, minerin primer mineral bileşenidir ve CİS'lara bağlanarak, etkileşime girebilmektedir (Baig ve Fleming 2015, Yoshida ve ark. 2001). Yap ve ark. (2002c) tarafından, Fuji IXGP kapsülünün toz bölmesine cam iyonmer tozu yerine, ortalama 17 µm parçacık boyutunda ve hacimsel olarak % 4, 12, 28 oranlarında hidroksiapatit tozunun eklenmesi sonucunda materyalin mekanik özelliklerinde oluşan değişimler araştırılmış, materyallerin ortalama CFS (Sıkışma dayanımı) ve DTS değerlerinde belirgin bir azalma olduğu bildirilmiştir (Yap ve ark. 2002c). CİS'ların tozuna eklenen hidroksiapatit miktarı arttıkça, materyalin mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği tespit edilmiştir (Baig ve Fleming 2015).

Gu ve ark. (2005b) tarafından, Fuji IX GP kapsüllerindeki toz haznesinde cam iyonmer tozu yerine, hacimsel olarak % 4, 12, 28 ve 40 oranlarında hidroksiapatit-zirkonya tozu eklenmiştir. Çalışma sonucunda, örneklerin CFS ve DTS değerleri karşılaştırıldığında, ortalama mukavemet değerlerinde herhangi bir artış olmadığı belirtilmiştir (Gu ve ark. 2005b). Fuji II'nin tozunun ağırlıkça % 5'erlik bölümlerindeki CİS tozu yerine, 100-200 nm parçacık boyutundaki hidroksiapatit ve fluoroapatit tozu kullanılmıştır. Hidroksiapatit ve fluoroapatitle güçlendirilmiş Fuji II'nin CFS, DTS ve BFS değerleriyle, Fuji II kontrol grubunun değerleri karşılaştırıldığında, hidroksiapatit ve fluoroapatitle güçlendirilmiş Fuji II'nin değerlerinin, kontrol grubunun değerlerinden fazla olduğu bildirilmiştir (Moshaverinia ve ark. 2008a).

Sonuç olarak, CİS'ların yapısına hidroksiapatit eklendiğinde materyalin mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür (Baig ve Fleming 2015, Yap ve ark. 2002b). CİS'ların yapısına floroapatit ve hidroksiapatit ilave edildiğinde ise, materyalin mekanik özelliklerinin olumlu yönde değişim gösterdiği bildirilmiştir (Moshaverinia ve ark. 2008a). Bu nedenle, CİS'ların yapısına yalnızca hidroksiapatitin eklenmesi önerilmemekte olup, hidroksiapatit ve floroapatitin ilave edilmesi ön görülmektedir.

### **2.1.1.3.3. Cam İyonomer Simanların Tozuna Biyoaktif Cam Partiküllerinin Eklenmesi**

Son zamanlarda, CİS'ların tozuna biyoaktif cam (BAC) ilave edilerek, materyalin biyoaktivitesinin ve dişlerin rejenerasyon kapasitesinin geliştirilmesi hedeflenmiştir (Xie ve ark. 2008a, Yli-Urpo ve ark. 2005a, Yli-Urpo ve ark. 2005b, Ana ve ark. 2003, Xie ve ark. 2000). Dentinde biyoaktif maddelerin kullanımına ilgi artmakta olup; özellikle de dentin remineralizasyonu sağlamak amaçlanmaktadır.

Korkut ve ark. (2017) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Photac Fil Quick Aplicap (3M ESPE, Minnesota, ABD), GC Fuji II GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya), Riva Light Cure (SDI, Illionis, ABD) ve RMCİS'a BAC eklenerek elde edilen ACTIVA Bioactive (Pulpdent Corporation, Watertown, ABD) restoratif materyallerinin baskı dayanımları, bükülme kuvvetlerine karşı dirençleri ve yüzey mikro sertlikleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ACTIVA Biyoaktif restoratif materyalinin, RMCİS'lara kıyasla daha iyi mekanik ve fiziksel özellikler gösterdiği bulgulanmıştır.

Bioglass'ın farklı kimyasal bileşimleri kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Xie ve ark. (2008a) Vivoxid kullanmışlardır. Vollenweider ve ark. (2007) perio-cam (Nova Bone) kullanmışlardır. Bu araştırmacılar, bu materyallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceleyerek diş yapısı üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda (Khoroushi ve ark 2013, Mousavinasab ve ark. 2011, Ana ve ark. 2003) RMCİS'lara biyoaktif cam eklenmesinin baskı dayanımını biraz düşürdüğü tespit edilmiştir; ancak biyoaktif cam içeren RMCİS ile GCİS

karşılaştırıldığında biyoaktif cam içerikli RMCİS'ların baskı dayanımının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. RMCİS'lara eklenen BAC'ın sertleşme ve mekanik özellikleri değerlendirilmiş olup; sonuçta BAC eklenen grupta basınç direncinin bir miktar azaldığı görülmüş olsa da; başka bir çalışmada fizyolojik koşullar altında biyolojik olarak aktif oldukları ve in vitro koşullarda dentini mineralize edebildikleri bildirilmiştir (Jones 2013).

Sonuç olarak, BAC içeren CİS'ların fizyolojik koşullar altında biyolojik olarak aktif olduğu ve in vitro ortamda insan dentinini mineralize edebildiği bildirilmiştir (Yli-Urpo ve ark. 2005a). Aynı zamanda, materyalin antimikrobiyal özelliklere de sahip olduğu belirlenmiştir (Yli-Urpo ve ark. 2005a, Yli-Urpo ve ark. 2003).

BAC'ların remineralizasyon kapasitesi göz önüne alındığında, biyoaktif cam içerikli materyallerin yüksek çürük riskli bireylerde veya kök yüzey restorasyonlarında kullanımının RMCİS veya GCİS'lara kıyasla daha etkili olabileceği belirlenmiş olup; buna ek olarak, bu materyallerin astar olarak kullanımı da tavsiye edilmektedir (Jones 2013, Mickenautsch ve ark. 2011, Yli-Urpo ve ark. 2003).

#### **2.1.1.3.4. Cam İyonomer Simanların Tozuna Montmorrilonit Kil Eklenmesi**

Montmorrilonit (MMT), sodyum ve magnezyum içermekte olup, smektit grubunun alüminyum bakımından zengin bir kil mineralidir (Baig ve Fleming 2015). Dowling ve ark. (2006) Chemfil Superior (Dentsply DeTrey, Weybridge, Surrey, UK) CİS'a, materyalin fizik mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla iki adet montmorillonit kil ekleyerek, materyalin CFS değerini araştırmışlardır. Ancak, materyale eklenen ADA-MMT (Amino-DodekanoikAsit Montmorillonit Kil) oranı arttıkça, materyalin CFS değerinin azaldığı görülmüştür (Dowling ve ark. 2006).

#### **2.1.1.3.5. Cam İyonomer Simanlara Nano Partikül Eklenmesi**

CİS'ların mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapısına nanohidroksiapatit, iterbium florid ve titanyum dioksit nanotüpler, baryum sülfat gibi nanopartiküller ilave edilmiştir. Bu nanopartiküllerin simana ilave edilmesiyle birlikte, materyalin başlangıç polimerizasyon süresi ve çalışma süresinin kısaldığı tespit edilmiştir

(Gjorgievska 2015). Ayrıca, materyalin tozuna iterbiyum florid ya da baryum sülfat ilave edilmesiyle birlikte, baskı dayanımının azaldığı, yüzey sertliğinin ise, önemli olmayan düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Materyalin yapısına fazla oranlarda nanopartikül eklendiğinde, yüzey sertliğinin azaldığı belirlenmiştir (Kaya ve Tirali 2013). Nanopartikül eklenmesiyle birlikte, simanın çalışma süresi ve başlangıç sertleşme süresinin kısaldığı görülmüş olup, çok fazla miktarda baryum sülfat ilave edilmesinin sertleşme reaksiyonunu olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Leon ve ark. 2006).

Cam karbomerler ve nanoiyonomerler nano partiküller içeren cam iyonomer siman türevi materyallerdir. Ketac Molar Easy Mix, Cam Karbomer ve GCİS'ların basma kuvvetine karşı direncini kıyaslayan bir çalışmada materyaller arasında anlamlı farklılık olmadığı saptanmıştır (Koenraads ve ark. 2009). Oxman ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, Ketac N100 (3M ESPE, St. Paul, ABD), Fuji II LC (GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve Fuji Filling LC (GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) aşınma direnci, cilalanabilirliği ve estetik özellikleri açısından kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, Ketac N100'ün (3M ESPE, St. Paul, ABD) Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ile benzer cilalanabilme özelliği gösterdiği bulgulanmış olup, diğer RMCİS'lara göre daha iyi cilalanabildiği ve aşınma oranının daha düşük olduğu saptanmıştır.

#### **2.1.1.3.6. Cam İyonomer Simanlara Çinko Eklenmesi**

CİS'ların toz kısmına çinko ilave edilerek, fiziksel özelliklerini iyileştirmek hedeflenmiştir. Toz kısmına çinko eklenerek hazırlanan CİS'lar, GCİS'larla eş uygulama kolaylığına ve çalışma zamanına sahip olmakla birlikte, toz kısmına çinko eklenerek hazırlanan CİS'ların antikaryojenitesi daha yüksektir. Çinko bakterinin hücre duvarında bulunan thiol grubuyla reaksiyona girmekte, protein yapısını değiştirerek spesifik metabolik enzimleri inhibe etmekte, substrat transportu ve oksidasyonu yapmaktadır. Bu şekilde, MS'larının üremesini yavaşlatmaktadır (Shashibhushan ve ark. 2008). Yapısında çinko yer alan CİS'ların kırılma dayanıklılığı ve aşınma direnci GCİS'larla kıyaslandığında, daha fazladır (Al-Angari



ve ark. 2014, Zoergiebel ve Ilie 2013b). Çinko içerikli CİS olan ChemFil Rock (Dentsply)'ın cam partiküllerinin kimyasal yapısı değiştirilmiş olup, materyale yüksek moleküler ağırlıklı yeni bir akrilik asit kopolimer de ilave edilmiştir (Zoergiebel ve Ilie 2013b). Çinko içerikli CİS'larla yapılan çalışmaların hepsinde, materyalin antikaryojenitesinin artmasının yanında, ChemFil Rock'ın içeriğine ilave edilen çinko, materyalin fiziksel özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Simanın toz ve likidi karıştırılmaya başlandığı andan itibaren, materyalden çinko serbest bırakılmakta olup, salınan çinko, poliasitlerle bağ kurarak polimerizasyonu başlatmaktadır. Çinko salımından sonra, materyalin toz bölümünden alüminyum salımı da başlamakta olup, alüminyum poliasitlere bağlanmaktadır. Çinkonun erken dönemde simanın polimerizasyonunu başlatması ve alüminyumun poliasitler ile oluşturduğu bağın dayanıklılığı ile çinkonun poliasitler ile yaptığı bağın dayanıklılığının benzer olmasından dolayı, çinko içerikli CİS'lar ile GCİS'lar karşılaştırıldığında, çinko içerikli CİS'ların daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu, erken dönemdeki nem kontaminasyonundan daha az etkilendiği bildirilmiştir (Al-Angari ve ark. 2014). Ayrıca, kalsiyum alüminosilikat cam içeriğine, çinko oksit ve magnezyum oksit ilave edilerek, GCİS'ların biyolojik ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Sonuç olarak oluşturulan yeni materyallerin bükülme kuvvetlerine karşı direncinde artış görülürken, baskı dayanımının değişmediği belirlenmiştir (Kim ve ark. 2015).

#### **2.1.1.3.7. Cam İyonmer Simanlara Monokalsiyum Silikat Eklenmesi**

Son zamanlarda, CİS'lara bazı biyoaktif seramikler ilave edilmiş ve materyalin biyolojik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır (Sangsawatpong 2013). Monokalsiyum silikat, yeni bir biyoseramik materyal olup, hidroksiapatit kristallerini kendi üzerine hızlı bir şekilde indükleyebilmektedir. CİS'ların yapısına beta monokalsiyum silikat eklenmiş olup, materyalin biyouyumluluk ve biyoaktiflik özellikleri incelenmiştir (Sangsawatpong 2013). Sonuç olarak, CİS'ların içerisine ağırlık olarak % 30'dan fazla oranda beta monokalsiyum silikat ilave edildiğinde, biyouyumluluğun arttığı, ağırlık olarak % 50'den fazla oranda eklendiğinde ise, biyoaktifliğin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Sangsawatpong 2013).

### **2.1.1.3.8. Cam İyonomer Simanlara Isı Uygulanması**

GCİS'lerin polimerizasyonu sırasında ölçülebilen bir sıcaklık artışı meydana gelmekte olup, bu reaksiyon ekzotermik bir reaksiyondur. Sıcaklık artış hızı yavaştır ve ışıkla aktive olan materyallere göre sıcaklık artışı daha düşük seviyededir. Konvansiyonel cam iyonomer simanlarda sıcaklık artışı 1°C ile 6°C arasında değişmektedir (Kuter 2006).

GCİS'lara başlangıç polimerizasyon süresinin ardından hem kızılötesi hem de yüksek yoğunluklu halojen fiber optik ışık kaynağı kullanılarak ısı uygulanması sonucunda materyalin yüzey sertliğinde artış görülmüştür (Woolford 1994). Isı uygulaması simanın polimerizasyonunu hızlandırmakta ve böylece simanın daha hızlı bir şekilde sertleşmesini sağlamaktadır. Bu durum sonucunda, CİS'lerin yüzey sertliği de artmaktadır (Kuter 2006).

Seramikle güçlendirilmiş GCİS olan Amalgomer CR (Advance Health Care, Kent, İngiltere) ve kondanse edilebilen GCİS olan Fuji IX (GC, USA) üzerine, 2 dakika boyunca metal ısıtıcı ile  $80\pm 20^{\circ}\text{C}$  ısı uygulanmış, simanların mikrosertlik ve mekanik özelliklerinin olumlu yönde değiştiği tespit edilmiştir. Isı uygulanmasının, materyallerin radyoopasitesinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı da belirtilmiştir (Kuter 2006). Yapılan bir başka çalışma sonucunda, ısı uygulanmasının Fuji IX GP Fast (GC, Leuven, Belçika), ChemFil Rock (Dentsply, Almanya) ve Equia'nın (GC, Tokyo, Japonya) mekanik özelliklerinde herhangi bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir (Happ ve Ilie 2014).

### **2.1.1.3.9. Cam İyonomer Simanların Ultrasonik Dalgalarla Aktivasyonu**

CİS'lerin sertleşme reaksiyonunun ultrasonik dalgalarla aktive edilmesiyle oluşan etkilerin, materyalin cam partiküllerinin ultrasonik uyarıya maruz kalması sonucunda olduğu düşünülmektedir (Towler ve ark. 2003). Polimerizasyonu esnasında ultrasonik dalgalarla aktive edilen CİS'lerin, sertleştikten sonraki ilk 24 saat içerisinde daha üstün mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür (Towler ve ark. 2003).

Baloch ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, CİS'lerin polimerizasyonu ultrasonik dalgalarla aktive edilmiştir ve bu simanların mikrosertliğinin kontrol grubuna göre daha yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, ultrasonik enerji uygulanan CİS'lerin aşınma direncinin arttığı rapor edilmiştir. Towler ve ark. (2001) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, ultrasonik dalgaların asit ve tozun karıştırılması sırasında aralarında oluşabilecek olan mikroboşlukların daha az olmasını sağladığını, bu şekilde cam ve asit arasında daha fazla temas alanı oluşarak, mikrosertliğin arttığını savunmuşlardır. CİS'lerin sertleşme reaksiyonunun ultrasonik dalgalarla aktive edilmesiyle birlikte cam fazındaki partiküllerin boyutu küçülerek, cam fazındaki partiküller ile asit arasında daha fazla reaksiyon yüzeyi oluşmaktadır. Ultrasonik dalgalar cam partiküllerinin daha düzenli bir yapıya kavuşmasını sağlamakta olup, bu şekilde daha kompakt bir katı yapı meydana gelmektedir (Towler ve ark. 2003). CİS'lerin polimerizasyonunun ultrasonik aktivasyonu, florid salımını (Thanjal ve ark. 2010) arttırmaktadır. Sonuç olarak; CİS'lerin ultrasonik dalgalarla aktive edilmesiyle, simanlar kuvvetlere karşı daha dayanıklı hale gelmekte ve daha uzun ömürlü olmaktadır. Bu nedenle, restoratif amaçlı kullanılan CİS'lerin bu yöntemle güçlendirilmesi tercih edilebilir.

#### **2.1.1.3.10. Cam İyonomer Simanların Kapsül Formunda Hazırlanması**

CİS'lerin mekanik özellikleri, toz ve likitin karıştırılma şekli (manüel olarak, rotasyonlu aletlerle), toz/likit oranı, toz ve likitin yapısındaki değişimler gibi etmenlere bağlı olarak farklılık göstermektedir (Fleming ve ark. 2006, Xie ve ark. 2000). Simanın partikül boyutu ve poröz bir yapıda olması, maruz kaldığı kuvvetlere karşı direncini etkilemektedir (Fleming ve ark. 2006, Xie ve ark. 2000, Ferrari 1999). Simanın poröz yapıda olmasının karıştırma yöntemi ile ilişkili olmasından dolayı, simanın karıştırılma şekli oldukça önem arz etmektedir (Xie ve ark. 2000). CİS'lerin yetersiz fiziksel özelliklerinin, aşınma direncinin, neme karşı duyarlılığının minimum düzeyde olabilmesi için, simanlar üretici firmalarının önerdiği miktarlarda toz/likit oranı kullanılarak hazırlanmalıdır.

Manüel olarak karıştırma metodunun kullanılmasıyla, hava girişine bağlı olarak simanın yapısında porözite oluşması ve üretici firmanın önerdiği miktarlarda ideal

toz/likit oranının ayarlanmasının zor olması nedeniyle, kullanılan simanın ideal fiziksel özelliklere sahip olabilmesi için CİS'ların kapsüllü formları geliştirilmiştir (Fleming ve Zala 2003). Kapsüllü CİS'lar manüel olarak hazırlanan CİS'lara kıyasla daha homojen yapıda olup, ideal viskoziteye sahiptirler. Ayrıca, kapsül formundaki CİS'ların kaviteye yerleştirilmesinin daha kolay olması, yüksek toz/likit oranına sahip olması, in vivo çalışma süresinin kısalması açısından da bu CİS'ların kullanımı, manüel olarak hazırlanan CİS'lara kıyasla daha avantajlıdır (Şener ve Koyutürk 2006).

Manüel olarak hazırlanan CİS'larla toz/likit oranı ayarlanmış olan kapsül formundaki CİS'ların yüzey sertlikleri kıyaslandığında, kapsül formundaki CİS'ların daha yüksek düzeyde yüzey sertliğine sahip olduğu; ancak manüel olarak hazırlanan CİS'lara kıyasla su absorpsiyonunun daha az olması nedeniyle, florid salımının daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Harhash ve ark. 2017).

#### **2.1.1.3.11. Cam İyonomer Simanların Polimerizasyonu Sırasındaki Ortamı**

Abduo ve Swain (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, CİS örnekleri hava, su ve Dentocal (casein phosphoprotein-amorphous calciumphosphate-içerikli çözelti) olmak üzere 3 farklı ortam içerisinde 21 gün boyunca polimerize olmaları için bekletilerek, biaksiyel bükülme kuvvetlerine karşı dirençleri incelenmiştir. Dentocal içinde saklanan örneklerin su içinde bekletilenlerden, su içine atılanların da hava ortamına bırakılanlardan bükülme kuvvetlerine karşı daha yüksek biaksiyel dirence sahip olduğu saptanmıştır. Dentocal içerisinde bekletilen CİS'ların polialkenat zincirleri ve cam partikülleri arasındaki çapraz bağların oluşumunun devam etmesiyle, simanların mekanik özelliklerinin olumlu yönde etkilendiği bildirilmiştir. Bu durumun, Dentocal içeriğinde bulunan kalsiyum ve fosfat iyonları yardımı ile olabileceği tahmin edilmektedir (Abduo ve Swain 2011).

#### 2.1.1.4. Cam İyonomer Simanların Tipleri

CİS'lar, sertleşme reaksiyonunun tamamı ya da büyük bir kısmı asit-baz reaksiyonu olan, florid deposu gibi davranabilen ve sürekli olarak florid salabilen

restoratif materyallerdir. CİS'lar, uygulama şekillerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler (Sidhu ve ark. 2016, Mount 2002):

##### **Tip I cam iyonomer simanlar:** Yapıştırma simanları

- Kupon, köprü, inleyler, onleyler ve braketlerin yapıştırılmasında kullanılmaktadırlar.
- Nispeten düşük toz/likit oranında (1,5/1 ila 3,8/1) kullanılmalıdırlar. Bu durum sonucunda, siman baskı kuvvetlerine karşı orta derecede dayanıklılık göstermektedir.
- İdeal film kalınlığına sahip olmaları için, partikül büyüklüklerinin 10 µm'den fazla olmaması gerekmektedir.
- İnce partiküllere sahiptir. % 10 oranından daha fazla miktarda tartarik asite sahiptirler. Tartarik asit oranının fazla olması, çalışma zamanını uzatmakta olup, simanın daha sert bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Bu simanların, iki farklı formu bulunmaktadır. İlk formunda, polialkenoat polimerleri likite ilave edilmektedir. İkinci formunda ise, polimerler vakumlanıp kurutulmakta olup, su ile karıştırılacak olan cam bölümüne ilave edilmektedir.
- Diğer CİS tiplerine göre daha hızlı sertleşmekte olup, erken dönemde su ile temas etse bile, suya karşı dayanıklılığı iyidir.
- Radyopaklılar (Sidhu ve ark. 2016).

##### **Tip II cam iyonomer simanlar:** Restoratif simanlar

- a. Estetik Restoratif simanlar
  - Estetiğin önemli olduğu anterior bölgelerdeki dişlerin onarılması amacıyla kullanılmaktadırlar.
  - Yüksek toz/likit oranına sahiptirler (en az 3/1 ve en fazla 6,8/1).
  - Fiziksel özellikleri, içeriğindeki toz miktarına bağlı olarak değişmektedir.
  - Diş rengi ile uyumlu olup, ideal bir saydımlığa sahiptirler.

- Sertleşmenin erken dönemlerinde neme karşı duyarlı oldukları için, yüzey koruyucu ajanlar ile nemden en az 24 saat korunmaları gerekmektedir.
- Genellikle radyoopaktırlar (Sidhu ve ark. 2016).

b. Güçlendirilmiş Restoratif simanlar

- Estetiğin önemli olmadığı posterior dişlerin restore edilmesinde kullanılmaktadırlar.
- Ayrıca yüksek toz/likit oranına (3/1 ila 4/1) sahiptirler.
- Fiziksel özellikleri, içeriğindeki toz miktarına bağlı olarak farklılık göstermektedir.
- Diğer CİS tiplerine göre daha hızlı sertleşmekte olup, erken dönemde su ile temas etse bile, suya karşı dayanıklılığı iyidir.
- Radyoopaktırlar (Sidhu ve ark. 2016).

**Tip III cam iyonomer simanlar:**

- Kaide materyali, astar, pit ve fissür örtücü olarak, ayrıca açık sandviç tekniğinde kullanılmaktadırlar.
- Dental yapılarla benzer termal genişleme katsayısına sahip olmaları, dentine iyi bağlanabilmeleri, biyouyumlu olmaları ve antibakteriyel etkinliğe sahip olmaları gibi özelliklerinden dolayı, bu simanlar kaide materyali olarak kullanılmaktadırlar.
- Fissür örütücü olarak kullanıldıkları durumlarda, penetrasyonu sağlayabilmek ve simanı oklüzal kuvvetlerden koruyabilmek için, fissürler minimum 100 µm genişliğinde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Mejare ve Mjor (1990) tarafından yapılan in vivo bir çalışma sonucunda, fissür örtücü olarak kullanılan CİS'lerin in vivo muayenede görülmediği; ancak, hastalardan ölçü alınarak incelendiğinde ise, CİS'lerin fissürlerin en derin bölümlerinde halen varlıklarını devam ettirdikleri görülmüştür.
- Astar materyali olarak kullanıldığı durumlarda, kavite duvarlarına iyi adaptasyon sağlayabilmeleri amacıyla düşük toz/likit oranına (1,5/1) sahiptirler.

- Fiziksel özellikleri, içeriğindeki toz miktarına bağlı olarak düşük olmakla birlikte, siman akışkanlığı fazladır.
- CİS'in dentin yerine kullanıldığı, kompozit rezinin ise mine yerine kullanıldığı açık sandviç tekniğinde kaide materyali olarak kullanılmaktadır. Bu durumlarda, daha yüksek toz/likit oranında (3/1 ila 6,8/1) kullanılmalıdır.
- Radyoopaktırlar (Sidhu ve ark. 2016).

**Tip IV cam iyonomer simanlar:** Kanal dolgu patı olarak kullanılan simanlar

Grupların kimyasal içerikleri birbirlerine benzemekte olup, kullanım amacına uygun olacak şekilde partikül boyutlarında ve toz/likit oranlarında değişiklikler yapılmıştır. Güncel yayınlarda, CİS'lerin sınırlı antikaryojenik etkiye sahip oldukları bildirilmektedir (Sidhu ve ark. 2016). Bugüne kadar yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen veriler ışığında, CİS'lerin florid salımıyla ilgili az çalışma yapılmış olup, uygulamada florid salımının faydalı olup olmadığı konusunda daha fazla in vitro ve in vivo çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Sidhu ve ark. 2016, Mickenautsch ve ark. 2011).

**2.1.1.5. Cam İyonomer Simanların Kullanım Alanları**

İlk üretilen CİS'lerin yetersiz aşınma direncine sahip oldukları, kırılmalıklarının yüksek olduğu ve kaviteye taşınmalarının kolay olmadığı bildirilmiştir (AAPD 2012). CİS'lerin yapıları güçlendirilerek, sertlikleri ve kırılma dayanıklılıkları artırılmış olup, çalışma zamanı uzatılmıştır (Baig ve Fleming 2015). Böylece, kullanım alanları genişletilmiştir.

CİS'lerin kullanım alanları (Pitel 2014);

- Kuron, köprü, ortodontik bant ve braketlerin, sabit yer tutucuların ve paslanmaz çelik kronların yapıştırılmasında,
- Orta veya yüksek çürük riskli çocuklarda süt dişi sınıf I, II, III, IV, V kavitelerde restorasyon materyali olarak,
- Daimi dişlerde sınıf III ve V kavitelerde (düşük stres alan bölgeler) yüksek çürük riskli hastalarda veya izolasyonun sağlanamadığı durumlarda,

- Kaide materyali ve pit ve fissür örtücü olarak,
- Restorasyon tamirinde,
- Kök yüzeyi çürüklerinde,
- Pit ve fissür örtücü olarak,
- Geçici restorasyon amaçlı olarak,
- Açık ve kapalı sandviç tekniklerinde kaide materyali olarak,
- Genellikle estetik kaygısı olmayan bireylerde erozyon, abrazyon gibi servikal defektleri olan anterior bölgelerde veya servikal defektleri olan posterior bölgelerde,
- Diş dokularının en az %50'sinin kaldığı durumlarda kor yapımında,
- Kron ve onley preparasyonlarında oluşabilen andırkatları maskelemek amacıyla,
- Endodontik kök perforasyonlarının ve eksternal kök rezorbsiyonlarının tamirinde,
- Atravmatik restoratif tedavide (Pitel 2014,Berg 2002).

CİS'lar içeriklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadırlar:

I. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

II. Hibrit Cam İyonomer Simanlar

a. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

b. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler (Kompomerler)

III. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

IV. Giomerler

V. Nano-iyonomerler

VI. Cam Karbomerler

VII. Zirkonmerler

VIII. Amalgomerler



## IX. Yeni Jenerasyon Cam Hibrit Restoratif Materyaller

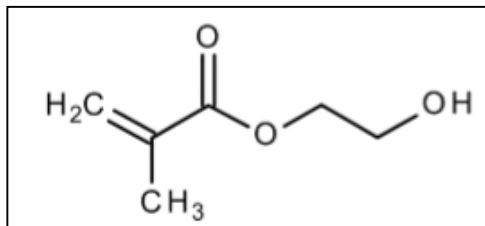
(Al-Abdi ve ark. 2017, Bariker ve Mandroli 2017, Kanık ve Türkün 2016, Kishore ve ark. 2016, Zainuddin ve ark. 2012)

### 2.2. Hibrit Cam İyonomer Simanlar

#### 2.2.1. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

GCİS'ların düşük fiziksel özelliklere sahip olması ve erken dönemde neme karşı duyarlılık göstermesi gibi olumsuz özelliklerinin giderilmesi amacıyla (Yli-Urpo ve ark. 2005a), 1991 yılında HEMA gibi hidrofilik monomerler ve polimerler içeren RMCİS'lar üretilmiştir (Mitra 1991). Bu materyaller, GCİS'larla aynı temel bileşenlere ek olarak monomer bileşeni ve buna bağlı başlatıcı sistem içermektedir. İçeriğindeki monomer bileşeni HEMA olup (Şekil 1.2), başlatıcı sistem ise, kamforkinondur (Mitra 1991). Materyalin tozu floroaluminosilikat cam tozları, likiti ise, metakrilat grupları, HEMA, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 oranında su içermektedir (Torabzadeh ve ark. 2011).

Materyalin üretimi esnasında, CİS'ların dental dokulara kimyasal olarak bağlanabilmesi, florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme gibi olumlu özelliklerinin korunması hedeflenmiştir. Materyalin, mekanik ve fiziksel özellikleri, kompozit rezinler ve GCİS arasında olup, dental dokulara hem fiziksel hem de kimyasal olarak bağlanmaktadır. GCİS'ların yapısına rezin ilave edilmesiyle birlikte, sıkışma ve gerilme dayanımı artmış olup, materyalin kırılma kuvvetlerine karşı mukavemet gösterdiği belirlenmiştir (Xie ve ark. 2000).



Şekil 1.2: HEMA'nın Kimyasal Formülünün Açılımı (Sidhu ve ark. 2016)

RMCİS'lar, hem asit-baz reaksiyonu ile hem de düşük miktarda monomer içermesi ile ilişkili olarak ışıkla sertleşen materyaller olup, GCİS'lara kıyasla daha karmaşık bir sertleşme reaksiyonu göstermektedirler (Kanık ve Türkün 2016). RMCİS'lar iki veya üç kademeli bir polimerizasyon mekanizmasına sahiptirler. İki aşamalı (dual-cure) polimerizasyon mekanizması, asit-baz reaksiyonuna ek olarak fotokimyasal bir sertleşmedir (Kanık ve Türkün 2016). Materyalin, asit-baz reaksiyonuna ek olarak, yapısında HEMA ile reaksiyona girecek kimyasal bir indikatör mevcutsa, bu durumda üç aşamalı (triple-cure) polimerizasyon görülmektedir. (Kanık ve Türkün 2016, Dayangaç 2000). RMCİS'lar ışık uygulanmadığı durumlarda da polimerizasyon reaksiyonuna girmektedir; ancak bu reaksiyon GCİS'lara kıyasla çok daha yavaş ilerlemektedir. Bu materyallerin ışıkla sertleşen matris yapısı; simanın yapısına suyun difüze olmasını ve su ile erken kontaminasyonu sonucunda oluşabilecek olumsuz etkileri önlemektedir. Bu durum sonucunda, neme karşı duyarlılık azalmaktadır (Karadağ 2015).

RMCİS'ların yapısında, %23 oranında florid bulunmaktadır (Hse ve ark. 1999). RMCİS'ların florid salımları, GCİS'larla aynı şekilde iki basamaklı bir süreçle olmaktadır. Bu basamaklardan birincisi; yüzeyden yıkanma fazı, ikincisi ise; hacimden difüzyon temelli fazdır (De Witte ve ark. 2000). RMCİS'ların florid salımını tanımlayan kinetik denklem, GCİS'larla aynıdır (De Witte ve ark. 2000, De Moor ve ark. 1996).

Nötr ortamda, RMCİS'lar GCİS'larla benzer şekilde, az miktarda sodyum, alüminyum, fosfat ve silikat serbest bırakılmaktadırlar (Forss 1993). Asidik ortamda, daha fazla miktarda iyonlar salınmakta olup, kalsiyum (veya stronsiyum) da serbest bırakılmaktadır (Forss 1993). Asidik ortamda iyonların salınmasıyla, tamponlama etkisi oluşabilmekte olup, materyalden iyon salımı arttıkça kademeli olarak ortamın pH değeri artmaktadır (Czarnecka ve Nicholson 2006).

İlk 24 saat içerisinde artık monomer (HEMA) salınabilmesinden dolayı, RMCİS'ların biyoyumlulukları GCİS'lara kıyasla daha düşüktür (Nicholson ve Czarnecka 2008, Palmer ve ark. 1999). RMCİS'lardan salınan HEMA miktarı, ışık uygulama süresine bağlı olarak değişmektedir (Palmer ve ark. 1999). HEMA dentin

yapısına diffüze olabilmektedir (Hamid ve Hume 1997), ve pulpa hücrelerine karşı sitotoksik özelliktedir (Kan ve ark. 1997).

RMCİS'ların genellikle Sınıf I kavitelerde, küçük ve orta boyuttaki Sınıf II kavitelerde kullanımı tavsiye edilmekle birlikte; çürük insidansı yüksek olan bireylerde tüm Sınıf I ve Sınıf II kavitelerde kullanımı önerilmektedir (AAPD 2015-2016). RMCİS'lar süt dişlerinde Sınıf I, Sınıf II, Sınıf III ve Sınıf V restorasyonlarda, servikal abrazyon ve erozyon durumlarında, kök çürüklerinde, posterior kompozitlerin altında astar ve kaide materyali olarak kullanılmaktadır (Smales ve Wong 1996). Ayrıca, fissür örtücü (Smales ve Wong 1996), geçici restoratif materyal olarak kullanılabilir olup, kalan diş dokusunun en az %50 oranında olduğu durumlarda kor yapımında ve ortodontik braketlerin yapıştırılması amacıyla da kullanılmaktadırlar (Pameijer 2012).

RMCİS'larda smear tabakasını uzaklaştırarak materyalin dişe adezyonunu arttırmak amacıyla, asit içerikli yüzey düzenleyiciler kullanılmaktadır (Tanumiharja ve ark. 2001).

### **2.2.2. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler)**

Kompomerler ilk olarak 1993 yılında, CİS'ların mekanik ve estetik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla üretilmiş hibrit materyallerdir (Nicholson 2007, Trachtenberg ve ark. 2009). Kompomerler florid salabilme ve floridle yeniden yüklenebilme özelliklerine sahiptir, ancak materyalin hem florid salabilme hem de floridi geri alabilme yeteneği GCİS'lara kıyasla oldukça düşük düzeydedir Kompomerlerin bükülme kuvvetlerine karşı dirençleri kompozit rezinlere kıyasla düşük olup, CİS'lara kıyasla oldukça yüksek değerdedir. (Kumar ve ark. 2015, Najma Hajira ve Meena 2015).

Materyalin yapısında RMCİS'a kıyasla daha yüksek oranda rezin bulunmaktadır (Kumar ve ark. 2015). Reaktif olmayan inorganik tozlar (silikat cam, quartz vb), asit monomer, Bis-GMA, TEGDMA, UDMA gibi kompozit rezinlerin yapısına benzer makro monomerler içermekte olup (Nicholson 2007), kompomerlerin rezin matriksi iki karboksilat grubu, iki metakrilat grubu ihtiva etmektedir. Materyalin doldurucu

kısmı, florid içeren reaktif silikat camdan oluşmakta (Bala 1998) ve doldurucu partikül boyutu, 0,2 µm ila 10 µm arasında değişmektedir (Kumar ve ark. 2015).

PMKR'lerin yapısında yaklaşık olarak % 70 oranlarında stronsiyum florosilikat cam ve karboksil grubu ihtiva eden dimetakrilat monomer bulunmaktadır. Stronsiyum florosilikat cam radyopak özellikte olup, dimetakrilat monomerlerin karboksil gruplarıyla tepkimeye girmektedir. Materyalin yapısında, ek olarak pigmentler, stabilizatörler ve reaksiyon başlatıcılar bulunmaktadır. Bu restoratif materyal, CİS'ların aksine polimerize olabilen çift bağlara sahip dikarboksilik asit içermektedir (Bouillaguet ve ark. 2006).

Kompomerler, dual-cure polimerizasyon reaksiyonu göstermektedir (Najma Hajira ve Meena 2015). Kompomerlerin sertleşme reaksiyonu, asidik monomerin polimerizasyonuna dayanmaktadır. İlk etapta, materyale ışık uygulanmasıyla birlikte, monomerler arasında çapraz bağlar meydana gelmekte olup, materyalin ilk polimerizasyon reaksiyonu gerçekleşmektedir (Najma Hajira ve Meena 2015). İkinci etapta, sertleşmiş durumda olan asit monomerinin oral kavitedeki tükürük ile kontaminasyonu sonucunda, materyal su absorbe etmektedir. Hidrojen iyonları açığa çıkarak, florid içeren cam partikülleri ile tepkimeye girmekte ve asit-baz reaksiyonu gerçekleşmektedir (Kumar ve ark. 2015). Su absorpsiyonundan sonra başlayan kimyasal reaksiyon (asit-baz reaksiyonu), yüzeyel tabakada sınırlı kalmaktadır (Kumar ve ark. 2015).

Kompomerlerin zamanla artan su absorpsiyonu ile birlikte kurutulmuş polialkenoik asit hidrate olmakta ve materyalin asit baz reaksiyonunun yavaş bir şekilde ilerlediği görülmektedir (Najma Hajira ve Meena 2015). Kompomerlerin ilk olarak ışıkla polimerize olması, materyalin erken dönemde maruz kalabileceği kuvvetlere karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır (Kumar ve ark. 2015).

PMKR'lerin uygulama aşamaları CİS'lara kıyasla daha hassas olup, dental dokulara bağlanabilmeleri için, adeziv sistemlerin kullanılmaları gerekmektedir. Klinik uygulamalarda, süt dişlerinde asitle pürüzlendirme yapılmasına gerek yoktur. Adezyon amaçlı kullanılan bonding ajanı, genelde primer ve adezivin tek şişede

birleştirildiği tek fazlı bir sistem olup, bu durum pedodontide kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Kumar ve ark. 2015).

Kompomerler yapısındaki rezin oranıyla ilişkili olarak, polimerizasyon büzülmesi göstermektedirler. Işığın ulaşmadığı bölgelerde kimyasal reaksiyon gerçekleşmediği için, materyalin derin kaviterde uygulanması polimerizasyon problemlerine sebep olabilmektedir (Burke ve ark. 2006, Burke ve ark. 2002, Hickel ve ark. 1998, Hse ve Wei 1997).

Kompomerler, süt ve sürekli dişlenmede okluzal kuvvetlere maruz kalan okluzal kaviterde restoratif amaçlı uygulanabilmektedir (Demirci ve ark. 2008, Luo ve ark. 2002). Randomize klinik araştırma sonuçlarına göre, kompomerlerin CİS ve RMCİS'lara kıyasla daha iyi fiziksel özelliklere sahip oldukları; ancak benzer çürük önleyici özellikler gösterdikleri tespit edilmiştir (Dhar ve ark. 2015).

Kompomerler, fazla miktarlarda renk alternatifine sahip olmaları nedeniyle, kompozit rezinlere daha yakın estetik özellikler göstermektedirler (Burke ve ark. 2006). Ayrıca, aşınma ve kırılma dirençleri CİS'lara kıyasla yüksek değerde olup, bazı kompomerlerin aşınma özellikleri kompozit rezinlere benzemektedir ve CİS'lara kıyasla daha iyi bir marjinal bütünlük sağlamaktadırlar (Gjorgievska ve ark. 2015). Biyouyumludurlar, dental dokulara rezin taglar ile hibrit tabaka oluşturarak mikromekanik olarak bağlanmaktadır. Radyoopaktırlar. Fiziksel ve mekanik özellikleri iyidir ve polisaj işlemleri basittir (Hickel ve ark. 1998). Kompomerlerin manüplasyonunun kolay olması, florid salabilme özelliğine sahip olmaları, ışıkla sertleşmeleri ve estetik özelliklerinin iyi olması materyalin pedodontide kullanımını teşvik etmektedir (Dhar ve ark. 2015). Kompomerlerin aşınma dirençlerinin düşük olmasıyla birlikte, süt dişlerinin aşınma direncine yakın bir değerde olması nedeniyle, süt dişlerinin restorasyonlarında kompomerlerin kullanımı uygundur (Burgers ve ark. 2009).

Kompomerlerin; fissür örtücü olarak, kök çürüklerinin restorasyonlarında, daimi dişlerde Sınıf III ve Sınıf V kaviterin restorasyonlarında, dental kronun yaklaşık olarak % 50'sinin kaldığı vakalarda kor yapımında, servikal abrazyon/erozyon lezyonlarında, daimi dişlerde direkt olarak okluzal kuvvete maruz kalmayan

bölgelerde yer alan küçük çürüklerin restorasyonlarında, süt ve daimi dişlerin restorasyonlarının tamirinde (Nicholson 2007, Kramer ve ark. 2006, Burke ve ark. 2002, Çehreli ve ark. 2000, Hse ve Wei 1997) kullanılmaları endikedir.

Kompomerlerin su emilimi, zamanla artmaktadır. Özellikle ön dişlerde estetik amaçlı yapılan kompomer restorasyon uygulamalarında, marjinal renk değişikliği olduğu görülmektedir (Kumar ve ark. 2015). Kompomerlerin aşınmaya karşı dirençlerinin zayıf olması nedeniyle, geniş boyutlarda kor yapımında kullanılmaları kontrendikedir. (Ernst ve ark. 2004).

### **2.2.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar**

İlk kez 1995 yılında tanıtılan YVCİS, GCİS'ların zayıf mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek, Sınıf I ve Sınıf V kavitelele sınırlı olan endikasyon alanlarını genişletmek ve ART tekniğinde kullanabilmek amacıyla üretilmişlerdir (Gurgan ve ark. 2015, Friedl ve ark. 2011, Scholtanus ve Huysmans 2007). Bu simanlar, 'kondanse edilebilen cam iyonomer simanlar' şeklinde isimlendirilmişlerdir (Kanık ve Türkün 2016). Ayrıca, amalgam ve kompozit restoratif materyallerine alternatif olarak daimi restorasyon materyali olarak uygulanmaları da hedeflenmiştir (Deepa ve Shobha 2010).

YVCİS'lar, GCİS'ların partikül boyutu değiştirilerek, toz/likit oranı artırılarak ve tozuna poliakrilik asit ilave edilerek, matrikste yüksek çapraz bağlar meydana getirilerek fiziksel özellikleri iyileştirilmiştir (Crowley ve ark. 2006, Nagaraja Upadhy ve Kishore 2005). GCİS'ların toz/likit oranı 3/1 ya da 4/1 değerinde iken; YVCİS'ların toz likit oranı 6/1 veya 7/1 değerindedir (Crowley ve ark. 2006, Ferrari 1999). Baskı dayanımı GCİS'larda 190 MPa iken; YVCİS'larda 250 MPa'dır. Bükülme kuvvetlerine karşı direnci ise, 30 MPa'dan 45 MPa'a kadar yükseltilmiştir. YVCİS'lar iyi mekanik özelliklere sahip olmaları nedeniyle, yüzey alanı geniş olan oklüzal kavitelere uygulanabilmektedirler (Berg 1998).

Toz/likit formunda olan YVCİS'lar, GCİS'lara benzer şekilde asit-baz reaksiyonu ile polimerize olmaktadır (Crowley ve ark. 2006). Bu simanların bükülme

kuvvetlerine karşı direnci ve sıkışma dayanımı, aşınma direnci, yüzey sertliği arttırılmış olup, GCİS'lara kıyasla önemli oranda daha dayanıklıdırlar.

GCİS'larla eşit oranlarda florid salabilme yeteneğine sahip olup, biyouyumlulukları da benzerlik göstermektedir (Molina ve ark. 2013a, Dowling ve Fleming 2009, Tyas 2003). YVCİS'lar hızlı bir şekilde polimerize oldukları için, neme karşı duyarlılığı belirgin şekilde azaltılmış olup, erken dönemde oluşan nem kontaminasyonu simanın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilememektedir (Çapan ve Akyüz 2016).

YVCİS'ların süt ve sürekli dişlerde Sınıf I kavitelere daimi restoratif materyal olarak uygulanması ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Gao ve ark. 2003). Bu materyalin Sınıf II kavitelere kullanımı sonucunda da kabul edilebilir sonuçlara ulaşılmıştır (Tal ve ark. 2017). Yapılan başka bir in vivo çalışmada, YVCİS'lar daimi dişlerde Sınıf II kavitelere uygulanmıştır.

6 yıllık klinik takibinin yapılması neticesinde, restorasyonun % 60 oranında başarılı olduğu belirlenmiştir (Scholtanus ve Huysmans 2007). YVCİS'ların Sınıf I restorasyonlarının amalgamla benzer restorasyon ömrü gösterdiği bildirilmiştir (Bonifácio ve ark. 2010). Kapsüllü YVCİS'ların bükülme kuvvetlerine karşı direncinin, sıkışma ve kopma dayanımlarının manuel olarak hazırlanan YVCİS'lara kıyasla, belirgin bir şekilde yüksek olduğu tespit edilmiştir (Molina ve ark. 2013b).

CİS'ların, sınıf II restorasyonlarda restoratif materyal olarak kullanıldığı durumlarda, marjinal kırıklara sık rastlanılmıştır. Bu durumu önlemek amacıyla, bu tür restorasyonlarda YVCİS'ların kullanımı tavsiye edilmektedir (Baig ve Fleming 2015).

Friedl ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada Equia (YVCİS) ve nano dolduruculu ışıkla sertleşen cila beraber kullanılarak yapılan bir yüzlü, iki yüzlü veya daha fazla yüzlü daimi restorasyonların başarı oranlarını karşılaştırmışlardır. Artan yüzey sayısı ile birlikte, başarı oranının azaldığı görülmüştür. Bu çalışmanın sonunda, Equia'nın sınıf I ve sınıf II kavitelelerin daimi restorasyonlarında kullanılabilmesi; ancak sınıf II kavitelelerde kullanımı konusunda dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir

#### 2.2.4. Giomerler

GCİS'ların florid salabilme özelliğini, kompozitlerin ise estetik ve mekanik özelliklerini bir arada bulundurabilen bir materyal olan kompomerlerin florid salım konsantrasyonu kompozit rezinlerden daha fazla olup, GCİS'lara kıyasla daha azdır ve PMKR'ler minimal düzeyde floridle yeniden yüklenebilme kapasitesine sahiptirler (Najma Hajira ve Meena 2015). PMKR ve kompozit rezinlerden farklı yeni bir hibrit estetik restoratif materyal olan giomerler geliştirilmiştir (Najma Hajira ve Meena 2015).

Robert ve ark. (1999), CİS'ların florid salımı mekanizmasının ilk olarak, geçirgen polialkenoat matrislerin yapısında bulunan iyon salabilen floroalüminosilikat cam ve polialkenoik asit arasındaki asit-baz reaksiyonundan kaynaklandığını belirterek, PRG (Pre-Reacted Glass-ionomer, önceden reaksiyona girmiş olan cam partikülleri) doldurucu teknolojisini geliştirmişlerdir. Giomerler, florid iyonu salabilen ve PRG doldurucu içeren rezin esaslı dental adeziv materyallerdir (Çapan ve Akyüz 2016). Giomerlerin yapısında, ortamda su varlığında polialkenoik asit ile floroalüminosilikat cam partikülleri arasındaki asit-baz reaksiyonu sonucunda oluşan PRG doldurucu partikülleri ve cam çekirdek üzerinde bu reaksiyonu indükleyen kararlı bir cam iyonmer faz bulunmaktadır. PRG doldurucular, ortamda su varlığında floroalüminosilikat cam ile polialkenoik asit arasındaki asit-baz reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Belirli bir boyut aralığında PRG doldurucuları oluşturmak için, kserogel dondurularak kurutulduktan sonra, öğütülmüş ve silanize edilmiştir (Ikemura ve ark. 2003). PRG teknolojisi, CİS'ların florid salabilme ve floridle yeniden şarj olabilme kabiliyetlerinin, kompozit rezinlerin ise fiziksel özelliklerinin korunarak biyoaktif bir sonuç alınabilmesi amacıyla, kompozit rezin materyalin doldurucu bileşenine uygulanmıştır (Okuyama ve ark. 2006, Itota ve ark. 2004a). Böylece, materyalin florid salımı cam çekirdek yüzeyinde asit baz reaksiyonunun oluşmasıyla gerçekleşmektedir.

Giomerlerin bileşeninde bulunan floroalüminosilikat cam, cam iyonmer matriks yapısını oluşturabilmek için poliasit ile önceden reaksiyona girmekte olup, daha sonra rezin ile karışmaktadır. Giomerlerin asit baz reaksiyonu, rezinle birleşme öncesinde meydana gelmektedir (Çapan ve Akyüz 2016). Ayrıca, giomerlerde



CİS’larda görülen hidrojel geçiş fazı görülmemektedir (Kanık ve Türkün 2016). Ayrıca, cam doldurucu materyalin cam iyonmer matriksinin boyutu, rezin esashi materyallerin florid salımı ve yeniden yüklenebilme kapasitelerinde önemli bir rol oynamaktadır (Itota ve ark. 2004b).

Giomerler, kompozit rezinlerin biyouyumluluk, estetik, cilalanabilme özelliklerine, CİS’ların florid salabilme ve florid rezervuarı olarak görev yapabilme özelliklerine sahiptirler. Giomerler PMKR’lerle benzer şekilde ışıkla sertleşmekte olup, materyalin dental yapılara adezyon gösterebilmeleri için bağlayıcı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Çapan ve Akyüz 2016). Beautifil II, 0.01-4.0 µm parçacık boyutunda fluroboro-alümino silikat cam dolduruculara sahiptir. Ayrıca, ağırlıkça % 83.3, hacim olarak % 68.6 oranında cam doldurucular içermektedir (Abdel-karim ve ark. 2014).

PRG doldurucular, CİS’ların asit ile reaksiyon derecesine bağlı olarak, iki tipe ayrılmaktadır (Ikemura ve ark. 2008).

- 1. S-PRG (Surface-Pre-Reacted-Glass İonomer Fillers):** Materyalin yüzeyinde, yüzey reaksiyonu şeklinde gerçekleşen reaksiyonlarla S-PRG doldurucu partikülleri oluşturulmaktadır. S-PRG teknolojisi ile geliştirilmiş olan estetik rezin içerikli ilk giomer restoratif materyal, Beautifil’dır (Shofu, Kyoto, Japonya) (Gordon ve ark. 2007).
- 2. F-PRG (Full-Pre-Reacted-Glass İonomer Fillers):** Materyalin polimerizasyonu sürecinde ortamda fazla miktarda su varlığında, sertleşme süreci boyunca devam eden reaksiyonlarla F-PRG doldurucu partikülleri oluşturulmaktadır.

Her iki tip PRG doldurucuların kullanılması ile birlikte, önceden reaksiyona giren hidrojinin yapısında iyon değişimiyle, giomerin florid salımı teşvik edilmektedir (Han ve ark. 2006). Bu durum, giomeri florid salabilen rezin içerikli restoratif materyallerden farklı hale getirmektedir (Ikemura ve ark. 2008). F-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerlerde, S-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerlerden farklı olarak, doldurucuların partikül çekirdeği daha hızlı

bozunarak tamamen reaksiyona girmektedir. Bu nedenle, F-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerler daha fazla miktarda florid iyonu salabilmektedirler (Najma Hajira ve Meena 2015). S-PRG doldurucular, florid dışında olumlu özellikler gösteren Al, B, Na, Si, Sr iyonlarını da salmaktadırlar (Ito ve ark. 2011, Fujimoto ve ark. 2010).

S-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerler daha çok kompozit rezin endikasyonu olan restorasyonlarda kullanılırken, F-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerler ise genellikle dentin bağlayıcı sistem, fissür örtücü veya kuvvet almayan bölgelerde restoratif materyal olarak kullanılmaktadır (Çakır ve ark. 2013). F-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerler, polimerizasyon reaksiyonlarından sonra yüksek oranda su absorbe etmektedirler. Bu durum klinik olarak başarısızlıklara sebep olduğundan, bu materyalin daha çok dentin bağlayıcı ajan olarak kullanılması önerilmektedir (Hickel ve ark. 1998).

S-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomer (Beautifil) ve F-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerin (Reactmer) klinik performanslarının kıyaslandığı çalışmada, 2 yıl sonunda Beautifil'in hem servikal hem de okluzal restorasyonlarda Reactmer'e göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Sunico ve ark. 2005).

**Modifiye S-PRG:** Son zamanlarda, birçok fonksiyonu olan fluoro-boro-alüminosilikat camın orjinal cam çekirdeğe sahip üç tabakalı ve iki yüzeyli bir yapıdan oluşan "Modifiye S-PRG doldurucuları" geliştirilmiştir (Najma Hajira ve Meena 2015). Cam çekirdeğin bir yüzeyinde önceden reaksiyona girmiş bir cam iyonomer fazı bulunmakta olup, diğer yüzeyi ise, önceden reaksiyona girmiş cam-iyonomer fazın yüzeyini kaplayan güçlendirilmiş modifiye edilmiş olan bir tabakadan oluşmaktadır (Najma Hajira ve Meena 2015). Bu üç tabakalı yapı, cam korun nem ile kontamine olmasını önlemekte olup, materyalin florid salımına ve floridle yeniden yüklenmesine izin vermektedir. Ayrıca, materyalin büyük ölçüde uzun süreli dayanıklılığını sağlamaktadır (Najma Hajira ve Meena 2015). Modifiye S-PRG doldurucularını içeren ve florid salımı yapabilen restoratif materyalin, F ayrıca Al, B, Na, Si ve Sr gibi diğer iyonları da salabildiği bildirilmiştir (Fujimoto ve ark. 2010).

Modifiye S-PRG doldurucular,

- Florid dışındaki iyonların da salımını sağlamaktadır (Fujimoto ve ark. 2010),
- Restoratif materyalin florid salımını ve floridle yeniden yüklenebilmesini sağlamaktadır,
- Asite karşı dirençli bir tabaka oluşumunu sağlamaktadır (Iida ve ark. 2009),
- Diş yapısının güçlendirilmesini sağlamaktadır (Tomiyama ve ark. 2008),
- Plak oluşumunu önlemektedir (Saku ve ark. 2010),
- Dentinin remineralizasyonunu sağlamaktadır (Ito ve ark. 2011),
- Asit tamponlama kapasitesine sahip olup, asidojenik bakteriler tarafından asit üretimini azaltmaktadır (Fujimoto ve ark. 2010),
- Streptokok mutansın dental yapılara tutunmasına engel olmakta olup, biofilm oluşumunu önlemektedir (Nishio ve Yamamoto 2002).

Itota ve ark. (2004a) tarafından yapılan çalışma sonucunda, giomerin florid salım konsantrasyonunun kompomer ve kompozit rezine kıyasla daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiş olup, cam doldurucuların cam iyonomer matriks boyutunun, rezin esaslı materyallerin florid salımı ve yeniden floridle yüklenmesi açısından önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir. Ayrıca, giomerlerin ve kompomerlerin, GCİS'ların ilk günlerde gösterdikleri yüksek konsantrasyonda florid salımı şeklinde tanımlanan başlangıç patlama etkisi özelliğine sahip oldukları gösterilmiştir (Yap ve ark. 2002a).

Giomerin deiyonize su ve laktik asitte maksimum düzeyde florid salımı gösterdiği bildirilmiş olup, laktik asitte deiyonize suya kıyasla daha fazla miktarda florid iyonu saldığı tespit edilmiştir (Jingarwar ve ark. 2014, Itota ve ark. 2005).

Bu materyalin S-PRG doldurucu partiküllerinin hidrojel yapısı ile kompozit rezinlerin rezin matrikslerinin yapısı karşılaştırıldığında, S-PRG doldurucu partiküllerinin hidrojel yapısının daha fazla oranda geçirgen ve gözenekli bir yapıya sahip olmasından dolayı, giomerin florid salabilen kompozitlere kıyasla daha fazla konsantrasyonda florid saldığı belirlenmiştir (Itota ve ark. 2005).

Giomerin hidrojel yapısı, Beautiful II'nin cam iyonomer faz içermeyen kompozit rezinlere nazaran yapısal olarak daha fazla florid tutma kapasitesi olan alanlara sahip olmasını sağlamaktadır (Najma Hajira ve Meena 2015). Beautiful II materyaline

topikal florid uygulandıktan sonra, deiyonize su içerisinde saklandığında asitli ortama kıyasla daha fazla floridle yeniden yüklenebilme kapasitesine ulaştığı görülmüştür. Bu durumun, asitin eritici etkisiyle doldurucu materyalin ek katyon salımını kolaylaştırması sonucunda oluştuğu düşünülmektedir (Najma Hajira ve Meena 2015). Floridle yeniden yükleme yapıldığında, bu katyonlar florid iyonlarıyla florid bileşikleri oluşturmaktadırlar (Nicholson ve Czarnecka 2004, Williams ve ark. 2003). Florid bileşikleri, serbest florid iyonlarından daha büyük moleküler boyutta olup, floridin bileşikten ayrılmasına direnç göstererek rezin matris içinde tutulma süresini arttırmaktadır. Florid bileşiklerinden florid iyonunun gecikmeli olarak salınması, tekrarlayan çürüklerin oluşma riskini arttırmaktadır (Naoum ve ark. 2011).

S-PRG doldurucu partiküllerini içeren giomerlerin florid salabilme özellikleri nedeniyle yüksek çürük insidansına sahip olan çocuklarda, süt dişlerinde tekrarlayan çürüklerin engellenmesi amacıyla kullanılmaları önerilmektedir (Nakamura ve ark. 2009).

Giomerler; ön ve arka grup süt dişlerinin restorasyonlarında, servikal çürüklerde, sınıf I, II, III, IV, V kavitelerde, kök çürüğü restorasyonlarında, kaide materyali ve fissür örtücü olarak, kırılmış porselen ve kompozit restorasyonların tamirinde, kuafaj materyali olarak, andırkatların maskelenmesinde, çürük kontrolü amaçlı geçici restoratif materyal olarak, endodontik tedavi sırasında oluşan kök perforasyonlarının tamirinde, kök yüzeyi restorasyonlarında, eksternal kök rezepsiyonlarının tamirinde, mine defektlerinin onarımında, veneerlerin ve postların yapısında kullanılabilirler (Najma Hajira ve Meena 2015, Dhull ve Nandlal 2011).

### **2.2.5. Cam Karbomerler**

Cam karbomer simanlar, GCİS'lerin içerdiği sulandırılmış poliakrilik asit ve floroalüminasilikat cama ilave olarak yapısında nano boyutlarda hidroksiapatit ve floroapatiti barındıran; ancak rezin, metal, Bisfenol-A, monomer içermeyen güncel restoratif materyallerdir (Gorseta ve ark. 2017, Botsalı ve ark. 2016, Menne-Happ ve Ilie 2013). Bu simanlar, GCİS'lara kıyasla arttırılmış biyoaktiviteye sahip olan cam iyonomer içerikli yeni nesil materyallerdir (Sidhu ve ark. 2016). Bilimsel literatürlerde 'Cam Karbomer' şeklinde isimlendirilmiştir (Pameijer 2012, Zainuddin

ve ark. 2012). Cam karbomer, su içeren polimerik asit ile iyonlara geçirgen yapıda olan bazik cam arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu ile sertleşmektedir (Çehreli ve ark. 2013). CİS'ların yapısında olmayan bazı bileşenler, cam karbomerlerin yapısında bulunmaktadır (Çehreli ve ark. 2013).

Bu bileşenler;

- Cam karbomerin yapısında bulunan nano boyutlardaki partiküllerin yüzey tabakaları kuvvetli bir asitle yıkandıktan sonra, partiküllerin yapısına kalsiyum iyonları difüze olmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda, kalsiyum iyonlarının çoğu cam çekirdeğin etrafında toplanmaktadır. Kalsiyum iyonlarını içeren cam tozu, cam karbomerlerin yapısında bulunmaktadır (Van Duinen ve Van Duinen 2004).
- Genellikle doğrusal yapıda bulunan, hidroksil grupları ve polidimetilsiloksan içeren bir silikon yağı bulunmaktadır. Bu silikon yağı, simanın diğer bileşenleri ile hidrojen bağları oluşturmakta, böylece sertleşme tamamlandıktan sonra da simanın yapısına bağlı kalmaktadır (Sidhu ve ark. 2016). Ayrıca, simanın yapısına mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla, polidialkilsiloksan ilave edilmiştir (Gorseta ve ark. 2017). Cam karbomer simanların cam tozuna ilave edilen silikon yağı, cam yüzeyi tarafından absorbe edilmektedir. Bu durum sonucunda, cam tozu ile poliasitin reaksiyonu indüklenmektedir. Ayrıca, cam karbomerlerin yapısına silikon eklenmesiyle birlikte, materyalin yüksek toz/likit oranlarında karıştırılmaları da kolaylaşmaktadır (Sidhu ve ark. 2016).
- Cam karbomer yapısında, ikincil doldurucu materyal gibi davranan bir biyoaktif bileşen olan hidroksiapatit bulunmaktadır. Bu hidroksiapatit yapısının, diş ile materyal arasında mine benzeri yapıların oluşumunu teşvik etmek amacıyla materyalin içeriğine katılmıştır (Sidhu ve ark. 2016). Cam karbomerin yapısında bulunan apatitin, floroapatit ve hidroksiapatitin karışımından oluştuğu belirlenmiştir (Zainuddin ve ark. 2012).

Cam karbomer simanlar GCİS'larla karşılaştırılabilir miktarlarda fosfor, florid, kalsiyum, alüminyum, alkali oksit içermekte olup (Sidhu ve ark. 2016, Nicholson 2014, Zainuddin ve ark. 2012), farklı oranlarda  $Al_2O_3$ , NaF,  $P_2F_5$ ,  $CaF_2$ , ZnO, BaO,

SrF<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> iyonları ve stronsiyum (Sidhu ve ark. 2016) ihtiva etmektedirler. Cam karbomer simanların CİS'lara nazaran daha yüksek oranda florid ve silika, daha düşük oranda fosfor ve alkali oksit içerdiği bildirilmiştir (Zainuddin ve ark. 2012).

Cam karbomer simanların yapısında bulunan cam partiküllerinin boyutu, CİS'lara nazaran oldukça ince yapıda olup, simanın çözünürlüğünü azaltmakta ve flororapatit oluşumunu sağlamaktadır (Zainuddin ve ark. 2012, Rao ve ark. 2011, Koenraads ve ark. 2009, Lucas ve ark. 2003). Nano boyutlu partiküller, cam tozu ve likitin temas yüzeyini artırarak, likit ile temasa geçtiklerinde materyalin daha kolay polimerize olmasını sağlamaktadır (Koenraads ve ark. 2009). Bu partiküller, simanın bükülme kuvvetlerine karşı direncini de arttırmaktadırlar (Zainuddin ve ark. 2012).

Ayrıca, cam karbomer simanlarındaki kalsiyum flororapatit nano-kristalleri, remineralizasyon sürecinin merkezi gibi görev yapmakta olup, floroapatit oluşumunu da indüklemektedirler. (Zainuddin ve ark. 2012). Nanoteknoloji sayesinde, cam karbomer simanın yapısında daha yüksek oranda doldurucu materyal ve daha düşük oranda matris bulunmaktadır (Gorseta ve ark. 2014).

Cam karbomer simanların yapısına nano partiküllerin eklenmesiyle birlikte materyalin fiziksel özellikleri iyileştirilmiştir (Çapan ve Akyüz 2016). Cam karbomer simanlar RMCİS ve GCİS ile kıyaslandığında, daha uzun çalışma süresine sahip olup, translusentliği ve estetik özellikleri daha iyidir (Çapan ve Akyüz 2016). Ancak, cam karbomer simanlar CİS'lara nazaran daha visköz bir yapıda olduğu için, kaviteye uygulanmaları daha zordur (Menne-Happ ve Ilie 2013).

Cam karbomer simanlar, GCİS'lerle benzer şekilde florid salabilme ve floridle yeniden yüklenebilme özelliklerine sahiptirler (Çapan ve Akyüz 2016). Cam karbomer simanlar biyouyumlu materyaller olup, dental yapılara kimyasal olarak adezyon göstererek, dentin marjlerinde hermetik bir kapama sağlamaktadırlar. Materyalin uygulanması esnasında mine ve dentine asit uygulanmasına gerek yoktur. Bu materyalin en önemli avantajı ise, neme karşı duyarlılığının az olması sebebiyle, pedodontide koopere olamayan çocuklarda uygulama kolaylığı sağlamasıdır (Subramaniam ve ark. 2015). Cam karbomer simanların kullanılmasının amacı, remineralizasyon sağlamak olup (Zainuddin ve ark. 2012), materyalin yapısında

bulunan partiküller demineralize dental yapıların remineralizasyonunu indüklemektedirler (Gorseta ve ark. 2017).

Cam karbomerler simanların sertleşme reaksiyonları, GCİS'ların sertleşme reaksiyonlarıyla benzerlik göstermektedir. Cam karbomer simanların asit baz reaksiyonları ısı uygulamasıyla aktive edilmektedir (Yasa ve ark. 2017). Cam karbomerlerin asidik yapıda olan likiti ile bazik yapıda olan cam tozunun nötralizasyon reaksiyonu göstermesiyle birlikte, materyal polimerize olmaktadır (Gorseta ve ark. 2017). Bu simanların ideal bir şekilde sertleşebilmesi için ısı uygulamasının gerekliliği bildirilerek (Menne-Happ ve Ilie 2013), ısı uygulanmasının baskı dayanımını (Çehrelı ve ark. 2013), aşınma direncini (Olegaria ve ark. 2015) materyalin mineye adezyonunu artıracakđı (Olegaria ve ark. 2015, Chen ve ark. 2012a) ve sertleşme süresini kısaltacakđı (Gorseta ve ark. 2012) düşünölmektedir.

Sertleşme reaksiyonu sonucunda oluşın poliasit matriks, GCİS'larda sertleşme reaksiyonu sonrası oluşın matriks ile benzer bir yapıya sahiptir. Toz ve likit karıştırıldıktan sonra sertleşme reaksiyonu yavaşlamakta olup, yüksek enerjili ışık cihazının materyale en az 20 saniye uygulanmasıyla birlikte (Çehrelı ve ark. 2013), ışık cihazının materyal yüzeyinde oluşturduğu ısı, simanın sıcaklığını arttırarak asit-baz reaksiyonunu hızlandırmaktadır (Gorseta ve ark. 2012). Sertleşme reaksiyonu sonucunda oluşın poliasit matriks, polidimetilsiloksan yağđı içermektedir (Van Duinen ve Van Duinen 2004).

Kullanılan ışık cihazının gücü önem arz etmekte olup, en az 1000 mW/cm<sup>2</sup> güce sahip olan cihazların uygulanmasının, en az 500 mW/cm<sup>2</sup> güce sahip olan cihazların uygulanmasına nazaran daha olumlu sonuçların elde edildiği belirtilmiştir (Gorseta ve ark. 2017).

Cam karbomer simanların in vivo kullanımı sırasında, yüksek enerjili ışık cihazının uygulanması tavsiye edilmektedir (Gorseta ve ark. 2017, Çehrelı ve ark. 2013, GCP-Glass fill 2011). Yüksek enerjili ışık cihazının siman üzerine uygulanmasının esas amacı, asit-baz reaksiyonunu hızlandırmak olup, fotopolimerizasyonu indüklemek amaçlanmamaktadır (Nicholson 2014, Çehrelı ve ark. 2013).

Zainuddin ve ark. (2012) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, cam karbomer simanın içeriğindeki apatit varlığı ölçülmüştür. Sonuç olarak, cam karbomer simanın apatit yapısının büyük bir kısmının hidroksiapatit olduğu bildirilmiştir. Simanın polimerize olması esnasında, hidroksiapatitin büyük bir bölümünün kullanılmakta olduğu, kalan kısmının ise, remineralizasyonu sağlamak için kullanıldığı saptanmıştır (Zainuddin ve ark. 2012).

Cam karbomer simanların sertleşme reaksiyonları ile ilgili yapılan başka çalışmalar sonucunda, cam ile poliasit ve hidroksiapatit ile poliasit arasında birbirine paralel zamanlarda iki adet asit-baz reaksiyonunun gerçekleştiği düşünülmektedir (Sidhu ve ark. 2016). Bu reaksiyonlar, katyonik doldurucu materyal içeren ve iyonlar arasında çapraz bağların yer aldığı bir poliasit matriks oluşumuyla sonuçlanmaktadır. Bu durumda, cam karbomer simanların yapısındaki doldurucu materyal sadece cam olmamakla birlikte, kısmen reaksiyona giren hidroksiapatit de bir doldurucu materyaldir (Sidhu ve ark. 2016).

Cam karbomer simanların bağlanma kuvveti ve Knoop sertlik değeri GCİS'lara göre daha düşüktür; ancak nano boyutlarda doldurucu partiküller içermesinden dolayı, materyalin aşınma direnci, kırılma kuvveti ve baskı dayanımı daha fazladır (Olegario 2015, Çehreli ve ark. 2013). Ayrıca, cam karbomerlerin mikrosızıntı değerinin materyalin içerisinde ve yüzeyinde çatlaklar bulunmasından dolayı, GCİS'lerden daha fazla oranda olduğu bildirilmiştir. (Çehreli ve ark. 2013).

Cam karbomer ile yapılan fissür sealantlarda daha fazla çürük lezyonu olduğu tespit edilmiştir (Chen ve ark. 2012a). GCİS, Ketac Molar Easymix ve Cam Karbomer'lerin baskı dayanımlarını kıyaslayan bir çalışmada, materyaller arasında anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür (Koenraads ve ark. 2009).

Cam karbomer simanların GCİS'lara kıyasla daha yüksek oranlarda cam ve hidroksiapatit doldurucu materyal içermesinden dolayı, olgunlaşmasını tamamlamış olan cam karbomer simanlar çok kırılğan bir yapıdadır. Bu durumun üstesinden gelmek için, simanın yapısına silikon yağı ilave edilmiştir. Silikon yağı materyalin polimerizasyonuna katkı sağlayarak, simanın diğer bileşenleri ile hidrojen bağları yapmak suretiyle, materyalin yapısında kalmaktadır (Sidhu ve ark. 2016).



Cam karbomer simanların yüzeyine, ısı uygulamadan önce, materyalin ilk polimerizasyon reaksiyonunda ve ikinci fazdaki dehidratasyon sırasında nem ve tükürük kontaminasyonunu engelleyen (Çehreli ve ark. 2013), monomer ihtiva etmeyen silikon içerikli kendi yüzey koruyucusunun ince bir tabaka şeklinde uygulanması tavsiye edilmektedir (GCP-Glass fill 2011). Bu uygulama neticesinde, materyalin yüzey özellikleri geliştirilmekte olup (Çehreli ve ark. 2013), restoratif materyalin tesviye ve polisaj işlemleri kolaylaştırılarak, materyalin GCİS'lerden daha iyi bitim özelliklerine sahip olması sağlanmaktadır (Menne-Happ ve Ilie 2013).

Cam karbomer simanlar, fissür örtücü olarak (Gorseta ve ark. 2014, GCP-Glass Fill 2011), kron yapımı esnasında kor materyali olarak, okluzal kuvvetlerin yoğun olmadığı bölgelerde sürekli dişlerde Sınıf I ve II kavitelerde daimi dolgu materyali olarak, süt dişlerinde sınıf 1 ve 2 kavitelerde daimi dolgu materyali olarak, sınıf V kavitelerde, ortodontik band ve braketlerin yapıştırılmasında, kron/köprü yapıştırma simanı olarak (Nicholson 2014), kron köprü restorasyonlarının tamirinde (Nicholson 2014) kullanılabilirler.

Yapılan bir in vitro çalışmada, farklı dentin kalınlıklarında, cam karbomer siman ve iki farklı RMCİS uygulamasında pulpa odasında oluşan ısı farklılığı kıyaslanmıştır (Botsalı ve ark. 2016). 1 mm dentin kalınlığı mevcudiyetinde, GCP karboLED ışık cihazının intrapulpal ısıyı 5,21°C arttırdığı belirlenmiş olup, bu ışık cihazının pulpa odasında maksimum ısı değişikliğine yol açtığı ve elde edilen değerlerin pulpal sağlığın korunabilmesi için sınır değerler olduğu tespit edilmiştir.

Cam karbomer simanlar, YVCİS'ler ve akışkan kompozitlerin fissür sealant olarak uygulandığı 2 yıl takipli bir in vivo çalışmada, materyallerin retansiyonları değerlendirilmiştir (Chen ve ark. 2012a). En az retatif materyalin cam karbomer siman olduğu tespit edilmiştir. Yapılan başka bir in vitro çalışmada, RMCİS, cam karbomer siman ve GCİS'lerin bağlantı değerleri kıyaslanmış olup, dişe minimum kuvvetle bağlanan materyalin cam karbomer siman olduğu belirlenmiştir (Shebl ve ark. 2014). Günümüze kadar, klinik olarak cam karbomer kullanımı ile ilgili sadece ön raporlar mevcut olup, uzun dönem takipli çalışmalar yayınlanmamıştır (Sidhu ve ark. 2016, Chen ve ark. 2012b).

Cam karbomerin polimerizasyon reaksiyonu, bazik özellikteki cam ve asit yapıdaki likitin nötralize olmasıyla gerçekleşmekte olup, CİS'in sertleşme reaksiyonuyla benzerlik göstermektedir (Gorseta ve ark. 2017). Cam karbomerin içeriğinde bulunan cam partikülleri CİS'lara nazaran oldukça ince partikül boyutuna sahiptir. Nano boyutlu partiküller temas yüzeyinin artmasını sağlayarak, cam karbomerin likiti (poliakrilik asit) ile temasa geçtiklerinde materyalin daha kolay polimerize olmasına ve daha hızlı florid iyonları salmasına yardımcı olmaktadır (Koenraads ve ark. 2009). Bu partikül boyutunun çözünmede ve floroapatite dönüşümde etkili olduğu düşünülmektedir (Rao ve ark. 2011, Koenraads ve ark. 2009).

Cam karbomerin polimerizasyon reaksiyonu ile ilgili yapılan araştırmalar sonucunda, sertleşme esnasında hidroksiapatit ile poliasit arasında ve cam ile poliasit arasında olmak üzere birbirine paralel iki reaksiyonun meydana geldiği belirlenmiştir (Sidhu ve ark. 2016). Her iki reaksiyon da asit baz reaksiyonları olup, iyonik çapraz bağlarla oluşmuş ve doldurucu içeren bir poliasit matriksinin meydana gelmesiyle sonuçlanmaktadır. Sertleşme reaksiyonları neticesinde oluşan matriks, polidimetilsiloksan yağı içermektedir (VanDuinen ve VanDuinen 2004); ancak GCİS'lerin matriksiyle benzerlik göstermektedir (Sidhu ve ark. 2016).

Cam karbomerin yapısındaki apatitin, hidroksiapatit ve floroapatitin bir karışımı olduğu bildirilmiştir. Polimerizasyon reaksiyonu esnasında hidroksiapatitin bir bölümü tükenmekte olup, remineralizasyon süreci için az miktarda hidroksiapatit kalmaktadır (Zainuddin ve ark. 2012).

#### **2.2.6. Nano-iyonomerler**

CİS'ların toz-likit formülasyonlarının mekanik, biyolojik ve fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla, cam toz bileşenine çeşitli nanoboyutlarda partiküller eklenmiştir (Najeeb ve ark. 2016). Nano boyutlu parçacıkların bir araya getirilmesiyle, polimerik dental materyallerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Najeeb ve ark. 2015, Xia ve ark. 2008). GCİS'ların yapısına nano boyutlu cam partikülleri ilave edilmesi neticesinde, materyalin sertleşme süresinin azaldığı, sıkıştırma dayanımının ve elastik modülünün arttığı gösterilmiştir (De Caluwe ve ark. 2014). Restoratif materyallerin sertleşme sürelerinin azaltılmasının

başlıca avantajı, manipülasyon kolaylığı sağlamasıdır (Najeeb ve ark. 2016). Bu durum sonucunda, tedavi süresi de kısalmaktadır.

Nanoiyonomerlerin yapısındaki itakonik ile akrilik asit kopolimerleri, floroalüminosilikat cam partikülleri ve su ile asit-baz reaksiyonu göstermektedirler (Kanık ve Türkün 2016). Nanoiyonomerleri diğer CİS'lerden farklı kılan en önemli özelliği, doldurucu içeriklerinin ağırlıkça % 69'unu nano doldurucuların oluşturmasıdır (Miletic 2009). Ayrıca, nanoiyonomerlerin içeriğinde HEMA, PEGDMA, TEGDMA ve BisGMA gibi farklı rezin monomerler bulunmaktadır. CİS'ların cam tozuna eklenen nano partiküller, hidroksiapatit, florohidroksiapatit, floroalüminosilikat, TiO<sub>2</sub> (Titanyum oksit) ve ZrO<sub>2</sub>'tir (Zirkonyum oksit) (Najeeb ve ark. 2016). Nano-hidroksiapatit kristalleri mine remineralizasyonunu destekleyebilmektedirler (Huang ve ark. 2011, Huang ve ark. 2009).

Nano florohidroksiapatit partikülleri, nano hidroksiapatit partiküllerine kıyasla daha düşük çözünürlüğe sahiptirler. Bu nedenle, nano florohidroksiapatit partiküllerini içeren CİS'lar, nano hidroksiapatit partiküllerini içeren CİS'lara nazaran daha iyi mekanik özelliklere ve bağlanma kuvvetine sahiptirler (Moshaverinia ve ark. 2008a, Moshaverinia ve ark. 2008b).

Apatitle modifiye edilmiş CİS'ların mekanik özelliklerinin artmasının, poliakrilik asit ile apatit kristalleri arasında oluşan iyonik etkileşimin bir sonucu olduğu öne sürülmüştür (Moshaverinia ve ark. 2008b). Nano apatit içeren CİS'ların apatit kristalleri ile diş yapısında kalsiyum iyonları arasında kuvvetli iyonik bağlar oluşabilmektedir (Lucas ve ark. 2003). Apatitlerin parçacık boyutunun mikrometreden nanometreye düşürülmesi neticesinde, yüzey alanı belirgin şekilde artmakta ve kristaller demineralize dentin ve mine prizmalarına yerleşerek, diş ile materyal ara yüzeyindeki bağlantı artmaktadır (Lee ve ark. 2010).

Hidroksiapatit partikülleri ve zirkonyum oksitin ağırlıkça %4'lük konsantrasyonlarda CİS tozuna eklenmesiyle birlikte, sertleşmiş durumdaki CİS'ların mekanik özelliklerinin geliştirilebildiği bildirilmektedir (Gu ve ark. 2005b). Polimerize olmuş olan CİS örnekleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak analiz edildiğinde, camın ve hidroksiapatit/titanyum oksit partiküllerinin matriks içerisinde

yoğun, eşit bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiş olup, bu durum neticesinde yapılan modifikasyonlarla materyalin mekanik özelliklerinin iyileştiği düşünülmektedir (Najeeb ve ark. 2016). Ayrıca, modifiye edilmemiş CİS'larla, modifiye edilmiş CİS'lar kıyaslandığında, modifiye edilmemiş olan CİS'ların zirkonyum oksit-cam ara yüzeyindeki bağlantısının zayıf olması nedeniyle, sertleşmiş durumdaki modifiye edilmemiş olan CİS'ların yapısında daha fazla çatlak olduğu gözlemlenmiştir (Najeeb ve ark. 2016). Bu materyallerin, zirkonyum oksit-cam ara yüzeyindeki bağlantının zayıf olması ve daha az oranda cam matriks içermeleri nedeniyle, ağırlıkça % 4'ten fazla oranda hidroksiapatit/titanyum oksit partiküllerinin eklenmesi CİS'ların mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyecektir (Gu ve ark. 2005b).

Nano partiküllerle modifiye edilmiş CİS'ların in vitro toksisitesini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmalarda; titanyum oksit nano partiküllerini içeren CİS'lar modifiye edilmemiş CİS'larla kıyaslandığında, titanyum oksit nano partiküllerini içeren CİS'ların inflamatuvar faktör prostaglandin E2 üretimini stimüle ettiği görülmüştür (Garcia-Contreras ve ark. 2014). Ancak, serbest haldeki titanyum oksit nano partiküllerinin sitotoksik olduğu ileri sürülmüştür, titanyum oksit nano partiküllerini içeren CİS'ların güvenilirliğini saptamak için daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır (Hall ve ark. 2009).

Nano-iyonomerlerin mekanik özellikleri artmış olup, polimerizasyon büzülmesi azalmıştır (Shafiei ve Abouheydari 2015). Nano-iyonomerler RMCİS'lara benzer şekilde polimerize olmaktadır. Materyalin ilk polimerizasyonu ışık aktivasyonu ile gerçekleşmektedir (Kanık ve Türkün 2016). Dental yapılara kimyasal olarak adezyon göstermektedirler. Kalsiyum-polikarboksilat formasyonu, belirgin bir şekilde görülmekte olup, kimyasal adezyon materyalin uzun dönemli olumlu sonuçlar vermesini sağlamaktadır (Falsafi ve ark. 2014).

Nano-iyonomerler de CİS'lar gibi florid salabilme ve floridle yeniden yüklenebilme özelliğine sahiptirler. Sertleşmiş durumdaki CİS'ların yapısında bulunan florid iyonları çevreye salınmaktadır (Najeed ve ark. 2016). Yüksek konsantrasyonlarda floridin demineralizasyon oranını düşürdüğü, remineralizasyon sürecini güçlendirdiği, bakterilerin çoğalmasını ve diş yüzeyinde biyofilm oluşturmasını engellediği düşünülmektedir (Wiegand ve ark. 2007).

Yapılan birçok çalışma sonucunda, nano boyutta partikül eklenen RMCİS'lardan ve modifiye edilmemiş olan RMCİS'lardan kümülatif florid salımlarının birbirleriyle karşılaştırılabilir durumda olduğu; ancak bu materyallerin GCİS'lara nazaran daha düşük oranda florid saldığı belirlenmiştir (Neelakantan ve ark. 2011, Paschoal ve ark. 2011, Moreau ve Xu 2010). pH 4 iken, nanoiyonomerlerin RMCİS'lara kıyasla daha fazla oranda florid iyonu saldığı; ancak 84 gün sonra nanoiyonomerler tarafından salınan kümülatif florid konsantrasyonu ile modifiye edilmemiş olan RMCİS'lar tarafından salınan florid konsantrasyonunun karşılaştırılabilir durumda olduğu görülmüştür (Moreau ve Xu 2010).

Nano-iyonomer simanlar tarafından restore edilen dişlerde ikincil çürük oluşumunu değerlendiren uzun süreli klinik çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle, nano-iyonomerlerin antikaryojenik etkisinin GCİS'lardan daha iyi olup olmadığı henüz kesin olarak tespit edilememiştir (Najeed ve ark. 2016).

Materyallerin florid salım oranlarının kıyaslandığı bir çalışmada, nano-iyonomer ve RMCİS'ların benzer düzeyde florid iyonu saldığı; ancak nano-iyonomerlerin yapısında RMCİS'lara nazaran daha az porözite ve yüzey çatlağı bulunduğu belirlenmiştir (Yip ve ark. 2008). Nano-iyonomerlerin, florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme özelliklerinin kompomelerden yüksek; GCİS'lar ve RMCİS'lar ile benzer olduğu tespit edilmiştir (Mitra ve ark. 2011). Sınıf V kavitelerin karşılaştırıldığı iki farklı in vitro çalışmada, nano-iyonomerlerin mikrosızıntı değerlerinin YVCİS'larla benzer olup, GCİS'lardan ve RMCİS'lardan çok daha düşük değerde olduğu bildirilmiştir (Eronat ve ark. 2014, Upadhyay ve Rao 2011). YVCİS ve nano-iyonomerlerin kullanıldığı bir ART çalışmasında, 12 ay sonunda nanoiyonomerlerin daha başarılı olduğu gözlemlenmiş olup; nano-iyonomerlerin CİS restorasyonlarına iyi bir alternatif oldukları belirlenmiştir (Konde ve ark. 2012).

### **2.2.7. Zirkonomerler**

Amalgamın civa tehlikesi nedeniyle, amalgama alternatif olarak yüksek stres alan posterior dişlerde kullanılmak üzere zirkonomerler geliştirilmiştir (Zirconia Reinforced Restorative 2001). Bu materyallerin, CİS'ların florid salabilme ve

yeniden yüklenebilme özelliklerine, amalgamın ise, yüksek dayanım gücüne sahip olduğu bildirilmiştir. Zirkonomerlerin cam bileşeni seramik ve zirkonya içermekte olup, bu bileşen materyalin yapısal bütünlüğünü güçlendirerek, yüksek stres alan arka grup dişlerde kullanılabilir olmasını sağlamaktadır (Zirconia Reinforced Restorative 2001).

Zirkonomerler; ART tekniğinde, kırık tüberküllerin tamirinde uzun süreli geçici restoratif materyal olarak, kırık amalgam restorasyonların tamirinde, pediatrik ve geriatric hastalarda, overdenture restorasyonların altındaki kök yüzeylerinde, sandviç restorasyonlarda, Sınıf I ve II kaviterlerde, radyoopasiteye ihtiyaç duyulan tüm kaviterlerde, indirekt restorasyonların altında kor materyali olarak kullanılabilir (Zirconia Reinforced Restorative 2001).

Zirkonomerler, aşınma ve erozyona karşı yüksek dayanıklılık göstermektedirler. Kolay hazırlanma ve kaviteye yerleştirilebilme özellikleri sayesinde, koltukta geçirilen süre en aza indirgenmekte olup, kısa sürede sertleşmektedirler ve yeterli çalışma süresine sahiptirler. Materyalin yapısına katılan seramik doldurucular, materyale radyoopasite kazandırarak, teşhis etmeyi kolaylaştırmaktadır. Amalgamın civa tehlikesi, korozyon, ekspansiyon ve ısı iletkenliği özelliklerine sahip değildir. Bununla birlikte, yüksek bükülme modülü ve sıkışma dayanımı özellikleri sayesinde, strese maruz kalan bölgelerde kullanıldığında prognozu iyidir. Mine ve dentine kimyasal olarak bağlanmakta ve diş ile benzer termal genişleme katsayısına sahip olduğu için, ara yüzeylerde düşük değerlerde gerilme kuvvetleri oluşmaktadır (Zirconia Reinforced Restorative 2001).

Yapılan bir in vitro çalışmada, zirkonomer, RMCİS kullanılmış olup, materyallere ağırlıkça %5, %15, %25 oranlarında hidroksiapatit eklenerek, materyallerin mikrosertlikleri ve Vickers sertlik değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ağırlıkça % 5 oranında hidroksiapatit ilave edilen materyallerin, % 15 ve % 25 oranlarında hidroksiapatit eklenen materyallere göre, mikrosertliklerinin daha üstün olduğu görülmüş olup, HA içermeyen kontrol grubuna kıyasla HA içeren grupların mikrosertliklerinin ve Vickers sertlik değerlerinin daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ağırlıkça % 5 ve % 15 oranlarında HA eklenen RMCİS'ların Vickers sertlik değerinin, zirkonomerlere kıyasla daha fazla olduğu; ancak bu farkın

istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca, RMCİS'ların mikrosertliklerinin tüm test gruplarında zirkonomerlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Sharafeddin ve ark. 2017).

Yapılan bir başka in vitro çalışmada, gümüş alaşım içeren CİS olan Miracle Mix, zirkonomer ve Fuji IX-extra GC kullanılmış olup, materyallerin yapay tükürük içerisinde çözünürlükleri ve sıkışma dayanımları kıyaslanmıştır (Bhatia ve ark. 2017). Sonuç olarak en yüksek sıkışma dayanımına sahip materyallerin zirkonomer grubu olduğu görülmüş olup, çözünürlük sıralamasının ise; Fuji IX-extra GC, zirkonomerler, gümüş alaşım içeren CİS olan Miracle Mix şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Bhatia ve ark. 2017). Zirkonomerlerin iyi estetik özelliklere, yüksek sıkışma dayanımına ve düşük çözünürlük özelliklerine sahip olmalarından dolayı umut vaadeden materyaller oldukları düşünülmektedir (Bhatia ve ark. 2017).

Yapılan bir başka in vitro çalışmada, zirkonomerlerin ve GCİS'ların florid salımları 15 gün boyunca hergün florid iyonlarına duyarlı iyon selektif elektrod kullanılarak ölçülmüş ve zirkonomerlerin florid salım konsantrasyonlarının GCİS'lara kıyasla daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Kishore ve ark. 2016).

Tiwari ve ark. (2016) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Zirkonomer (SHOFU, Almanya), CİS II (GCİS), CİS IX (YVCİS) Compoglass (PMKR) materyalleri kullanılarak 1, 7, 14 ve 21. günlerde florid salım konsantrasyonları ölçülmüştür. Yapılan araştırma sonucunda, deney periyodu boyunca zirkonomerin florid salım konsantrasyonunun diğer materyallere kıyasla daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, zirkonomerlerin yüksek düzeyde florid iyonu salımı gösterdiği belirlenmiştir (Kishore ve ark. 2016, Tiwari ve ark. 2016). Yüksek oranda florid salabilme özelliği sayesinde, özellikle yüksek çürük riskine sahip bireylerde zirkonomerlerin kullanımı endikedir (Kishore ve ark. 2016, Tiwari ve ark. 2016, Zirconia Reinforced Restorative 2001).

### **2.2.8. Amalgomerler**

Amalgomerler, amalgamın mekanik özellikleriyle CİS'ların estetik ve diğer pek çok avantajlarının kombine edildiği restoratif materyallerdir (Amalgomer 2003).

Amalgam Normatif Standartlarının (ISO 1559: 2003) ve CİS Standartlarının (ISO 9917: 1991) test sonuçlarını geliştirmek için tasarlanan ilk CİS grupları, amalgomerlerdir (Amalgomer 2003).

Amalgomerler, cam iyonomer bileşenleri olan florealüminosilikofosfat cam ve polialkenoik asitlerin mikronize edilmesi ve işlenmesiyle üretilmişlerdir (Billington 2004). Amalgomerlerin ön ve arka dişlerde kullanılmak üzere iki farklı versiyonu geliştirilmiş olup, arka dişlerde kullanılan amalgomerler (Amalgomer CR) diğerinden farklı olarak seramikle güçlendirilmiştir (Amalgomer 2003). Amalgomer CR'nin içeriğine bakıldığında toz kısmında florealüminosilikat cam, poliakrilik asit, tartarik asit ve seramik güçlendirme tozu bulunurken likit kısmında distile su ve poliakrilik asit bulunmaktadır (Amalgomer 2003).

Bu ürünün uygulamasında hazırlanan kavite üretici firma tarafından verilen likitle temizlenir. Bu işlemin amacı mikrosızıntıyı azaltmaktır (Castro ve Feigal 2002). Daha sonra karıştırılan materyal diş dokularına oldukça iyi yapışmakla beraber el aletleri ürünün tozuyla kaplandığı sürece yapışmamaktadır. Ürün hazırlanan kaviteye el aletleri ya da parmak basıncıyla kolaylıkla uygulanabilmektedir. Bu ürün ve Fuji IX arasında yapılan karşılaştırmada Amalgomer CR'ın kırılma ve nem dayanıklılığının Fuji IX'a göre daha üstün olduğu ortaya konmuştur (Deepa ve Shobha 2010).

Amalgomerler, yüksek oranda florid içermekte olup, üstün estetik özelliklere sahiptirler. Radyopak özelliğe sahiptirler. Bu restoratif materyalin uygulanması esnasında, amalgamdan farklı olarak minimal invaziv yaklaşım uygulanabilmekte olup, mine ve dentine kimyasal olarak bağlanabilmektedir (Amalgomer 2003). Biyouyumlulukları iyi olup, çabuk sertleşmektedirler ve uygun çalışma süresine sahiptirler. Aşınma kuvvetlerine karşı dirençli olup, 300 MPa'dan daha fazla değerde sıkışma dayanımına sahiptirler.

Amalgomerler, piyasada toz/likit formunda bulunmakta olup, amalgamın korozyon, genişleme, termal iletkenlik gibi olumsuz özelliklerini taşımamaktadırlar. Amalgomer ve Amalgomer CR restorasyonlarını kaviteye yerleştirmeden önce materyalin diş



adezyonunu artırmak amacıyla, dentin conditioner kullanılabilir (Amalgomer 2003).

Ön dişlerde kullanılmak için tasarlanan amalgomerler; daimi dişlerde sınıf III ve sınıf V (özellikle erozyon vakalarında) kaviteelerde, süt dişlerinde posterior bölgelerde, pit ve fissürlerde fissür örtücü olarak, estetik özellikte olmalarından dolayı daimi posterior dolgularda veneer olarak uygulanabilmektedirler (Amalgomer 2003).

Arka dişlerde kullanılmak için tasarlanmış olan amalgomerler (Amalgomer CR); amalgam restorasyonların tamirinde, amalgam veya posterior kompozit restoratif materyallerin altında kaide materyali olarak, kronların altında kor materyali olarak, overdenture restorasyonlarının altındaki kök yüzeylerinde, uzun süreli geçici restoratif materyal olarak, radyoopasitenin gerekli olduğu bütün kaviteelerde, kron marjlerinin tamirinde, ART tekniğinde uygulanabilmektedirler (Amalgomer 2003).

Yapılan bir in vitro çalışmada, Beautifil II, Cam karbomer GCP, Amalgomer CR, Dyract XP ve Fuji IX GP olmak üzere toplam beş farklı restoratif materyal kullanılarak, materyallerin florid salımları, yüzey pürüzlülükleri ve materyallere Soflex, Enhance-Pogo polisaj sistemleri uygulanarak bakteri retansiyonları değerlendirilmiştir (Bayrak ve ark. 2017). Sonuç olarak, en yüksek florid salımı Soflex disklerle parlatılan Cam karbomer GCP restoratif materyallerinde görülmüş olup, yüzey pürüzlülük değerlerinin tüm restoratif materyallerin polisaj yapılmayan kontrol gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha düşük olduğu belirlenmiştir (Bayrak ve ark. 2017). Amalgomer CR'ın her iki polisaj sisteminin uygulandığı alt gruplarının, diğer materyal gruplarına nazaran, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu tespit edilmiştir (Bayrak ve ark. 2017). Amalgomer CR'ın Enhance-Pogo polisaj sisteminin uygulandığı alt grubunda ise, en yüksek oranda bakteri retansiyonu olduğu gözlenmiştir (Bayrak ve ark. 2017).

Amalgomer CR ve Fuji VII'nin şiddetli erken çocukluk çürüğüne neden olan bakterilere karşı antibakteriyel etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir başka in vitro çalışmada, Amalgomer CR'ın en fazla *S. mutans*'a karşı daha sonra sırasıyla *A. viscosus* (*Actinomyces viscosus*), *S. salivarius*, *S. parasanguinis* ve *L. casei*

(Laktobacillus casei)'ye karşı antibakteriyel etkinlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Fuji VII'nin ise, en fazla S. salivarius'a karşı ardından da A. viscosus'a karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu belirlenmiş olup, bahsi geçen restoratif materyalin S. mutans, S. parasanguinis ve L. casei' nin büyümesini inhibe etmediği görülmüştür (Bariker ve Mandroli 2017).

Miracle Mix, Ketac Molar ve Amalomer CR'ın süt dişlerinde makaslama kuvvetlerine karşı bağlanma dayanımını inceleyen bir in vitro çalışma sonucunda, Amalomer CR'ın diğer test materyallerine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek değerlerde süt dişlerinde makaslama kuvvetlerine karşı bağlanma dayanımını sergilediği belirlenmiş olup, pediatrik dişhekimliğinde restoratif materyal olarak kullanımı desteklenmektedir (Murthy ve Murthy 2015).

### **2.2.9. Yeni Jenerasyon Cam Hibrit Materyaller**

Equia Forte, GCİS'ların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilmiş olan yeni jenerasyon cam hibrit yapısındaki hızlı bir şekilde sertleşen estetik restoratif materyaldir. Equia Forte, hibrit kompozitler gibi, farklı boyutlarda cam doldurucu partiküller içermektedir. Materyalin toz ve likiti karıştırıldıktan sonra, oluşan matriks miktarını ve oluşum hızını artırmak için yeni oldukça ince ve reaktif özellikteki cam, cam hibrit doldurucuların içerisine dağılmıştır. Bu yenilikçi cam hibrit teknolojisi çok daha güçlü bir matris yapısı oluşturarak, daha iyi fiziksel özelliklere, aşınma direncine ve daha yüksek florid salımına sahip olan bir materyal geliştirilmesini sağlamaktadır (Equia Forte Fill 2016, Koenraads ve ark. 2009).

Equia'nın bükülme direnci, asite karşı direnci ve aşınma direnci artırılarak Equia Forte geliştirilmiştir. Bu materyal, posterior dişlerin restorasyonu için uygun bir alternatif olarak sunulmuştur. Bu materyal, cam hibrit teknolojisi ile tüberkül harabiyetine sahip olan Sınıf II kavitelere kullanılmak üzere üretilmiş alternatif bir materyaldir (Equia Forte Fill 2016).

Cam hibrit materyaller, çapraz bağları arttırılmış matriks yapısına sahiptirler. Ayrıca, küçük reaktif silikat parçacıkları ve daha yüksek molekül ağırlıklı akrilik asit

molekülleri içermektedirler. Bu sayede, materyalin bükülme kuvvetlerine karşı direncinin arttığı düşünülmektedir (Al-Abdi ve ark. 2017).

Endikasyonları:

- Sınıf I ve Sınıf II restorasyonlar,
- Kaide materyali olarak,
- Sınıf V ve kök yüzeyi restorasyonlarında,
- Kor yapımında,
- Fazla miktarda florid salma yeteneğine sahip olmasından dolayı yüksek çürük riskli pediatrik ve geriatrik hastalarda kullanılmaktadır (Equia Forte Fill 2016).

Equia Forte restoratif materyalin yüzey sertliğinin artırılması amacıyla, rezin içerikli Equia Forte Coat örtücü kullanılmaktadır (Equia Forte Fill 2016). Equia Forte Coat uygulanmasıyla birlikte, marjinal sızıntı azalmakta olup, daha estetik bir görünüm sağlanmaktadır. (Equia Forte Fill 2016). Equia Forte uygulanması sırasında bonding ajan veya conditioner kullanılması gerekmemektedir (Equia Forte Fill 2016). Cam hibrit restoratif materyal neme karşı dayanıklı olup, sertleşmesi esnasında neredeyse hiç büzülme göstermemektedir. Ayrıca, asit erozyonlarına da karşı dayanıklıdır (Equia Forte Fill 2016).

Equia Forte'un mekanik özelliklerini araştıran çalışma sayısı sınırlıdır. Bu materyal ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, umut vadeden sonuçlara ulaşılmıştır. Basso ve ark.(2015) tarafından yapılan iki yıllık takipli bir in vivo çalışmada, 202 adet hastaya Equia Forte restoratif materyali kullanılarak 304 adet restorasyon yapılmıştır ve materyalin retansiyonu, marjinal bütünlüğü, renk değişimi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, uzun vadede başarılı sonuçlar elde edildiği saptanmıştır. (Basso ve ark. 2015).

Yapılan bir in vitro çalışmada, Sınıf II kavitelerde Equia Forte, Equia, Ketac molar ve Ionostar Molar materyalleri kullanılarak kırılma dayanıklılıkları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Equia Forte'un en iyi kırılma direnci gösterdiği belirlenmiştir (Glavinia ve ark. 2015).

Yapılan başka in vitro çalışmada, çekilmiş premolar dişlerin pulpa-aksiyel duvarlarında yapay çürük oluşturulmuştur (Schwendicke ve ark. 2017). Sınıf II kavite farklı ajanlarla restore edilerek gruplara ayrılmıştır. Birinci grupta, kavite rezin kompozit (OptiBond FL ve Tetric EvoCeram) ile restore edilmiştir. İkinci grupta, yapay çürük üzerine ışıkla sertleştirilen kalsiyum hidroksit yerleştirildikten sonra, kavite rezin kompozit ile restore edilmiştir. Üçüncü grupta, yapay çürük üzerine polimerize edilmeyen kalsiyum hidroksit yerleştirildikten sonra, kavite rezin kompozit ile restore edilmiştir. Dördüncü grupta, kavite Equia Forte (CH) ile restore edilmiştir. Restore edilen dişlerde, ikincil çürüğün ilerlemesi, materyal ile diş dokuları arasındaki oluşan boşluklar ve marjinal bütünlük karşılaştırılmıştır. Daha sonra, dişler *Lactobacillus rhamnosus* biyofilminde 14 gün boyunca bekletilmiştir. 14 gün sonra, restorasyon marjinlerindeki biyofilmlerin bakteri sayıları ve ikincil çürüklerin ilerleme boyutları araştırılmıştır. Sonuç olarak, üçüncü grup ile dördüncü grubun marjinal bütünlüğünün birinci ve ikinci gruba kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha düzensiz olduğu belirlenmiştir. Equia Forte grubunda materyal ile diş dokuları arasındaki oluşan boşluğun diğer gruplara kıyasla daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Grupların bakteri sayıları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir. Gruplarda ikincil çürükte ilerleme olmadığı saptanmıştır (Schwendicke ve ark. 2017).

### **2.3. FLOR**

Florid iyonu kaynağını flor elementinden almaktadır. Diş hekimliği açısından önemli olan iki florid bileşiği; sodyum florid ve sodyum monoflorofosfattır. Organizma için eser element olarak kabul edilen florid iyonunun insan organizmasında bulunan konsantrasyonu, vücuda alınan gıdalar, içme sularında bulunan florid iyonu miktarı, sistemik ve topikal flor uygulamaları gibi birçok faktöre göre değişkenlik gösterebilmektedir (WHO 2004). Genç erişkinlerde, absorbe edilen florid konsantrasyonunun %50'si 24 saat içinde kalsifiye dokulara girmekte, kalanı ise idrarla itrah edilmektedir. Gelişmekte olan dokular, florid alınımına daha duyarlıdır. Bu nedenle, küçük çocuklarda absorbe edilen florid konsantrasyonunun büyük kısmı kalsifiye dokulara geçmektedir (WHO 2004).

Florid konsantrasyonu, vücuda alınımından 30 dakika sonra tükürükte en yüksek düzeye erişmekte olup, bu değer bir saat sonra normal düzeyine ulaşmaktadır. Tükürükte mevcut olan florid iyonu, diş minesindeki florid konsantrasyonunun devamlılığını sağlamaktadır (WHO 2004).

Florid iyonu sürme öncesi dönemde sistemik yollarla ve optimal dozda alındığında, mine gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Optimum dozda alınan florid iyonları, ameloblastlardan salgılanan mine proteinlerinin sekresyonunu, kalsiyum ve fosfatın organik matrikse tutunmasını ve okta kalsiyum fosfatların hidroksiapatite dönüşümünü hızlandırmaktadır (Küçükşen ve Sönmez 2008). Sürme öncesi dönemde sistemik yollarla, sürmeyi takiben ve yaşlanma süreci boyunca topikal yollarla mine yapısına katılan florid iyonu, minenin mineralizasyonu sırasında, hidroksiapatit kristallerindeki hidroksil iyonlarıyla yer değiştirerek daha kararlı kristalize bir yapının oluşumunu sağlamaktadır (Bijella ve ark. 2005a, De A silva ve ark. 2004, Buchalla ve ark. 2002). Böylece, çözünürlüğü azalan minenin kristal yapısı güçlenmekte ve yüzey mine tabakası asitlere karşı daha dirençli hale gelmektedir (De A silva ve ark. 2004, Buchalla ve ark. 2002).

### **2.3.1. Floridin Çürük Oluşumunu Önlemedeki Etkisi**

Çocuk diş hekimliğinde; çürüklerin erken dönemde teşhis edilmesi, başlangıç çürüklerinin remineralize edilerek kaviteye dönüşmesinin önlenmesi, diş dokusunun korunması ve maddi kayıpların önüne geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Florid iyonunun, yeni diş çürüklerinin oluşumunu önlemesi ve başlangıç çürüklerinin remineralizasyonunu sağlaması üç yolla gerçekleşmektedir (Çapan ve Akyüz 2016, Dean ve ark. 2011):

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

Oral kavitede pH 5,5'in altına düştüğünde,  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{+3}$  iyonları minenin yapısından ayrılmakta ve diş demineralize olmaya başlamaktadır. Ortamın pH'ı

düştüğünde, tükürükte ve diş sert dokuları çevresinde az miktarda ve sürekli olarak bulunan florid iyonu, minenin apatit yapısına katılacak şekilde mine yüzeyinde birikmekte ve minenin çözünürlüğünü azaltarak, demineralizasyon oluşumunu önlemektedir. Asidik etki ortadan kalkınca,  $Ca^{+2}$  ve  $PO_4^{+3}$  mineralleri tekrar minenin yapısına katılmaktadır. Bu olaya, remineralizasyon denilmektedir. Remineralizasyon oluşumunu sağlayan katalizör florid iyonudur ve kalsifiye dokuların apatit yapısına affinitesi vardır. (Dionysopoulou 2014, Alexander ve Ripa 2000) Bu sebeple, florid kalsiyum hidroksiapatitte bulunan  $OH^-$  grubu ile kolayca yer değiştirebilmektedir. Bu şekilde, çözülmeye daha dirençli olan fluoroapatite benzer kristalize bir yapı oluşmaktadır (Dionysopoulou 2014, Alexander ve Ripa 2000). Fluorapatit formu, hidroksiapatite göre çok daha stabildir ve minenin çözünürlüğünü azaltarak, mineyi demineralizasyona karşı daha dirençli hale getirmektedir. Böylece, minenin asitle çözülmeye karşı direnci artmaktadır. Bu şekilde, başlangıç çürüklerinin remineralizasyonu sağlanmakta olup, yeni diş çürüklerinin oluşumu da engellenmektedir (Dionysopoulou 2014, Alexander ve Ripa 2000).

Florid, bakterilerin enzimleri inhibe etmek suretiyle, glikolitik yoldan asit oluşturmalarını önleyerek plak pH'ını yükseltir. Floridin kalsiyuma olan yüksek afinitesi nedeniyle, fosfat ve proteinlerin hidroksiapatite yapışması önlenmektedir. Bu durum, plak kolonizasyonu ve adezyonunu zorlaştırmaktadır. Florid, yüksek konsantrasyonlarda bakterisid etkiye sahiptir. Böylece, diş çürüklerinin oluşumu engellenmektedir (Dionysopoulou 2014, Martı ve ark. 2012, Newbrun 2001, Alexander ve Ripa 2000).

### **2.3.2. Florid Uygulamaları**

Florid uygulamaları, sürme öncesi etkisi için sistemik yolla ve sürme sonrası etkisi için topikal olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır (Dean ve ark. 2011, WHO 2004).

#### **2.3.2.1. Sistemik Florid Uygulamaları**

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) ile Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanının (HHS)'nin 2011 yılında yaptıkları ortak basın açıklamasına göre, diş çürüğü oluşumunun önlenerek başlangıç çürüklerinin

remineralizasyonunun sağlanması ve florozis oluşumunun engellenmesi için, içme sularında bulunması gereken maksimum florid konsantrasyonunun 0,7 ppm olması gerektiği bildirilmiştir (AAPD 2014, Demirel ve ark. 2012). Ağız ve diş sağlığının korunabilmesi için uygulamanın uzun süreli olması, sürekliliği, halkın floridli suları içme suyu olarak kullanması ve topikal florid uygulamaları ile desteklenmesi gerekmektedir (Marwah 2009, Çakır ve Çakmakçı 2004).

Sistemik florid uygulamaları;

- ✓ Suların floridlenmesi (AAPD 2014),
- ✓ Süte florid eklenmesi (Philips ve Woodward 2000, Marwah 2009).
- ✓ Tuza florid eklenmesi (Marwah 2009),
- ✓ Floridli damla, tablet ve pastillerin kullanımı (Petersen ve Lennon 2004) şeklindedir.

### **2.3.2.2. Topikal Florid Uygulamaları**

Ağız ve diş sağlığının korunabilmesi için sistemik uygulamaların mutlaka topikal florid uygulamaları ile desteklenmesi gerekmektedir (Marwah 2009, Çakır ve Çakmakçı 2004).

Topikal florid uygulamaları profesyonel ve bireysel uygulamalar olarak iki bölümde incelenmektedir. Bireysel uygulamalar, bireyin evde floridli diş macunları, diş ipleri, floridli sakızlar, ağız gargaraları ve ev tipi jelleri kullanması şeklinde tanımlanmaktadır (Ercan ve ark. 2010, Ölmez ve Altay 1998). Bireysel uygulamalarda floridli ürünler, düşük dozda ve sık aralıklarla kullanılmaktadır.

Profesyonel uygulamalar, hastaya diş hekimi tarafından uygulanan yöntemlerdir. Bu yöntemde, florid içerikli ürünler yüksek konsantrasyonda uzun zaman aralıklarında kullanılmaktadır. Profesyonel uygulamalarda floridli jeller, vernikler, solüsyonlar, patlar, restoratif materyaller ve ağız-içi florid salan cihazlar kullanılmaktadır (Ercan ve ark. 2010).

Dişlerin erüpsiyonundan sonra yapılan topikal florid uygulamaları sonrasında, floridin apatit yapısına katılması sürme öncesi dönemde yapılan sistemik florid

uygulamasında katılmasından farklıdır. Yüksek konsantrasyonlardaki florid bileşiği doğrudan temas ettiği yüzeydeki hidroksiapatit kristalini iyonize etmekte ve açığa çıkan kalsiyum ile reaksiyona girerek yüzeyel bir CaF<sub>2</sub> tabakası meydana getirmektedir. Topikal uygulanan preparatların belirli bir süre diş adezyon göstermesi sebebiyle, yeni oluşan CaF<sub>2</sub> tuzu diş yüzeyinden ayrılmamakta, alttaki apatit kristallerine florid iyonlarını göndererek bunların hidroksiapatitten daha kararlı, asit ataklarına karşı daha dirençli olan florohidroksiapatite benzer kristalize bir yapıya dönüşmelerini sağlamaktadırlar (Bijella ve ark. 2005b, De A Silva ve ark. 2004, Buchalla ve ark. 2002, Burrell ve Chan 2000, Featherstone 2000).

Rutin olarak kullanılan topikal florid uygulamaları şunlardır:

### **Floridli Diş Macunları**

Topikal florid uygulamasının en yaygın yöntemi, floridli diş macunlarının kullanımınıdır. Bireysel topikal florid uygulamalarında kullanılan diş macunlarında; sodyum florid (NaF), amin florid (AmF), kalay florid (SnF<sub>2</sub>) ve sodyum monofluorofosfat bulunmaktadır (Marwah 2009).

Günlük floridli diş macunu kullanımıyla birlikte, florid içerikli restoratif materyaller her fırçalama işlemi sırasında floridle yeniden yüklenerek, florid rezervuarı gibi görev yapmaktadır. Floridli diş macunlarının kullanımıyla ağız ortamının florid seviyesi sabit tutularak, yeni çürüklerin oluşumu engellenebilmektedir (Donly ve Nelson 1997).

### **Floridli Ağız Gargaraları**

Bireysel topikal florid uygulamalarında florid içeren gargara kullanımının amacı, tükürükteki serbest florid konsantrasyonunu yükselterek sabit bir seviyede tutabilmektir. % 0,05'lik NaF içeren gargaranın günlük, % 0,2'lik NaF içeren gargaranın ise haftalık kullanımı tavsiye edilmektedir (Dean ve ark. 2011, Amniabadi ve ark. 2007).

### **Florid Jelleri**

Diş hekimliğinde, uzun zamandan beri rutin olarak yüksek konsantrasyonlu floridli jeller kullanılmaktadır. Florid jellerinin çürük insidansı yüksek olan bireyler



tarafından evde kullanılabilen tipleri ve yalnızca diş hekimleri tarafından uygulanabilen tipleri mevcuttur (Pinkham ve ark. 2009). Florid jellerin profesyonel olarak uygulanabilen tipleri; %8-10 SnF<sub>2</sub>, APF (12300 ppm F), nötral NaF (9040 ppmF) şeklindedir (Pinkham ve ark. 2009). SnF<sub>2</sub> (1000 ppm F), nötral NaF (5000 ppm F), APF (5000 ppm F) florid jeller ise, bireysel olarak uygulanabilmektedirler (Pinkham ve ark. 2009).

Yapılan kontrollü klinik çalışmalarda profesyonel olarak yapılan topikal florid uygulamalarının (vernükler, solüsyonlar, jeller) çürük oluşumunu %50 ile %70 oranında azalttığı bulgulanmıştır (Ercan ve ark. 2010). Diş hekimliğinde rutin olarak kullanılan floridli jeller %1,23'lük APF jel olup, kullanılan diğer jeller ise %8-10'luk SnF<sub>2</sub>, AmF ve % 2'lik NaF'dir (Ercan ve ark. 2010). APF jeller; ortofosforik asit, sodyum florid, hidroflorik asitten meydana gelmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, minenin maksimum florid alımının ilk 4 dakikada olduğu bulgulanmış olup (Marinho ve ark. 2003), APF jellerin 4 dakika süre ile uygulanmaları tavsiye edilmektedir (Marinho ve ark. 2002).

### **Florid Vernükleri**

Floridli vernükler, ilk olarak Avrupa'da 1964 yılında Duraphat ticari ismiyle tanıtılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, floridli vernüklerin uygulanmasıyla birlikte, yeni çürüklerin oluşumunun % 25 ile % 75 arasında azaldığı saptanmıştır. Floridin dişler ile uzun süreli temasını sağlayabilmek ve böylece minenin yüzey tabakalarının içerisindeki florid miktarını arttırabilmek için floridli vernükler geliştirilmiştir (Dean ve ark. 2011, Ercan ve ark. 2010, Amniabadi ve ark. 2007).

Floridli vernük uygulamalarında florid, mine yüzeyine tutunarak yavaş yavaş salındığından, floridli preparat ile minenin temas süresi uzamaktadır. Bu şekilde minenin florid alım konsantrasyonu daha fazla olmaktadır (Beltrán-Aguilar ve ark. 2000).

Vernüklerin yapısına % 5 NaF (22000 ppm) ilave edilmektedir (Clarkson ve McLoughlin 2000). Yapılan çalışmalar neticesinde, floridli vernüklerin asıl kariyostatik etkisini, antibakteriyel etkinlikten ziyade erken çürüklerin

remineralizasyonunu sağlayarak gösterdiği saptanmıştır (Beltrán-Aguilar ve ark. 2000). Floridli vernikler, beyaz nokta lezyonlarının tedavisinde, erken çocukluk dönemi çürüklerinde, kök çürüklerinde, dentin hipersensitivitesi olan hastalarda, ortodontik tedavi gören hastalarda ve özel bakım gerektiren hastalarda kullanılmaktadır (Clarkson ve McLoughlin 2000). Floridli verniklerin çürük insidansı yüksek olan hastalarda 3-6 aylık aralıklarla; orta dereceli çürük risk grubunda olan hastalarda ise, 12 ayda bir kullanımı tavsiye edilmektedir (Newburn ve Brudevold 2011, Pinkham ve ark. 2009).

Vernikler uygulandıktan sonra, florid iyonları yavaş salındığından toksisite riski azdır. Bu sebeple, 5 yaşının altındaki çocuklara topikal florid uygulama ajanlarından sadece floridli vernikler uygulanabilmektedir (Dean ve ark. 2011, Ercan ve ark. 2010).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Tez çalışmamızda çocuk diş hekimliğinde kullanılan cam iyonomer ve cam hibrit yapıdaki restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonlarının ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın florid salım ve yeniden yükleme deneyleri Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda İonofil U (GCİS), Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS), Equia Forte (CH), Glass Fill (CK) ve Beautifil II (Gİ) materyalleri kullanılmıştır. Araştırmamızın amacı, materyallerin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28. günlerde florid yüklenmeden ve yeniden yükleme sonrası florid salım konsantrasyonlarını değerlendirmektir.

Çalışmamızda florid salımı değerlendirmelerinde kullanılacak olan örnek diskler, A2 rengi kullanılmak koşuluyla, 5 mm çapında 2 mm kalınlığında daire şeklinde delikler içeren paslanmaz çelik kalıplar (Şekil 2.2) kullanılarak hazırlanmıştır. Power analizi sonucunda, her gruptan hazırlanması gereken örnek sayısı en az 11 olarak belirlenmiştir. Her materyalden 16 adet bitirme polisaj yapılmış ve birer adet bitirme polisaj yapılmamış örnekler hazırlanmıştır. Araştırmamızda, bahsi geçen materyallerin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerdeki florid salımları ve materyallere 4 dakika süreyle % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonraki 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28. günlerdeki florid salımları Ag/AgCl referans elektrot (Şekil 2.14) ve florid iyonlarına duyarlı iyon seçici elektrot (ISE) (Şekil 2.14) kullanılarak ölçülmüştür.

Araştırmamızda kullanılan dolgu materyallerinin içerikleri ve özellikleri, cihazlar, kimyasal maddeler Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1:** Çalışmada Kullanılan Florid İçerikli Restoratif Materyaller

Ürünün Adı	Ürünün Türü	Üretici Firma	Ürünün İçeriği
İonofil U	Geleneksel Cam İyonomer Siman	VOCO, Cuxhaven, Germany	Alüminyum florosilikat cam, poliakrilik asit, su
Photac Fil Quick Aplicap	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman	3M ESPE GmbH, Seefeld, Germany	Sodyum-kalsiyum- alüminyum florosilikat cam, rezin modifiye polialkenoik asit, akrilik ve maleik asit kopolimeri, cam iyonomer ile uyumlu monomer ve oligomer, kamforokinon, su
Equia Forte GC	Cam Hibrit Restoratif Materyal	GC, Tokyo, Japan	Floroaluminosilikat cam, distile su, poliakrilik asit
Glass Fill	Cam Karbomer	GCP Dental, Leiden, Hollanda	Fluoroaluminosilikat cam > % 90 Apatit < % 6 Poliasit < % 4 Nanoboyutlu cam partikülleri, nanofloro/hidroksiapatit, floroapatit, silika içerikli likit, modifiye polisiloksan
Beautiful II	Giomer	SHOFU Inc., Kyoto, Japan	Bis-GMA (bisfenol A glisidil eter dimetakrilat), TEGDMA (triötilen glikol dimetakrilat), Aluminofloroborasilikat cam, Kamforokinon

**Çizelge 2.2:** Deneyde Kullanılan Cihazlar

<b>CİHAZLAR</b>	<b>MARKA</b>
Florid iyonlarına duyarlı iyon seçici elektrot	Sentek, Estate, Braintree, Essex
Ag/AgCl referans elektrot	Thermo ORION, Seri No, 900200, Boston, MA, USA
Cam elektrot	Sentek, Seri No, 391999/0001, Estate, Braintree, Essex
Otomatik pipet 100 µL-1000 µL	Eppendorf Research, Seri No, 4789525, Germany
Otomatik pipet 0,5 ml-5 Ml	Eppendorf Research, Seri No, 1143367, Germany
Potansiyometre	ORION model, 720A, Seri No, 006254, Boston, MA, USA
Magnetik karıştırıcı	Chiltron hotplate, magnetic stirrer HS31 Scientific Wendurer, England
Analitik dijital hassas terazi	Pioneer, Ohaus Europe GmbH, Model, PA213C, 0,1 mg hassasiyetle ölçüm yapabilen, Switzerland
Rotomix	3M ESPE, 2850 rpm hızına sahip, St Paul, MN, USA
Elipar S10 ışık cihazı	3M ESPE, 1200 mW/cm <sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip, St Paul, MN, USA
KarboLED ışık cihazı	GCP Dental, Vianen, Netherlands
Deiyonize su cihazı	Mes mpMinipure Basic, 0,055 µS/cm iletkenliğe sahip deiyonize su elde edilmesini sağlamakta
Etüv	Philip Harris, China
Kapsül Tabancaları	GC Dental, Vianen, Netherlands ve 3M ESPE GmbH, Seefeld, Germany
Aplicap Aplikatörü	3M ESPE GmbH, Seefeld, Germany

**Çizelge 2.3:** Deneyde Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Dental Malzemeler

<b>KİMYASAL MADDE, DENTAL MALZEME</b>	<b>MARKA</b>
TISAB	Ank.Ü.Fen Fak. Kimya Bölümü, Analitik Kimya Anabilim Dalı Laboratuvarı
Deiyonize Su	Ank.Ü.Fen Fak. Kimya Bölümü, Analitik Kimya Anabilim Dalı Laboratuvarı
Standard Florid Çözeltisi, 0,1 M	Sigma-Aldrich, Billerica, Massachusetts, USA, Fluka Analytical, MW: 41,99 g/mol, CAS: 7681-49-4, Pcode: 101141622, 47072-100 ML
NaCl	Sigma-Aldrich, Billerica, Massachusetts, USA, % 0,0002 Al içeren, pH, Eur BP USP' nin analitik şartlarına uygun olan ve kurutulmuş halde % 99,0-100,5 saflık aralığında
NaOH	Sigma-Aldrich, Billerica, Massachusetts, USA, pH, Eur., BP, USP, FCC analitik şartnamelere uygun ve % 99,8-100,5 saflık aralığında
Asetik Asit	Sigma-Aldrich, Billerica, Massachusetts, USA, pH, Eur, BP, USP, FCC analitik şartlarına uygun olan % 99,8-100,5 saflık aralığında
% 1,23 APF Jel	Ionite APF florür jel, 500 ml'de 12,300 ppm florid ihtiva etmekte, Miami Florida, USA
12 Bıçaklı Tungsten Karbid Frez	ELA, Germany
Alüminyum Oksit Sof-lex Diskler	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
Şeffaf Bant	SNA, Universal Strips, Germany

### **3.1. Üretici Firmaların Tavsiyeleri Doğrultusunda Restoratif Materyallerin Hazırlanması**

**İonofil U:** İonofil U, toz ve likitten meydana gelen restoratif bir materyaldir. Toz likit oranı restoratif materyalin flor salımını ve fiziksel özelliklerini etkileyeceğinden, materyal hazırlanırken üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde 4,75 g toz 1 g likit kullanılmıştır. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, toz şişesi kullanılmadan önce iyice çalkalanmış ve likit damlatılırken şişenin cama tamamen dik olmasına özen gösterilmiştir. İonofil U toz ve likidi siman camı üzerine yerleştirilerek, dijital hassas terazi yardımıyla tartılmıştır. Oda sıcaklığında, sert bir plastik spatül yardımıyla, başlangıçta az miktarlarda, sonra artan miktarlarda tozdan likide doğru dairesel hareketlerle 45 s boyunca toz likide karıştırılarak materyal hazırlanmıştır. Restoratif materyaller paslanmaz çelik kalıplarda hazırlanan deliklerin içerisine bir miktar taşkın olacak şekilde uygulanmış, ardından materyallerin her iki yüzeyinde de üzerlerine şeffaf bant ve 1 mm kalınlığında siman camı yerleştirilmiştir. Materyallerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının engellenmesi, fazla materyalin uzaklaştırılması ve daha düzgün bir yüzey oluşturulması amacıyla parmak basıncı uygulanmıştır. İonofil U'nun polimerizasyonunun tamamlanması için, standart süre olarak onaylanan 15 dakika boyunca materyaller oda sıcaklığında bekletilmiştir (Attar ve Turgut 2003, Weidlich ve ark. 2000).



**Şekil 2.1a:** Çalışmamızda kullandığımız GCİS-İonofil U

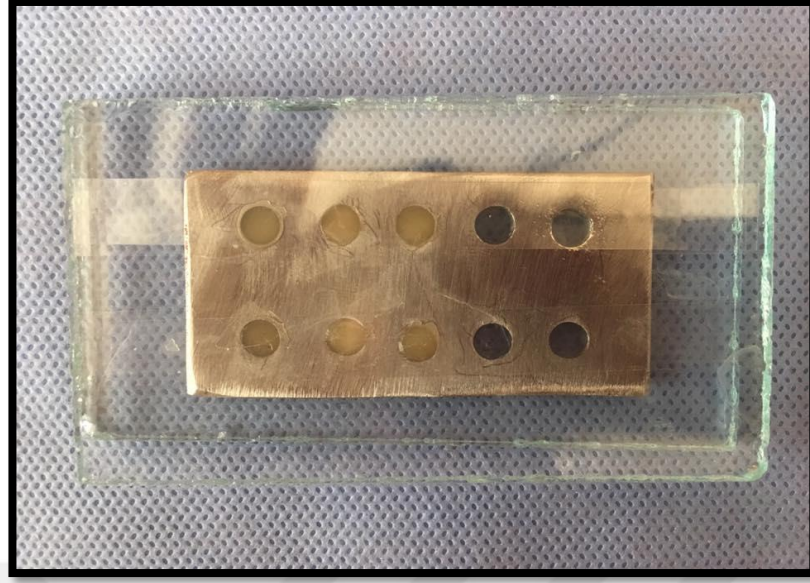


**Şekil 2.1b:** Çalışmamızda kullandığımız dijital hassas terazi



**Şekil 2.2:** Dolgu materyallerine ait örneklerin hazırlandığı paslanmaz çelik kalıp





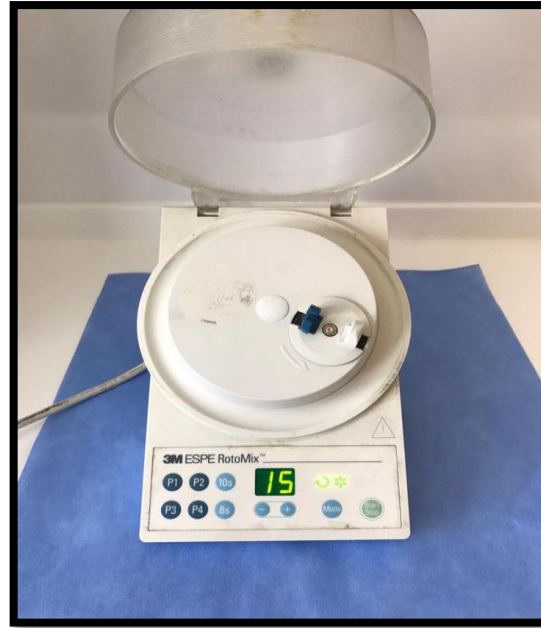
**Şekil 2.3:** Paslanmaz çelik kalıp içerisinde 5 mm çapında 2 mm kalınlığında hazırlanan yuvalara dolgu materyallerinin yerleştirilmesi

**Equia Forte:** 0,40 g/0,13 g toz likit oranına sahip olan kapsül formunda cam hibrit restoratif materyaldir. 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. Kapsülü kullanıma hazır hale getirmek için, kapsülün alt kısmı gövdesine kadar itilmiş ve kapsül tabancasına yerleştirilmiştir. Kola bir defa basılmak suretiyle, kapsül kullanıma hazır hale getirilmiştir. Daha sonra kapsül, 2850 rpm hızına sahip olan rotomix cihazı yardımıyla 10 s karıştırılmıştır. Kapsül karıştırıcıdan çıkarılarak, kapsül tabancasına takılmıştır. Kola iki defa basılarak, kapsül kullanıma hazır hale getirilmiştir ve disk kalıplarına enjekte edilmiştir. Restoratif materyaller paslanmaz çelik kalıplarda hazırlanan deliklerin içerisine bir miktar taşkın olacak şekilde uygulanmış, ardından materyallerin her iki yüzeyinde de üzerlerine şeffaf bant ve 1 mm kalınlığında siman camı yerleştirilmiştir. Materyallerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının engellenmesi, fazla materyalin uzaklaştırılması ve daha düzgün bir yüzey oluşturulması amacıyla parmak basıncı uygulanmıştır. Equia Forte'un polimerizasyonunun tamamlanması için, üretici firmanın önerileri doğrultusunda 2 dakika 30 saniye boyunca materyaller oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından örneklere üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde 1200 mW/cm<sup>2</sup> ışık

yoğunluğuna sahip olan Elipar S10 (3M ESPE, St Paul, MN, USA) led cihazı 20 saniye boyunca, cam ile 90° açı yapacak şekilde uygulanmıştır.



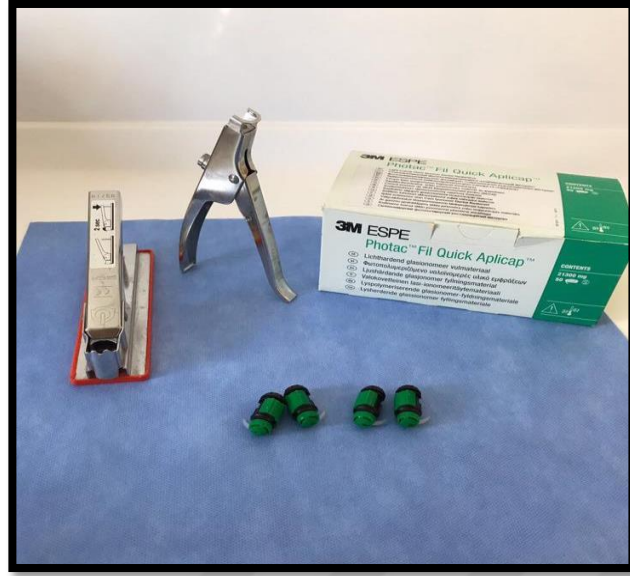
**şekil 2.4:** alışmamızda kullandığımız cam hibrit restoratif materyal-Equia Forte, kapsül tabancası ve Elipar S10 LED cihazı



**şekil 2.5:** alışmamızda kullanılan 2850 rpm hızına sahip Rotomix

**Photac Fil Quick Aplicap:** Photac fil quick aplicap kapsül formunda bir restoratif materyal olup, her kapsülde en az 0,13 ml uygulanabilir miktarda materyal ihtiva eden rezin modifiye cam iyonmer simandır. Aplicap aktivatörü sağlam bir zeminin üzerine yerleştirildikten sonra, aplicap kapsülü aktivatörde uygun şekilde konumlandırılmıştır. Aktivatör koluna avucun iç kısmıyla sert bir şekilde aşağıya doğru kuvvet uygulanarak, kolun son pozisyona gelmesi sağlanmış olup, bu şekilde 2-4 sn beklenmiştir. Tozun tamamen likite eklenebilmesi, sadece kolun sıkıca ve tamamen aşağı yönde bastırılarak son pozisyonuna getirilmesi ve bu pozisyonda tutulmasıyla mümkündür. Yeterince basınç uygulanamaması veya kolun tümüyle aşağı yönde hareket ettirilememesi durumunda, yeterli miktarda sıvı toza eklenemeyebilmektedir. Bu durum, viskozitenin artmasına ve ürünün özelliklerinin istenmeyen şekilde değişmesine neden olabilmektedir.

Kapsül, 2850 rpm hızına sahip olan rotomix cihazı ile 10 sn boyunca karıştırılmıştır. Ardından, zaman kaybetmeden kapsül, kapsül tabancasına takılarak paslanmaz çelik disk kalıplarına enjekte edilmiştir. Restoratif materyaller paslanmaz çelik kalıpların içerisine bir miktar taşkın olacak şekilde uygulanmış olup, ardından materyallerin her iki yüzeyinde de üzerlerine şeffaf bant ve 1 mm kalınlığında siman camı yerleştirilmiştir. Materyallerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının engellenmesi, fazla materyalin uzaklaştırılması ve daha düzgün bir yüzey oluşturulması amacıyla parmak basıncı uygulanmıştır. Materyalin polimerizasyonu, 1200 mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olan Elipar S10 led cihazı yardımıyla 20 sn ışık uygulanarak sağlanmıştır.



**Şekil 2.6:** Çalışmamızda kullanılan RMCİS-Photac Fil Quick Aplicap, aplicap aktivatörü ve kapsül tabancası

**Glass Fill:** Cam karbomerler, restoratif materyallerin çözünürlüğü azaltılarak, bükülme kuvvetlerine karşı mukavemetini, basıncını ve aşınma direncini artırmak amacıyla özel olarak üretilmiş olan, fluoroapatit/hidroksiapatit partikülleri ve restoratif cam iyonomer siman içeren karbomize edilmiş bir nano parçacık ürünüdür. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, restoratif materyal aktive edilmeden önce, kapsülün yan tarafı sert bir yüzeye hafif bir şekilde vurulmuştur. Aktivasyon için, piston düz bir yüzey üzerinde kapsülün ucuna doğru itilmiştir. Kapsül, evrensel kapsül tabancasına (GC) yerleştirilmiş ve ayarlamak için kapsül tabancasına bir defa basılmıştır. Kapsül, kapsül tabancasından çıkarılarak 2850 rpm hızına sahip olan rotomix cihazı ile 15 sn karıştırılmıştır. Daha sonra, başlıktan pimi çıkarılmıştır. Kapsül, kapsül tabancasına yerleştirilerek kapsül tabancasının koluna iki defa basılmıştır. Cam karbomer, paslanmaz çelik disk kalıplarına bir miktar taşkın olacak şekilde enjekte edilmiştir. Ardından materyallerin her iki yüzeyinde de üzerlerine şeffaf bant ve 1 mm kalınlığında siman camı yerleştirilerek, materyallerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının engellenmesi, fazla materyalin uzaklaştırılması ve daha düzgün bir yüzey oluşturulması amacıyla parmak basıncı uygulanmıştır. Materyalin polimerizasyonu, hem asit baz reaksiyonu ile hem de ısı ile gerçekleşmektedir. Isı ile polimerizasyon sağlamak için, üretici firmanın talimatları doğrultusunda, 1400

mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olan karboLED ışık cihazı siman camı ile 90° açı yapacak şekilde ve cama temas ettirilmek suretiyle, materyallere 90'ar sn ışık uygulanmıştır.



**Şekil 2.7:** Çalışmamızda kullanılan cam karbomer - Glass Fill, KarboLED ışık cihazı ve kapsül tabancası

**Beautiful II:** Giomer, ışıkla sertleşen, anti-plak etkisi ile üstün estetik özellikler sağlamak için S-PRG teknolojisi kullanılarak geliştirilen ve florid salabilme özelliğine sahip olan estetik restoratif materyaldir. S-PRG doldurucularına ek olarak, 10 ~ 20 nm boyutlarında nano doldurucular materyalin yapısına ilave edilmiştir. Giomer, zamanla farklılaşmayan ideal bir yüzey parlaklığına sahiptir. %83,3 oranında doldurucu madde ihtiva etmektedir. Bu sayede, giomer restoratif materyaline hızlı ve kolay polisaj yapılabilir. Restoratif materyaller paslanmaz çelik kalıplarda hazırlanan deliklerin içerisine bir miktar taşkın olacak şekilde uygulanmış, ardından materyallerin her iki yüzeyinde de üzerlerine şeffaf bant ve 1 mm kalınlığında siman camı yerleştirilmiştir. Materyallerin içerisinde hava kabarcığı kalmasının engellenmesi, fazla materyalin uzaklaştırılması ve daha düzgün bir yüzey oluşturulması amacıyla parmak basıncı uygulanmıştır. Materyalin polimerizasyonu, 1200 mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olan Elipar S10 led cihazı yardımıyla 10 s ışık uygulanarak sağlanmıştır.

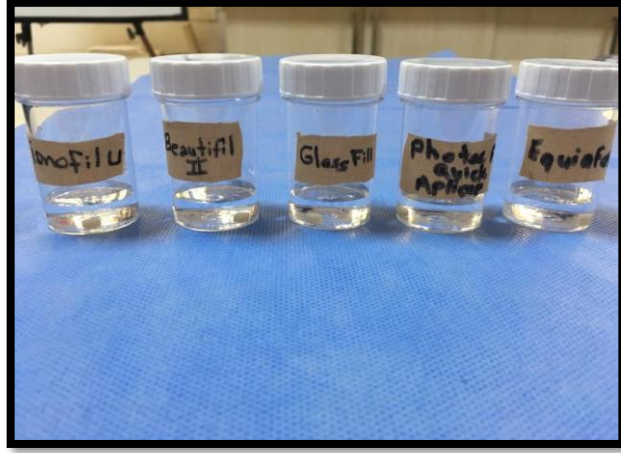




**Şekil 2.8:** Çalışmamızda kullanılan Giomer-Beautifil II

Çalışmamızdaki restoratif materyallerin polimerize edilmesinde kullanılan LED ışık cihazının ışık yoğunluğu her kullanımdan önce bir radiometre ile ölçülerek cihazın yeterli ışık gücüne sahip olup olmadığı kontrol edilmiştir. Örnekler, LED ışık cihazı kullanılarak her materyal için üretici firmanın talimatları doğrultusunda, ışık cihazının ucu restoratif materyallerin yüzeyi ile 90° açı yapacak şekilde ve materyallere eşit uzaklıkta olmasını sağlamak amacıyla, cam ile temas ettirilerek polimerizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Her materyalden birer adet olmak üzere, toplam 5 adet bitirme ve polisaj yapılmamış örnek hazırlanmıştır.

Örnekler hazırlandıktan sonra, 24 saat boyunca 37°C’da % 95 bağıl nemde bekletilmiştir. Daha sonra, örneklere 12 bıçaklı tungsten karbid frezler kullanılarak bitirme işlemi ve alüminyum oksit kaplı aşındırıcı sof-lex diskler kullanılarak polisaj yapılmıştır. Bitirme polisaj işlemlerini takiben örnekler, dijital hassas terazide tartılmış, 5 ml deiyonize su ile dolu olan polietilen tüplere aktarılarak 37°C’a ayarlanmış etüve yerleştirilmiştir.



**Şekil 2.9:** Deiyonize su içine atılmış Ionofil U, Beautiful II, Glass Fill, Photac Fil Quick Aplicap, Equia Forte örnekleri



**Şekil 2.10:** Örneklerin bekletildiği etüv

### 3.2. Örnekler Bitirme Polisaj İşlemlerinin Yapılması

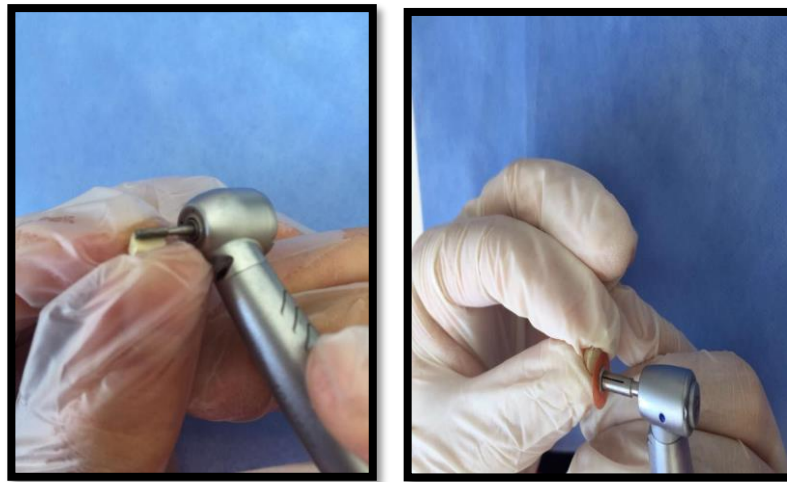
Örnekler hazırlandıktan sonra, 24 saat boyunca 37°C’ da % 95 bağıl nemde bekletilmiştir. Ağız içi ortamı daha iyi taklit edebilmek için tüm gruplara, su soğutmalı yüksek devirli döner alet ile 12 bıçaklı tungsten karbid frez kullanılarak bitirme işlemi yapılmıştır. Tungsten karbid frezlerin her biri 4 örnekte bir değiştirilmiştir. Alüminyum oksit kaplı sof-lex diskler koyu renkten açık renge doğru olacak şekilde kullanılarak, örnekler polisaj işlemi uygulanmıştır.

Standardizasyonun sağlanması için örneklerin hazırlanması, bitirme ve parlatma işlemleri tek bir araştırmacı tarafından uygulanmıştır. Parlatma işlemi için kullanılan diskler, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, tüm örneklerde aynı basınçla uygulanmıştır. Ayrıca, her bitirme ve parlatma tekniğinin uygulama basamakları arasında, örnekler deiyonize su ile yıkanıp kurutulmuştur.

Bitirme polisaj işlemlerini takiben örnekler, dijital hassas terazide tartılmış, 5 ml deiyonize su ile dolu olan polietilen tüplere aktarılarak sıcaklığı 37°C'a ayarlanmış etüve yerleştirilmiştir.



**Şekil 2.11:** Çalışmada kullanılan 12 bıçaklı tungsten karbid frez ve Sof-Lex Diskler



**Şekil 2.12:** Örneklerin bitirme ve polisaj yapılması



### 3.3. Polietilen Örnek Kaplarının Hazırlanması

Cam tüplerin içeriğindeki kalsiyum iyonunun florid iyonuna afinitesi olduğu için, tez çalışmamızda 25 ml hacminde 15 mm çapında polietilen örnek kapları kullanılmıştır. Tüpler öncelikle deiyonize su ile yıkanmış olup, etüve ağzları aşağı gelecek pozisyonda yerleştirilerek kurutma kağıdı üzerinde 60°C'da kurutulmuşlardır. Her bir tüpün üzerine etiket yapıştırılarak, restoratif materyalin adı yazılmış ve 1'den 16'ya kadar numaralandırma yapılmıştır. Ayrıca, her bir restoratif materyalden bitirme polisaj yapılmamış olan örnekler de etiketlerin üzerinde kodlanmıştır.

### 3.4. TISAB Çözeltisinin Hazırlanması

Farklı çözeltilerde aynı iyonlar bulunsa bile, iyonik şiddetlerinin farklı olması durumunda okunan hücre potansiyellerine farklı etkiler yapmaktadır. Bu yüzden, çalışma şartlarında tüm çözeltilerin iyonik şiddetlerinin aynı olması gerekmektedir. Ayrıca, ortamın hücre potansiyellerini değiştiren başka bir etmen de pH'dır. Ortam gereğinden fazla asidik olduğunda,  $H^+ + F^- \rightleftharpoons HF$  reaksiyonu gereği  $F^-$  iyonları HF molekülü haline dönüşür. Bu moleküller, iyon seçici elektrot tarafından algılanmaz. Ortam bazik olursa, iyon seçici elektrot  $OH^-$  iyonlarına duyarlı olduğu için, sanki ortamda daha fazla  $F^-$  iyonu varmış gibi florid değerini etkiler. Bu nedenle, pH ve iyonik şiddet sabitlenmelidir. Yukarıda bahsedilen şartları oluşturmak amacıyla, TISAB çözeltisi hazırlanmıştır.

1 l TISAB çözeltisi hazırlamak için 1 l'lik beher içerisine; yaklaşık 800 ml saf su, 50 ml derişik asetik asit ve 5,85 g NaCl konulmuş olup, tuzun çözünmesi için magnetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Daha sonra, çözelti içerisine pH metreye bağlı olan bir cam elektrot daldırılarak, pH değeri 5,6 olana kadar karışıma NaOH eklenmiştir. pH değeri 5,6 olunca, karışıma toplam hacim 1 l'ye ulaşana kadar saf su ilave edilmiştir. Tüm deney periyodu boyunca kullanılmak üzere, aynı şekilde TISAB çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra, çözeltinin sıcaklığı oda sıcaklığına ulaşana dek beklenmiştir. Florid iyonu konsantrasyonunu belirlemek için yaptığımız ölçümlerde, hazırlanan bu çözelti TISAB çözeltisi olarak kullanılmıştır (Bağlar 2012, Altenburger ve ark. 2009, Karabulut 2005).

### 3.5. 50 ppm'lik Standard Stok Florid Çözeltisinin Hazırlanması

0,1 M standard florid çözeltisinden balon joje içerisine 1,316 ml konulmuş, 100 ml deiyonize su eklenerek seyreltilmiştir. Bu şekilde, deney boyunca kalibrasyon çözeltileri hazırlanırken kullanılmak üzere, 300 ml 50 ppm'lik standard stok florid çözeltisi hazırlanmıştır.

### 3.6. Kalibrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması

Florid iyonu ölçümleri, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Analitik Kimya Anabilim Dalı'nda Ag/AgCl referans elektrot ve florid iyonlarına duyarlı florür iyon seçici elektrot kullanılarak yapılmıştır. Her ölçümden önce, kalibrasyon çözeltileri yeniden hazırlanarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuş olup, Şekil 2.13'te gösterilmiştir. Bütün ölçümler sırasında, ortamın sabit ve sürekli şekilde karıştırılmasını sağlamak amacıyla, manyetik bir karıştırıcı ve uygun bir magnet kullanılmıştır. 0,667 ppm 15 ml çözeltinin hazırlanmasında; 50 ppm'lik standard stok florid çözeltisinden 0,2 ml + 5 ml TISAB + 9,8 ml deiyonize su ilave edilmiştir. Diğer standart çözeltiler de benzer şekilde hazırlanmış olup, hazırlanış şekilleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

**Çizelge 2.4:** Deney Sırasında Kalibrasyon Çözeltilerinin Hazırlanması

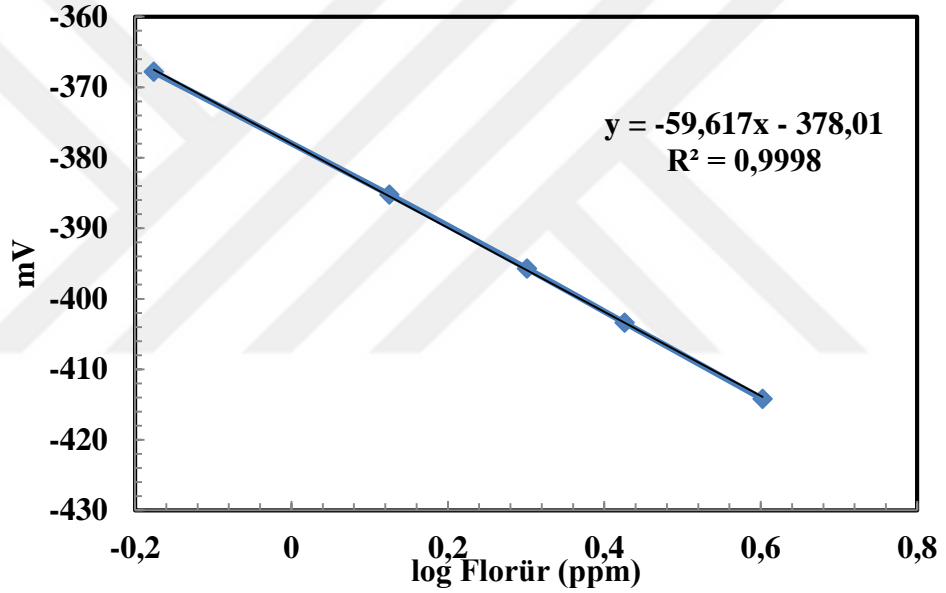
<b>F<sup>-</sup> Konsantrasyonu (ppm)</b>	<b>50 ppm'lik Standart Florür Çözeltisi</b>	<b>TISAB</b>	<b>Deiyonize Su</b>
0,667 ppm	0,200 ml	5 ml	9,800 ml
1,334 ppm	0,400 ml	5 ml	9,600 ml
2,001 ppm	0,600 ml	5 ml	9,400 ml
2,668 ppm	0,800 ml	5 ml	9,200 ml
4,002 ppm	1,200 ml	5 ml	8,800 ml

Kalibrasyon çözeltilerinde, hücre potansiyelleri en düşük konsantrasyondan büyüğe doğru okuma yapılmıştır. Ortalama okuma süreleri 10s-20s arasında değişmiştir. Okunan her bir potansiyel konsantrasyon karşılığı kaydedilmiştir. Elde edilen verilerden, florid konsantrasyonunun logaritmasına karşı, ölçülen mV değerleri

grafiğe geçirilerek kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Kalibrasyon grafiğinden doğru denklemi ve  $R^2$  değerleri elde edilmiştir.

Kalibrasyon doğru denklemi elde edildikten sonra, 5 ml deney solüsyonuna 5 ml deiyonize su + 5 ml TISAB çözeltisi eklenerek 15 ml çözelti hazırlanmıştır. Elde edilen çözeltinin florid konsantrasyonu, Ag/AgCl referans elektrot ve florid iyonlarına duyarlı florid iyon seçici elektrot kullanılarak ölçülmüştür. Her örnek için elde edilen mV değerleri, kalibrasyon doğru denklemine yerleştirilerek;

Okunan potansiyel (mV) =  $mx + n \log c$  (ppm florid iyonu) denklemi ile florid iyonu konsantrasyonları hesaplanmıştır.



Şekil 2.13: Örneklere ait kalibrasyon grafiği



**Şekil 2.14:** a) Potansiyometre b) Ag/AgCl referans elektrot c) Florür iyonlarına duyarlı florür iyon seçici elektrot d) Magnetik karıştırıcı e) Kalibrasyon çözeltileri

### 3.7. Materyallerin Florid İyonu Salımı Özelliklerinin Araştırılması

Örnekler hazırlandıktan sonra, her birisi ayrı ayrı otomatik pipetler yardımıyla 5 ml taze deiyonize su ile doldurulmuş olan polietilen örnek kaplarına aktarılmıştır.

Restoratif materyal örneklerinin 37°C'da saldıkları florid iyonu düzeyi, örneklerin konmasından sonra 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21, 28. günlerde ölçülmüştür. Her test periyodu sonunda, örnekler polietilen örnek kaplarından çıkarılarak, tekrardan polietilen örnek kaplarına yerleştirilmiştir. Bu işlem sırasında, oluşabilecek herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi için, deiyonize su ile yıkanmış ve ucu tırnak cilası ile izole edilmiş presel kullanılmıştır. Her ölçüm sonrasında her bir örnek, 5 ml deiyonize su ile 20 s yıkanmış ve iki dakika boyunca kurutma kağıdında kurutulmuştur (Dionysopoulos ve ark. 2003). Daha sonra, her birisi ayrı ayrı otomatik pipetler yardımıyla 5 ml taze deiyonize su ile doldurulmuş olan polietilen

örnek kaplarına aktarılmıştır. Her deney periyodunda, florid iyonu ölçümleri 24 saatlik süre baz alınarak tayin edilmiştir.

### **3.8. Materyallerin Topikal Floridle Yeniden Yüklenebilmesi Özelliklerinin Araştırılması**

Materyallere 4 dakika süreyle % 1,23'lük APF jel uygulanarak, materyallerin yapısına tekrardan florid girişi olup olmadığı araştırılmıştır.

28. gün florid salımı ölçümleri yapıldıktan sonra, her bir örneğin her iki tarafı üç defa 5 ml deiyonize su ile yıkanmış ve 2 dakika boyunca kurutma kağıdında kurutulmuştur (Dionysopoulos ve ark. 2013).

2 ml APF jel 4 dakika boyunca, örneklerin yüzeyleri tamamen kaplanacak şekilde uygulanmış (Gao ve Smales, 2001, Peng ve ark. 2000, Choudhary ve ark. 2015) ve örneklerin her iki tarafı 20 sn süreyle 5 ml deiyonize su ile yıkanmıştır. Daha sonra, örnekler 2 dakika boyunca kurutma kağıdında kurutulmuşlardır (Attar ve Turgut 2003, Gao ve Smales 2001, Peng ve ark. 2000). Daha sonra, örnekler 5 ml deiyonize su içeren polietilen örnek kaplarına aktararak, 37°C sıcaklıktaki etüve yerleştirilmiştir.

Şarj işleminden sonraki 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21,28. günlerde florid iyonu ölçümleri yapılmıştır. Her test periyodu sonunda, örnekler polietilen tüplerden çıkarılırken ve tekrardan tüplere aktarılırken herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi için, deiyonize su ile yıkanmış ve ucu tırnak cilası ile izole edilmiş presel kullanılmıştır. Her ölçüm sonrasında her bir örnek, 5 ml deiyonize su ile 20 sn yıkanmış ve iki dakika boyunca kurutma kağıdında kurutulmuştur (Dionysopoulos ve ark. 2003). Daha sonra, her birisi ayrı ayrı otomatik pipetler yardımıyla 5 ml taze deiyonize su ile doldurulmuş olan polietilen tüplere aktarılmıştır. Her deney periyodunda, florid iyonu ölçümleri 24 saatlik süre baz alınarak tayin edilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Restoratif Materyallerin Florid Salımları ile İlgili Elde Edilen Verilerin İstatiksel Analizi ve Bulgular

Teorik power kullanarak örnek hacminin belirlenmesi sırasında;

- Etki büyüklüğü (effect size) = 0.5
- Alpha = 0.05
- Ulaşılmak istenen teorik power = 0.80

alınarak hesaplamalar yapılmış ve toplam örnek hacmi 55 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla her gruptaki örnek hacmi en az 11 olmalıdır.

Gruplar arası karşılaştırmalar yapılırken ANOVA ve Student-t testleri kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalar yapılırken ANOVA testi kullanılmıştır.

Restoratif materyallerin her birinden 16 adet hazırlanarak, ilk hafta her gün ve daha sonra 14., 21., 28. günlerde florid salımları ölçülmüş olup, elde edilen sonuçların ortalama değerleri ve standart sapmaları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Materyallerin belirtilen sürelerdeki florid salımları konsantrasyonları mg/l yani ppm cinsinden hesaplanmış olup, ortalama değerler şeklinde kaydedilmiştir.

Her bir restoratif materyalin farklı günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları ve her bir gruptaki 16 adet restoratif materyalin aynı günlerde yapılan ölçümleri sonucunda elde edilen ortalama florid salım değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek için, ANOVA testi uygulanmış olup, en küçük anlamlı fark hesaplanarak bulunmuştur.

Tez çalışmamızda yapılan ANOVA testi sonucunda; sadece 3. günde İonofil U ile Glass Fill materyallerinin florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, 3. gün dışındaki tüm günlerde materyallerin florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ ). Farklı materyallerin aynı günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı olan farklılıklar Çizelge 3.3’te büyük harfler kullanılarak gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1: Materyallerin Florid Salım Değerleri (ppm F<sup>-</sup> /g materyal)**

Materyal	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
<b>İonofil U</b>	29,736±3,367	18,147±0,810	11,778±0,556	10,495±1,183	8,574±0,914	7,708±0,871	6,699±0,466	5,493±0,449	4,594±0,444	3,893±0,430
<b>Glass Fill GCP</b>	16,013±1,522	10,558±0,865	11,369±1,115	11,281±1,009	10,158±1,277	9,312±1,065	9,412±1,492	8,392±0,609	6,438±0,643	5,513±0,657
<b>Equia Forte</b>	26,017±3,652	17,400±1,302	18,277±0,831	18,655±1,070	17,326±0,798	16,514±0,881	14,651±0,893	12,507±0,792	8,726±0,594	7,311±0,719
<b>Photac Fil Quick Aplicap</b>	10,948±1,144	8,150±0,641	4,203±0,128	3,968±0,211	3,748±0,235	3,421±0,231	3,683±0,374	3,036±0,583	2,824±0,278	2,894±0,252
<b>Beautifil II</b>	1,671±0,122	0,946±0,046	0,596±0,026	0,487±0,024	0,360±0,010	0,270±0,012	0,234±0,009	0,104±0,008	0,448±0,032	0,403±0,021

Her bir materyalin farklı günlerdeki florid salımları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek için yapılan ANOVA testi sonucunda; İonofil U materyalinin 5. ve 6. günlerde, 14. ve 21. günlerde, 21. ve 28. günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ )

Glass Fill materyalinin 2. ve 4. günlerde, 3. ve 4. günlerde, 2. ve 5. günlerde, 6. ve 7. günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 3.3).

Equia Forte materyalinin 2. ve 3. günlerde, 3. ve 4. günlerde, 5. ve 6. günlerde, 2. ve 5. günlerde, 2. ve 6. günlerde, 3. ve 5. günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 3.3).

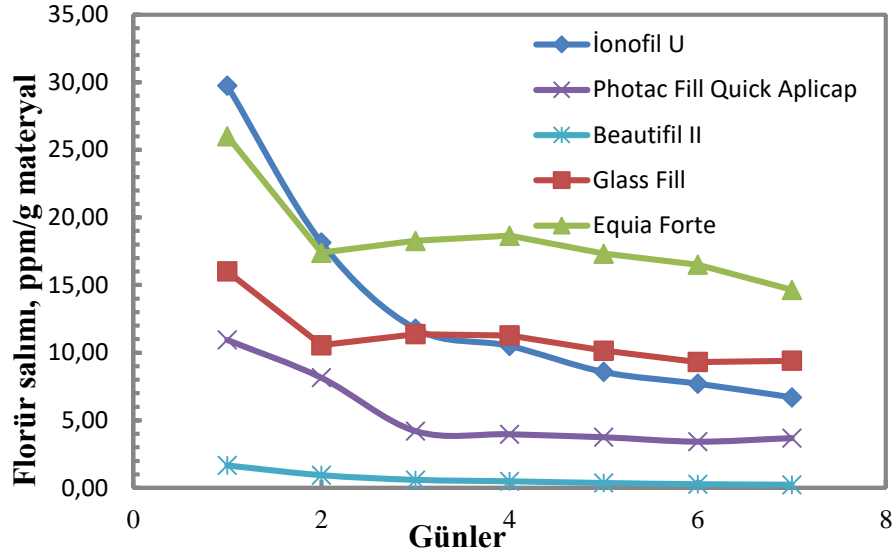
Photac Fil Quick Aplicap materyalinin 3. ve 4. günlerde, 4. ve 5. günlerde, 4. ve 7. günlerde, 5. ve 6. günlerde, 5. ve 7. günlerde, 6. ve 7. günlerde, 14. ve 21. günlerde, 21. ve 28. günlerde, 14. ve 28. günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ ) (Çizelge 3.3).

Beautifil II materyalinin 1. ve 2. günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı; ancak 1. gün ile ölçüm yapılan diğer bütün günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ )

Aynı restoratif materyallerin farklı günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı olan farklılıklar Çizelge 3.3'te küçük harfler kullanılarak belirtilmiştir.

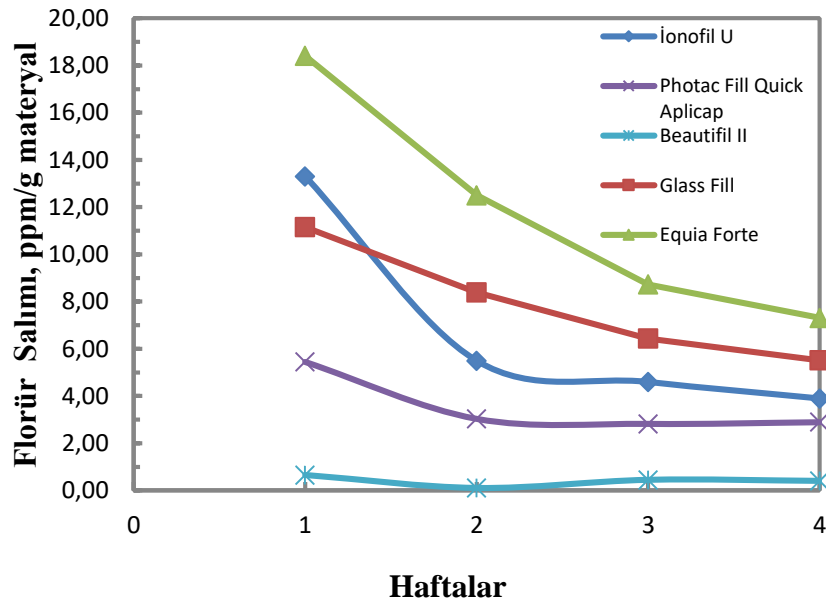


Çalışmamızda kullanılan restoratif materyallerin ilk hafta boyunca her gün ölçülen florid salım konsantrasyonları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Restoratif Materyallerin İlk Hafta Florid Salımının Grafiği

Çalışmamızda kullanılan restoratif materyallerin 1, 2, 3, 4. haftalarda ölçülen florid salım değerleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Restoratif Materyallerin 4 Hafta Boyunca Florid Salımının Grafiği

#### **4.2. Restoratif Materyallere % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonraki (Yeniden Yükleme) Florid Salımı İle İlgili Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi ve Bulgular**

Restoratif materyallere 4 dakika boyunca % 1,23 lük APF jel uygulandıktan sonra, ilk hafta her gün ve daha sonra 14., 21., 28. günlerde florid salım ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Materyallerin belirtilen sürelerdeki % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonraki florid salım konsantrasyonları mg/l yani ppm cinsinden hesaplanmış olup, ortalama değerler şeklinde kaydedilmiştir.

Restoratif materyallere 4 dakika boyunca % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra, materyallerin farklı günlerde ölçülen florid salım miktarları ve her bir gruptaki 16 adet restoratif materyalin aynı günlerde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama florid salım değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek ve fark var ise hangi restoratif materyallerin farklı olduklarını anlamak için, ANOVA testi uygulanmış olup, en küçük anlamlı fark hesaplanarak bulunmuştur.

Restoratif materyallere % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra her gruptaki restoratif materyallerin aynı günlerdeki florid salımları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek için yapılan ANOVA testi sonucunda; 3. ve 4. günlerde İonofil U ile Glass Fill materyallerinin florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, 3. ve 4. günler dışındaki tüm günlerde materyallerin florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 3.2:** % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra Materyallerin Yeniden Yüklenme Kapasitesi (ppm F<sup>-</sup> /g materyal)

Materyal	1. Gün	2. Gün	3. Gün	4. Gün	5. Gün	6. Gün	7. Gün	14. Gün	21. Gün	28. Gün
<b>İonofil U</b>	51,454±2,933	23,564±1,159	11,735±0,990	10,509±0,510	8,669±0,361	7,762±0,408	6,410±0,271	5,415±0,199	4,628±0,198	3,795±0,248
<b>Glass Fill GCP</b>	30,635±1,620	16,314±0,626	11,656±0,498	11,171±0,464	10,664±0,509	9,779±0,293	9,904±0,233	8,589±0,206	7,248±0,276	5,642±0,244
<b>Equia Forte</b>	38,390±3,744	19,971±1,507	18,184±1,396	19,581±1,439	17,612±0,784	16,871±0,916	14,852±0,688	12,739±0,603	9,266±0,446	7,796±0,417
<b>Photac Fil Quick Aplicap</b>	27,132±1,615	12,741±0,693	5,058±0,453	4,312±0,165	3,796±0,103	3,511±0,153	3,948±0,880	3,259±0,125	3,047±0,156	3,117±0,303
<b>Beautifil II</b>	2,854±0,165	1,455±0,078	0,910±0,079	0,654±0,045	0,567±0,023	0,476±0,021	0,358±0,012	0,097±0,005	0,451±0,025	0,416±0,023

Restoratif materyallere % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra, her bir materyalin farklı günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek için yapılan ANOVA testi sonucunda; İonofil U materyalinin ölçüm yapılan bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ )

Glass Fill materyalinin sadece 6. ve 7. günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ )

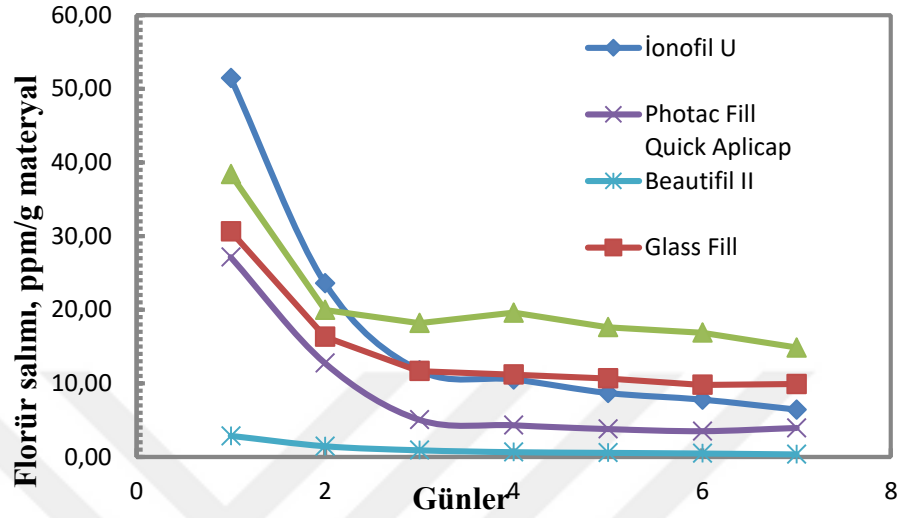
Equia Forte materyalinin 2. ve 4. günlerde, 3. ve 5. günlerde, 5. ve 6. Günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ )

Photac Fil Quick Aplicap materyalinin 5. ve 6. günlerde, 6. ve 7. günlerde, 4. ve 7. günlerde, 5. ve 7. günlerde, 6. ve 14. günlerde, 6. ve 28. günlerde, 14. ve 21. günlerde, 21. ve 28. günlerde, 14. ve 28. günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiş olup, belirtilen günler dışındaki günlerde ölçülen florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır ( $p < 0,05$ ).

Beautifil II materyalinin 1. gündeki florid salım konsantrasyonu ile diğer bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. 1. gün dışında ölçüm yapılan diğer bütün günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

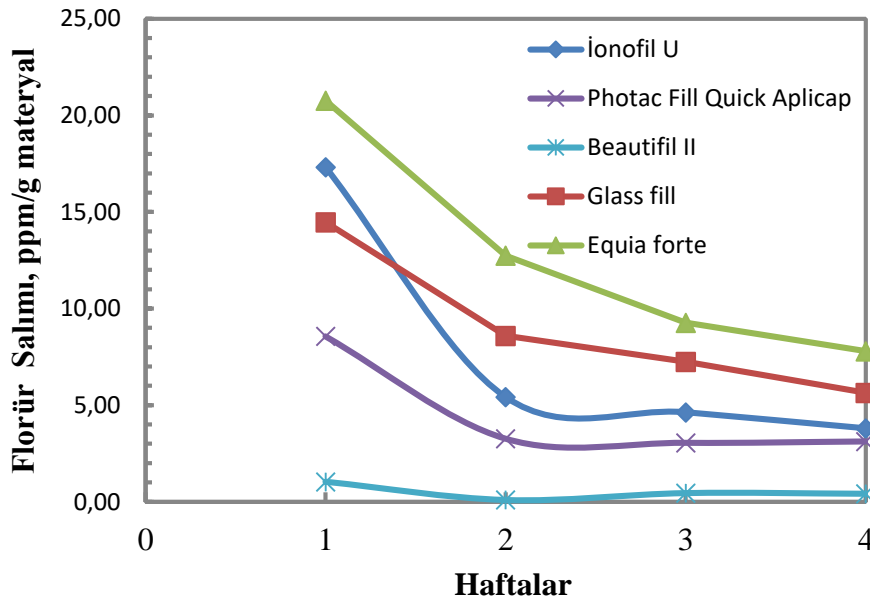
Aynı restoratif materyallerin farklı günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı olmayan farklılıklar Çizelge 3.3'te küçük harfler kullanılarak belirtilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan restoratif materyallerin % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra ilk hafta boyunca her gün ölçülen florid salım konsantrasyonları Şekil 3.3'te verilmiştir.



**Şekil 3.3:** Restoratif Materyallerin % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra İlk Hafta Florid Salımının Grafiği

Çalışmamızda kullanılan restoratif materyallerin % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra 1, 2, 3, 4. haftalardaki florid salım değerleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.4:** Restoratif Materyallerin % 1,23'lük APF Jel Uygulandıktan Sonra 4 Hafta Boyunca Florid Salımının Grafiği

**Çizelge 3.3:** Restoratif Materyallerin ilk 28 gün ve Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonraki 28 gün boyunca Florid Salım Konsantrasyonlarının Karşılaştırması (ppm F<sup>-</sup> / g materyal)

Günler	Ionofil U		Glass Fill		Equia Forte		Photac Fil Quick Aplicap		Beautifil II	
	İlk 28 günlük Periyotta Ortalama Florid Salımı	Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonra Ortalama Florid Salımı	İlk 28 günlük Periyotta Ortalama Florid Salımı	Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonra Ortalama Florid Salımı	İlk 28 günlük Periyotta Ortalama Florid Salımı	Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonra Ortalama Florid Salımı	İlk 28 günlük Periyotta Ortalama Florid Salımı	Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonra Ortalama Florid Salımı	İlk 28 günlük Periyotta Ortalama Florid Salımı	Florid ile Yükleme Yapıldıktan Sonra Ortalama Florid Salımı
1.Gün	29,736±3,367 <sup>Aa</sup>	51,454±2,933 <sup>Ba</sup>	16,013±1,522 <sup>Ca</sup>	30,635±1,620 <sup>Da</sup>	26,017±3,652 <sup>Ea</sup>	38,390±3,744 <sup>Fa</sup>	10,948±1,144 <sup>Ga</sup>	27,132±1,615 <sup>Ha</sup>	1,671±0,122 <sup>Ia</sup>	2,854±0,165 <sup>Ja</sup>
2.Gün	18,147±0,810 <sup>Ab</sup>	23,564±1,159 <sup>Bb</sup>	10,558±0,865 <sup>Cbd</sup>	16,314±0,626 <sup>Db</sup>	17,400±1,302 <sup>Ebef</sup>	19,971±1,507 <sup>Fb</sup>	8,150±0,641 <sup>Gb</sup>	12,741±0,693 <sup>Hb</sup>	0,946±0,046 <sup>Ia</sup>	1,455±0,078 <sup>Jb</sup>
3.Gün	11,778±0,556 <sup>Ac</sup>	11,735±0,990 <sup>Bc</sup>	11,369±1,115 <sup>Ac</sup>	11,656±0,498 <sup>Bc</sup>	18,277±0,831 <sup>Cbcg</sup>	18,184±1,396 <sup>Dc</sup>	4,203±0,128 <sup>Ec</sup>	5,058±0,453 <sup>Fc</sup>	0,596±0,026 <sup>Gb</sup>	0,910±0,079 <sup>Hb</sup>
4.Gün	10,495±1,183 <sup>Ad</sup>	10,509±0,510 <sup>Bd</sup>	11,281±1,009 <sup>Cbc</sup>	11,171±0,464 <sup>Bd</sup>	18,655±1,070 <sup>Dc</sup>	19,581±1,439 <sup>Eb</sup>	3,968±0,211 <sup>Fcde</sup>	4,312±0,165 <sup>Gdg</sup>	0,487±0,024 <sup>Hc</sup>	0,654±0,045 <sup>Ib</sup>
5.Gün	8,574±0,914 <sup>Ae</sup>	8,669±0,361 <sup>Be</sup>	10,158±1,277 <sup>Cd</sup>	10,664±0,509 <sup>De</sup>	17,326±0,798 <sup>Edeg</sup>	17,612±0,784 <sup>Fcd</sup>	3,748±0,235 <sup>Gdfg</sup>	3,796±0,103 <sup>Hch</sup>	0,360±0,010 <sup>Id</sup>	0,567±0,023 <sup>Jb</sup>
6.Gün	7,708±0,871 <sup>Ae</sup>	7,762±0,408 <sup>Bf</sup>	9,312±1,065 <sup>Ce</sup>	9,779±0,293 <sup>Df</sup>	16,514±0,881 <sup>Edf</sup>	16,871±0,916 <sup>Fid</sup>	3,421±0,231 <sup>Gh</sup>	3,511±0,153 <sup>Hefj</sup>	0,270±0,012 <sup>Ie</sup>	0,476±0,021 <sup>Jb</sup>
7.Gün	6,699±0,466 <sup>Af</sup>	6,410±0,271 <sup>Bg</sup>	9,412±1,492 <sup>Ce</sup>	9,904±0,233 <sup>Df</sup>	14,651±0,893 <sup>EH</sup>	14,852±0,688 <sup>Fe</sup>	3,683±0,374 <sup>Gegh</sup>	3,948±0,880 <sup>Hgh</sup>	0,234±0,009 <sup>If</sup>	0,358±0,012 <sup>Jb</sup>
14. Gün	5,493±0,449 <sup>Ag</sup>	5,415±0,199 <sup>Bh</sup>	8,392±0,609 <sup>Cf</sup>	8,589±0,206 <sup>Dg</sup>	12,507±0,792 <sup>Ei</sup>	12,739±0,603 <sup>Fi</sup>	3,036±0,583 <sup>Gi</sup>	3,259±0,125 <sup>Hik</sup>	0,104±0,008 <sup>Ig</sup>	0,097±0,005 <sup>Jb</sup>
21.Gün	4,594±0,444 <sup>Agh</sup>	4,628±0,198 <sup>Bi</sup>	6,438±0,643 <sup>Cg</sup>	7,248±0,276 <sup>Dh</sup>	8,726±0,594 <sup>Ej</sup>	9,266±0,446 <sup>Fg</sup>	2,824±0,278 <sup>Gi</sup>	3,047±0,156 <sup>Hk</sup>	0,448±0,032 <sup>h</sup>	0,451±0,025 <sup>Jb</sup>
28. Gün	3,893±0,430 <sup>Ah</sup>	3,795±0,248 <sup>Bj</sup>	5,513±0,657 <sup>Ch</sup>	5,642±0,244 <sup>Di</sup>	7,311±0,719 <sup>Ek</sup>	7,796±0,417 <sup>Fh</sup>	2,894±0,252 <sup>Gi</sup>	3,117±0,303 <sup>Hjk</sup>	0,403±0,021 <sup>Ii</sup>	0,416±0,023 <sup>Jb</sup>

Her sütundaki farklı küçük harfler istatistiksel olarak farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

Her satırdaki farklı büyük harfler istatistiksel olarak farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

p < 0.05

### **4.3. Restoratif Materyallere % 1,23'lük APF Jel Uygulanmadan önceki ve Uygulandıktan Sonraki (Yeniden yüklenme) Florid Salımı İle İlgili Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi ve Bulgular**

Tez çalışmamızda kullanılan her bir restoratif materyalin, aynı günlere tekabül edecek ortalama florid salım değerleri ile % 1,23'lük APF jel uygulanmasından sonraki ortalama florid salım değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemini değerlendirmek için Student t testi uygulanmıştır. Deneysel olarak elde edilen t değerleri ile % 95 güven seviyesindeki t teorik değerleri karşılaştırılmıştır.

İonofil U materyalinin 1, 2 ve 7. günlerdeki % 1,23'lük APF jel uygulanmadan önce ve sonraki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup ( $p < 0,05$ ), belirtilen günler dışındaki diğer bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ ).

Glass Fill materyalinin 1, 2 ve 21. günlerdeki % 1,23'lük APF jel uygulanmadan önce ve sonraki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup ( $p < 0,05$ ), belirtilen günler dışındaki diğer bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ ).

Equia Forte materyalinin 1, 2, 21 ve 28. günlerdeki % 1,23'lük APF jel uygulanmadan önce ve sonraki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup ( $p < 0,05$ ), belirtilen günler dışındaki diğer bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ ).

Photac Fill Quick Aplicap materyalinin 1, 2, 3, 4, 21 ve 28. günlerdeki % 1,23'lük APF jel uygulanmadan önce ve sonraki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup ( $p < 0,05$ ), belirtilen günler dışındaki diğer bütün günlerdeki florid salım konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ ).

Beautiful II materyalinin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 14. günlerdeki % 1,23'lük APF jel uygulanmadan önce ve sonraki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiş olup ( $p < 0,05$ ), belirtilen günler dışındaki diğer bütün günlerdeki florid salımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır ( $p > 0,05$ ).

Restoratif materyallerin APF jel uygulanmadan önceki ve sonraki florid salım konsantrasyonları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Araştırmamızın sonucunda, her gruptan birer adet hazırlanmış olan bitirme polisaj yapılmayan örneklerin, istatistiksel karşılaştırılması yapılamamış olsa da florid salım konsantrasyonlarının ve yeniden yüklenebilme kapasitelerinin, bitirme polisaj yapılan örneklere kıyasla daha az miktarda olduğu tespit edilmiştir.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ağız ortamındaki pH değişimlerine bağlı olarak, dental plak ile mine yüzeyi arasında, sürekli bir iyon alışverişi devam etmektedir. Bu dinamik süreç, birbirini izleyen demineralizasyon ve remineralizasyon olayları şeklindedir. (Fejerskov ve Clarkson 1996). Ortamda bulunan florid iyonu, remineralizasyon etkisi dışında, plakta bulunan bakterilerin asit üretimini inhibe etmekte ve minenin çözünürlüğünü azaltmaktadır. Bu şekilde, başlangıç çürüklerinin remineralize olması sağlanmakta ve yeni çürüklerin oluşumu önlenmektedir (Çapan ve Akyüz 2016, Featherstone 1999).

Cam iyonomer ve cam hibrit yapıdaki restoratif materyallerin florid salabilme yeteneklerine bağlı olarak antikaryojenik özellikler göstermeleri sayesinde ikincil çürük oluşumunun da önüne geçilmekte olup, bu materyallerin diş dokularına kimyasal adezyon gösterebilme özellikleriyle de mikrosızıntı azalmaktadır (Farrugia ve Camilleri 2015).

Florid salımı yapan güncel restoratif materyaller; geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar, poliasit modifiye kompozit rezinler, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar, giomerler, nano-iyonomerler, cam karbomerler, zirkonomerler, amalgomerler, yeni jenerasyon cam hibrit materyaller, florid ilave edilmiş kompozit rezinler ve florid ilave edilmiş fissür örtücü materyallerdir (Bayrak ve ark. 2017, Tiwari ve ark. 2016, Neelakantan ve ark. 2011).

Yeni jenerasyon cam hibrit yapıdaki restoratif materyaller olan Glass Fill (CK) ve Equia Forte'un (CH) üretici firmaları, bu materyallerin yüksek oranlarda florid iyonu saldığını iddia etmekte ve materyallerin çürük insidansı yüksek olan bireylerde kullanımını tavsiye etmektedir (Bayrak ve ark. 2017, Equia Forte Fill 2016). Yapılan literatür taraması sonucunda, Equia Forte'un (CH) florid salım konsantrasyonları ve floridle yeniden yüklenme kapasitesini değerlendiren bir çalışma olmadığı, Glass Fill (CK) ile ilgili sınırlı sayıda araştırma olduğu görülmüştür. Bu nedenle tez çalışmamızda cam iyonomer ve cam hibrit yapıdaki restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonlarını ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda florid içerikli restoratif materyallerin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerdeki florid salımları ve

% 1,23'lük APF jel uygulaması sonrasında aynı zaman periyotlarındaki florid salımları iyon seçici elektrot yardımıyla ölçülerek, materyallerin floridle yeniden yüklenme özellikleri incelenmiştir.

Restoratif materyallerin florid salımı doğrudan kariostatik etki sağlamakta olduğundan, florid içerikli restoratif materyallerin florid salımını ve floridle yeniden yüklenme kapasitesini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. (Wiegand ve ark. 2007, Attar ve Turgut 2003, Preston ve ark. 2003, Karantakis ve ark. 2000, Özalp 1996). GCİS'lerin florid salımı karmaşık bir süreç olup, intrinsik ve ekstrinsik faktörlerden etkilenmektedir. İntrinsik faktörler materyalin bileşimi, toz/likit oranı, örneklerin geometrisi, materyalin toz/likitinin karıştırılma süresi, materyalin çözünürlüğü veya gözenekli yapısı, permeabilitesi, yüzey yapısı ve bitirme işlemlerini içermektedir (Attar ve Turgut 2003, Preston ve ark. 2003, Karantakis ve ark. 2000). Ekstrinsik faktörler ise, örneklerin saklanma ortamı ve pH'ı, deney tasarımı, ortamın sıcaklığı ve analitik yöntemlerdir (Küçükylmaz ve ark. 2017). Yapılan in vitro çalışmalarda standardizasyonu sağlayabilmek için, örneklerin geometrisi, yüzey işlemleri, ortamın sıcaklığı, pH değeri, saklanma ortamı, deney tasarımı, analitik yöntemler ve bitirme polisaj işlemleri gibi parametreler, tüm örnekler için standardize edilmelidir (Dionysopoulos ve ark. 2013, Attar ve Turgut 2003, Preston ve ark. 2003, Karantakis ve ark. 2000). Bizim çalışmamızda da, örneklerin boyutları, bitirme polisaj işlemleri, ortam sıcaklığı, örneklerin saklanma ortamı, analitik yöntemler tüm örnekler için standardize edilmiştir.

Materyallerin florid salım konsantrasyonu, hem in vitro hem de in vivo koşullarda ölçülebilmektedir. İn vitro koşullarda yapılmış olan araştırmalarda elde edilen değerler yani statik bir ortama daldırılan örneklerden ölçülen florid iyonu salım miktarı; oral kavitede bulunan şartların dinamik doğasını tam olarak yansıtamayabilmektedir (Bayrak ve ark. 2010). İn vivo koşullarda yapılan araştırmalarda, aynı materyalden salınan florid iyonu konsantrasyonunun in vitro koşullarda yapılan araştırmaların sonuçlarına göre daha düşük miktarda olduğu belirlenmiştir (Tinsley ve O'dwyer 2003).

İN vivo çalışmalarda, oral kavitedeki enzimatik ataklar, karyojenik mikroorganizmalar, asidik yiyeceklerin neden olduğu düşük pH değeri, hastanın ağız

hijyeni, tükürük yapısı ve pH'ı, tüketilen yiyecek ve içeceklerle ilişkili olarak oluşan plak yapısı, restorasyonların yüzeyinde oluşan biyofilm tabakası gibi birçok faktör restoratif materyallerin florid salım miktarını değiştirebilmekte olup, çalışmanın standardize edilmesine engel teşkil etmektedir (Carey ve ark. 2003).

İn vivo koşullarda pelikül ve plak mevcudiyeti, florid iyonunun restoratif materyalden oral kaviteye difüzyonunu engellemektedir (Wiegand ve ark. 2007). Ayrıca, salınan florid iyonunun ortamdaki  $Ca^{+2}$  iyonları ile kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan  $CaF_2$  kristalleri polimer membranlar üzerine çökelmekte olup, florid iyonlarının geçebildiği difüzyon kanallarının bir kısmını tıkayarak florid iyonu salımını düşürebilmektedir (Adair ve ark. 1994). GCİS restorasyonlarda restoratif materyal yüzeyinin genel olarak pöröz yapıda olması, in vivo araştırmalarda materyal yüzeyinin kısa bir zaman içerisinde plak ve pelikülle kaplanmasına sebep olarak, materyal yapısındaki florid iyonunun oral kaviteye difüze olmasının önlenmesine neden olmaktadır. (Forsten 1990). Bu durum sonucunda da, florid iyonu salımının in vivo koşullarda yapılan çalışmalarda, in vitro çalışmalara kıyasla daha düşük seviyede olabileceği bildirilmektedir (Forsten 1990). Bu nedenle, florid içerikli restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonunun değerlendirilmesinde, genellikle in vitro yöntemler kullanılmaktadır (Itota ve ark. 2004b, Hattab ve Amin 2001, Diaz-Arnold ve ark. 1995). Bu sebeple, biz de çalışmamızı in vitro koşullarda yapmayı tercih ettik.

Restoratif materyallerin boyutsal farklılıkları florid salım miktarını etkilemektedir. Bu nedenle, florid içeren restoratif materyallerin florid salımlarının değerlendirilmesi amacıyla, standart paslanmaz çelik kalıplar ile hazırlanan diskler kullanılarak, örneklerin boyutları standardize edilmiştir. Flor salımının araştırıldığı çalışmalarda, örneklerin boyutlarıyla ilgili olarak yapılan kaynak taramasında çok farklı boyutların kullanıldığı görülmektedir (Küçükylmaz ve ark. 2017, Tiwari ve ark. 2016, Bansal ve ark. 2015, Cabral ve ark. 2015, Jingarwar ve ark. 2014, Naoum ve ark. 2011, Carey ve ark. 2003). Görünür ışıkla aktive olan rezin içerikli restoratif materyallerin yeterli polimerizasyonu için 2 mm kalınlığında yerleştirilmelerinin tavsiye edilmesinden dolayı (Council on Dental Materials, Instruments and Equipment

1985), çalışmamızda hazırladığımız örnekler 2 mm kalınlığındaki kalıplara yerleştirilmiştir.

Materyallerin florid salımlarını değerlendiren çalışmalar incelendiğinde, kullanılan kalıpların boyutlarının genellikle 5x2 mm boyutlarında hazırlandığı izlenmektedir (Panigrahi ve ark. 2016, Choudhary ve ark. 2015, Gururaj ve ark. 2013, Neelakantan ve ark. 2011, Freedman ve Diefenderfer 2003). Bu sebeple çalışmamızda örnekler, 5x2 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Materyallerin yapısında hava kabarcığı ve porözite meydana gelmesini önlemek amacıyla, materyaller paslanmaz çelik kalıba yerleştirildikten sonra, her iki tarafına şeffaf bant ve cam yerleştirilerek, eşit oranlarda parmak basıncı uygulanmıştır. Her bir restoratif materyal, üretici firmalarının önerdiği şekilde sertleştirilmiş, ışık cihazı ile polimerize edilmesi gereken örnekler alt ve üst yüzeylerinden ışık uygulanmıştır.

Rezin içerikli restoratif materyallerin polimerize edilmeleri amacıyla, halojen ışık kaynakları ve LED (Light Emitting Diode) sık olarak kullanılmaktadır (Lindberg ve ark. 2005). Rezin içerikli materyallerin polimerizasyon derinliği kullanılan ışığın dalga boyuna, ışık kaynağının gücüne ve yoğunluğuna göre farklılık gösterebilmektedir. Rezin içerikli restoratif materyallerin yeterli miktarda polimerize olabilmesi için, ışık cihazı minimum 300 mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olmalıdır (Lindberg ve ark. 2005). Işık ile polimerize olan rezin içerikli restoratif materyallerin, polimerizasyon reaksiyonlarında başlatıcı ajan olarak görev yapan kamforkinon 470 nm dalga boyundaki mavi ışığa duyarlıdır. Işığın dalga boyu, ışık kaynağının gücü ve yoğunluğu parametrelerinden herhangi birinde oluşan eksiklik, restoratif materyalin polimerizasyon derinliğini olumsuz yönde etkileyerek, materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini zayıflatmakta ve erken dönemde başarısızlıklara sebep olmaktadır (Özel ve Soyman 2003). LED ışık kaynaklarının ışık gücü yüksektir, etkin bir polimerizasyon derinliği ve derecesi sağlamaktadır ve ömrü boyunca sabit bir ışık gücüne sahip olmalarından dolayı, bu ışık kaynakları rezin içerikli materyallerin ideal bir şekilde polimerize olmasını sağlamaktadır (Bala ve ark. 2005, Oberholzer ve ark. 2005, Asmussen ve Peutzfeldt 2003, Jandt ve ark. 2000). Çalışmamızda kullandığımız rezin içerikli restoratif materyallerin

polimerizasyonunu sağlamak için, 1200 mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olan Elipar S10 LED ışık cihazı kullanılmıştır (Çehrelı ve ark. 2013).

Rezin içerikli dental materyallere sertleşme esnasında ısı uygulanmasının materyallerin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği de bilinmektedir (Kleverlaan ve ark. 2004). Aynı zamanda, yüksek enerjili polimerizasyon cihazı ile ısının göreceli olarak yükseltilmesi, makaslama kuvveti ve bağlanma kuvveti gibi mekanik özellikleri güçlendirmektedir (Kleverlaan ve ark. 2004). Cam karbomer simanın yapısında bulunan nano boyuttaki partiküllerin yüksek enerjili bir polimerizasyon cihazından çıkan ısı ile etkileşimi sonucu, simanın baskı dayanımı ve aşınma direncinin pozitif yönde etkilendiği bildirilmektedir (GCP Glass Karbomer 2011). Materyalin florid salım konsantrasyonunun doğru bir şekilde ölçülebilmesi için, polimerizasyonunun tamamlanmış olması gerekmektedir. Cam karbomer üretici firması (GCP Cam Karbomer), cam karbomer simanın sertleştirilmesinde en başarılı sonucun alınabilmesi için KarboLED ışık cihazının kullanımını önermektedir (Botsalı ve ark. 2016, Gorseta ve ark. 2014, Çehrelı ve ark. 2013). Bu nedenle, çalışmamızda cam karbomer simanın polimerizasyonu sırasında üretici firmanın önerileri doğrultusunda 1400 mW/cm<sup>2</sup> ışık yoğunluğuna sahip olan KarboLED ışık cihazı kullanılmıştır.

LED ışık cihazının ucunun polimerize edilen restoratif materyale olan uzaklığının materyalin mikrosertlik değerini etkilediği belirtilmektedir (Felix ve ark. 2006, Bennett ve Watta 2004). Işık cihazının ucunun materyale olan uzaklığının artmasıyla birlikte, materyalin mikrosertliğinin azaldığı tespit edilmiştir (Ersöz ve ark. 2010, Rode ve ark. 2009, Felix ve ark. 2006, Bennett ve Watta 2004). Hazırladığımız örneklerin polimerizasyonu esnasında LED ışık cihazını sabit uzaklıktan uygulayabilmek ve standart polimerizasyon sağlayabilmek amacıyla örneklerin üzeri her iki taraftan da şeffaf bant ile örtülerek 1 mm kalınlığında cam lamel yerleştirilmiş ve ışık cihazının ucu cam yüzeyine temas edecek şekilde ışık uygulanmıştır.

Toz/likit oranı ve karıştırma süresi restoratif materyalin florid salım konsantrasyonunu etkileyen intrinsik faktörlerdir (Upadhyay ve ark. 2013, Preston ve

ark. 2003). Toz/likit oranı düşük olduğu zaman, simanın çözünürlüğü artmakta ve daha fazla oranda florid iyonları salınmaktadır (Eronat ve ark. 1999). Bu nedenle, tez çalışmamızda kullandığımız kontrol grubu olan ve tek toz/likit formunda materyal olan İonofil U'nun toz/likit oranı, üretici firmanın belirlediği oranlarda analitik hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür ve toz/likit üretici firmanın önerisi doğrultusunda 45 sn boyunca karıştırılarak pat haline getirilmiştir. Kullanılan diğer materyaller kapsül formundadır. Bu materyallerin hazırlanmasında ise, 2850 rpm hızındaki 3M ESPE Rotomix karıştırma cihazı kullanılmış olup, materyaller üretici firmalarının önerdiği sürelerde karıştırılarak standardizasyon sağlanmıştır.

CİS'lar su bazlı oldukları için, polimerizasyon reaksiyonunun başlangıcında matriks içerisindeki zayıf bağlı su buharlaşma yoluyla ayrılabilir. Ayrıca, erken dönemlerde meydana gelen kalsiyum poliakrilat zincirleri su içerisinde çözündüğü için, bu yapının materyal yapısından uzaklaşabileceği bilinmektedir. Bu durumun önüne geçilmez ise, materyalin mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilenmekte olup, CİS'lar uygulandıktan sonraki 1 saatte hidrasyona duyarlı yapıda oldukları için, polimerizasyon reaksiyonu esnasında materyali tükürükten korumak amacıyla, yüzeyine koruyucu vernik uygulamak gerekmektedir (Neuman ve Garcia-Godoy 1992). Ancak, CİS'ların florid salımının değerlendirildiği çalışmalarda, yüzey koruyucu ajan uygulanmasının florid salımını oldukça azalttığı görülmüş olup, materyallerin özellikle başlangıç dönem florid salım konsantrasyonlarının etkileneceği tespit edilmiş, yapılan in vitro çalışmalarda örneklere koruyucu vernik uygulaması yapılmadığı belirlenmiştir (Küçükylmaz ve ark. 2017, Choudhary ve ark. 2015, Ghajari ve ark. 2014, Dionysopoulos ve ark. 2013, Zafar 2013, Neelakantan ve ark. 2011, Al-Naimi ve ark. 2008, Hattab ve Amin 2001, Vercruyssen ve ark. 2001, Vermeersch ve ark. 2001, De Witte ve ark. 2000, Mazzaoui ve ark. 2000). Bu nedenle, çalışmamızda CIS örneklerde yüzey koruyucu ajan kullanılmamıştır.

CİS'ların kaviteye ideal bir şekilde yerleştirilmeleri çoğu zaman mümkün olmadığı için, kaviteye yerleştirildikten sonra fazlalıkların düzenlenmesi ve restorasyon konturları verilerek ideal diş formunu oluşturabilmek amacıyla bitirme işleminin yapılmasına, bitirme işleminde kullanılan frezlerin yüzeyde oluşturduğu

düzensizlikleri gidermek amacıyla da polisaj işlemlerinin uygulanmasına ihtiyaç vardır. Standardizasyonun sağlanması için örneklerin hazırlanması, bitirme ve parlatma işlemleri tek bir araştırmacı tarafından uygulanmıştır. İnce grenli elmas ve tungsten karbid frezlerin rezin içerikli materyallerin bitirme prosedürlerinde etkili olduğu, morfolojik şekillendirme ve başlangıç düzeltme işlemleri için kullanılabilmesi belirlenmiştir (Koh ve ark. 2008, Georges ve ark. 2005). Aşındırma özelliği yüksek olan elmas frezlerin kompozit rezinlerin fazlalıklarının düzeltilmesinde etkin olduğu (Jung, 1997), ancak tungsten karbid frezlere kıyasla materyal yüzeyinde daha fazla düzensiz yüzeyler meydana getirdiği tespit edilmiştir (Erdemir ve ark. 2012, Özgünaltay ve ark. 2003). Bu nedenle, çalışmamızda örneklerin bitirme işlemleri tungsten karbid frez kullanılarak yapılmıştır. Polisaj işleminde Sof-lex diskler kullanılarak, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, diskler tüm örneklerde aynı yöntemle, aynı sırayla ve eşit basınçta uygulanmıştır. Matürasyonu tamamlanmamış olan CİS'lerin, saklama solüsyonuna atılmaları durumunda, materyallerin mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiş olup, florid salım konsantrasyonunun arttığı bildirilmiştir (Smith 1998, Dhondt ve ark. 2001). Davies ve ark. (1993) ise, olgunlaşmamış CİS içerikli materyallerin yapısında floridin çözünür formlarının daha fazla miktarda bulunduğunu ve çözünür formların materyal sertleşip olgunlaştıkça neredeyse tamamen çözünmeyen formlara dönüştüğünü bildirmişlerdir. Sonuç olarak, CİS'lerin olgunlaşma zamanları florid salım konsantrasyonunu etkileyen bir faktördür. Bu faktör göz önüne alınarak, CİS içerikli materyallerin deneylerden önce 24 saat boyunca nemli ortamda bekletildikleri birçok çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir (Neelakantan ve ark. 2011, Gao ve Smales 2001, De Witte ve ark. 2000, Weidlich ve ark. 2000, Bilgin ve Özalp 1998). Bu nedenden dolayı, araştırmamızda örnekler hazırlandıktan sonra 37°C'da % 95 bağıl nemde 24 saat boyunca saklanmıştır. Örnekler, vücut sıcaklığını taklit etmek amacıyla, deney boyunca 37°C'da etüvde bekletilmiştir (Neelakantan ve ark. 2011, Freedman ve Diefenderfer 2003).

CİS içerikli materyallerin in vitro koşullarda florid salım konsantrasyonlarının ölçüldüğü çalışmalarda, deney periyodu boyunca materyallerin bekletildiği solüsyonlar; yapay tükürük (Jingarwar ve ark. 2014, Preston ve ark. 1999a), asidik

solüsyonlar (Jingarwar ve ark. 2014, Karantakis ve ark. 2000) ve deiyonize su (Küçükıymaz ve ark. 2017, Ghajari ve ark. 2014, Jingarwar ve ark. 2014, Dionysopoulos ve ark. 2013, Neelakantan ve ark. 2011) şeklinde sıralanmaktadır. Asidik solüsyonlar içerisinde, ortamın pH'sının düşmesiyle materyalin çözünürlüğünün ve iyon salımının artmasına bağlı olarak florid konsantrasyonu maksimum düzeyde ölçülmektedir (Jingarwar ve ark. 2014, Karantakis ve ark. 2000). Ayrıca, bu solüsyonlar içerisinde materyaller tarafından salınan florid genellikle bileşikler şeklinde olmaktadır. Materyallerin deiyonize su içerisinde yapay tükürüğe kıyasla daha fazla oranda florid salmasından dolayı (Jingarwar ve ark. 2014), florid salımının belirlenmesinde örneklerin deiyonize su içinde bekletilmesi önerilmiştir (Neelakantan ve ark. 2011). Deiyonize su içerisinde, iyon mevcut olmadığı için deney sırasında kullanılmasıyla, materyalden salınan florid iyon konsantrasyonlarının doğru sonuç vereceği kabul edilmektedir (Lee ve ark. 2000, Preston ve ark. 1999b). Bu sebeple, çalışmamızda örneklerimiz deney periyodu boyunca deiyonize su içinde bekletilmiştir.

Saklama solüsyonunun hangi sıklıkla değiştirilmesi gerektiği de in vitro koşullarda florid salım konsantrasyonunun değerlendirilmesi konusunda önemli bir parametredir. Materyallerden salınan florid iyonu saklama solüsyonu içerisinde birikmekte olup, birikim zamanla materyalin yapısını değiştirebilmektedir. Ayrıca, florid salımı bir konsantrasyon gradyan mekanizmasına dayanmakta olup, denge sağlandığında florid salımı durmaktadır (Lee ve ark. 2000). Deiyonize suyun her gün değiştirilmesi, restoratif materyallerin doğru florid salım miktarının belirlenmesini sağlamaktadır. (Neelakantan ve ark. 2011). Bu nedenle, çalışmamızda deiyonize su 24 saatlik aralıklarla değiştirilmiştir.

Farklı çözeltilerde aynı iyonlar bulunsa bile, iyonik şiddetlerinin farklı olması durumunda ISE tarafından ölçülen florid iyon değeri üzerinde farklı etkiler oluşturmaktadır. Bu yüzden, çalışma şartlarında tüm çözeltilerin iyonik şiddetlerinin aynı olması gerekmektedir. Ayrıca, ortamın florid konsantrasyonunu değiştiren başka bir etmen de pH'dır. Florid iyonu ortamın pH'ı 5'in üstünde olduğunda, tam olarak iyonize edilebilmekte olup, bahsi geçen ortamın oluşturulabilmesi için, ortamın iyonik şiddetini ayarlayan TISAB çözeltisi kullanılmaktadır (Douglas ve ark. 2004).



Ortamdaki florid iyonu konsantrasyonunun doğru bir şekilde tayin edilebilmesi için, TISAB çözeltisinin pH değeri 5,6 olmalıdır (Douglas ve ark. 2004). Ortam gereğinden fazla asidik olduğunda, florid iyonları HF molekülü haline dönüşür. Bu moleküller, iyon seçici elektrot tarafından algılanmaz. Ortam bazik olursa, iyon seçici elektrot OH<sup>-</sup> iyonlarına duyarlı olduğu için, sanki ortamda daha fazla florid iyonu varmış gibi salım değerini etkiler. Bu nedenle, pH ve iyonik şiddet sabitlenmelidir. Bu nedenle, çalışmamızda ortamın iyonik şiddetini ayarlamak için TISAB çözeltisi kullanılmış olup, ortamın pH'ı 5,6 civarında tutulmuştur.

Florid salım miktarını ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar; spektrofotometri, iyon kromatografisi (IC), kapiller elektroforez ve florid iyonlarına duyarlı olan ISE (Vermeersch ve ark. 2001), titrimetri, spadns fotometrik tayin olup; en çok tercih edilen metodlar ise, IC, ISE ve spadns fotometrik tayin yöntemleridir (Aydın ve Taştekin 2002). Ancak, IC ve spektrofotometrinin zor ve zahmetli ölçüm metodları olmasından dolayı, 1966 yılında ISE ölçüm yöntemi geliştirilmiştir (Aydın ve Taştekin 2002).

ISE yönteminin florid iyonlarının derişimlerinin tayin edilmesinde kullanılması Environmental Protection Agency (EPA) ve American Public Health Association (APHA) tarafından tavsiye edilmektedir (EPA 2017, Yap ve ark. 2002b, Vermeersch ve ark. 2001). Ayrıca, ISE yöntemi diğer yöntemlere kıyasla daha basit, ucuz ve ölçüm sırasında daha hızlı cevap vermektedir (McCabe ve ark. 2002). CİS'lar gibi yüksek oranlarda florid salabilen materyallerin florid salım konsantrasyonunun uzun zaman periyodunda değerlendirilmesi amacıyla, bu yöntemin kullanılması uygundur (McCabe ve ark. 2002). Ayrıca, pek çok çalışmada florid konsantrasyonunun ölçümünde florid iyonlarına duyarlı olan ISE yönteminin kullanıldığı görülmektedir (Küçükyılmaz ve ark. 2017, Rao ve ark. 2015, Rao ve ark. 2011, Çıldır ve Sandallı 2005, Vermeersch ve ark. 2001, Williams ve ark. 2001, Karantakis ve ark. 2000, Weidlich ve ark. 2000, Altay ve ark. 1999). Bu nedenle araştırmamızda örneklerin florid konsantrasyonunun tayininde ISE yöntemi kullanılmıştır.

CİS'ların başlangıçtaki florid salımı, asit-baz reaksiyonundan kaynaklanmakta olup, salınan florid miktarı materyalin içerdiği florid konsantrasyonu ile orantılı olmaktadır (Weigand ve ark. 2007). Çalışmamızda kullanılan florid içerikli restoratif

materyallerin patlama etkisini görebilmek amacıyla, materyallerden salınan florid konsantrasyonları ilk hafta hergün ölçülmüştür. Ayrıca, florid salabilen restoratif materyallerden açığa çıkan florid konsantrasyonu 28. gün sonunda minimum değere düştüğü, ayrıca bakterilerin inhibe edilebilmesi için materyallerin en az 28 gün florid salması gerektiği bildirilmiştir (Wiegand ve ark. 2007, Han ve ark. 2002). Bu nedenle, araştırmamızda CİS'ların florid salımı ilk hafta hergün, daha sonra 14, 21 ve 28. günlerde yapılmak suretiyle, 28 gün boyunca ölçülmüştür.

Çürük insidansı yüksek olan bireylerde kullanılan florid içerikli restoratif materyallere topikal florid uygulamasından sonra, materyallerin florid salımını devam ettirmesi, yani yeniden yüklenebilme özelliğine sahip olması klinik olarak büyük önem taşımaktadır (Peng ve ark. 2000). Bu nedenle, çalışmamızda kullandığımız restoratif materyallere florid jel uygulanarak, uygulama sonrasında materyallerin florid salım konsantrasyonları değerlendirilmiştir.

Restoratif materyallerin floridle yeniden yüklenebilmeleri amacıyla, çeşitli topikal florid preparatlarının kullanıldığı izlenmektedir. Ancak, genel olarak profesyonel olmayan topikal florid preparatlarının uygulamalarıyla yüksek düzeyde yükleme yapılamadığı bildirilmiştir (Attin ve ark. 1999, Rotwell ve ark. 1998). Materyallerin floridle yeniden yüklenmesini materyalin geçirgenliği ve yüzey pürüzlülüğü etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğü fazla olan materyaller, bünyesine daha fazla oranda florid iyonu alabilmektedir. APF jel uygulaması sonrası jelin yapısında bulunan fosforik asit ve hidroflorik asitin, restoratif materyallerin yüzeyinde kimyasal erozyon oluşturduğu, materyalin yüzey pürüzlülüğünü, permabilitesini ve dolayısıyla materyalin floridle yeniden yüklenme özelliğini arttırdığı rapor edilmiştir (Choudhary ve ark. 2015, Gao ve Smales 2001, Gao ve ark. 2000, Hadley ve ark. 2000, Peng ve ark. 2000, Bilgin ve Özalp 1988). Diaz-Arnold ve ark. (1995) çeşitli restoratif materyallerin yeniden yüklenmeleri esnasında, en yüksek florid iyonu salım miktarının APF jel uygulamasından sonra saptandığını bildirmişlerdir. (Marinho ve ark. 2003, ADA 2002, Yip ve ark. 1999). Bu sebeplerden dolayı, çalışmamızda % 1,23'lük APF jel kullanılmıştır.

Deneysel verilere göre, en çok florid alınımı APF jel uygulandıktan sonra ilk 4 dakikada gerçekleşmektedir (Wei ve Yui 1993). Bu nedenle, çalışmamızda

materyallerin floridle yeniden yüklenebilmesi için %1,23'lük APF jelin 4 dakika süreyle uygulanması tercih edilmiştir.

Yapılan florid ile yeniden yükleme çalışmalarında, rutin olarak florid içerikli restoratif materyallerin yaşlandırılması prosedürünün uygulandığı izlenmektedir (Gao ve Smales 2001, Peng ve ark. 2000). Floridli preparatlar örneklere uygulanmadan önce, materyalin yapısında bulunan florid uzaklaşmalıdır, başka bir deyişle materyale yeniden yüklenme yapılabilmesi için yapısındaki floridi kaybetmesi gerekir. (De Witte ve ark. 2000). Yapılan çalışmalar sonucunda, florid içerikli bütün restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonlarının 28. günde minimum seviyeye düştüğü ve materyalin floridle yeniden yüklenebilmesi için topikal florid tatbikinin 28. günden sonra yapılması gerektiği belirlenmiştir (Han ve ark. 2002). Araştırmamızda da, literatürlere benzer şekilde 28. günden sonra örneklere APF jel ile yeniden yükleme yapılmıştır.

Cam iyonomer ve cam hibrit içerikli restoratif materyallerin florid salımı, asit-baz reaksiyonundan kaynaklanmakta olup, salınan florid miktarı materyalin içerdiği florid konsantrasyonu ile orantılıdır (Weigand ve ark. 2007). Restoratif materyallerin florid salımı ile ilgili yapılan birçok çalışmada, GCİS'ların florid salım konsantrasyonunun diğer materyallere kıyasla daha yüksek olduğu ve CİS içerikli restoratif materyallerin florid salım konsantrasyonlarının zamanla azaldığı rapor edilmiştir (Arbabzadeh-Zavareh ve ark. 2012, Sidhu 2011, Peng ve ark. 2000).

GCİS, kaviteye yerleştirildikten sonra, sertleşme reaksiyonunun başlangıç aşamaları esnasında, materyalin matriks kısmı henüz immatür ve instabil bir yapıda olduğu için, polialkenoik asit, cam partiküllerinin dış kısmını çözerek materyalden kalsiyum, alüminyum, florid iyonları ve diğer iyonlar salınmakta ve materyalin bulunduğu sıvı ortamla materyal arasında yüksek düzeyde florid iyonu değişimi olmaktadır (Çapan ve Akyüz, 2016, Attar ve Turgut 2003). Bu evrede meydana gelen yüksek seviyedeki florid salımının patlama etkisi (burst effect) sonucunda meydana geldiği bildirilmiştir (Çapan ve Akyüz 2016, Badr ve ark. 2013, Weigand ve ark. 2007, Delbem ve ark. 2005, Attar ve Turgut 2003, Yap ve ark. 2002b, Vermeersch ve ark. 2001, Karantakis ve ark. 2000). Restoratif materyal matürasyon gösterdikçe, matriks bölümü daha rijit bir yapı halini almakta olup, bu süreçten sonra florid iyonu salımı ancak ortamda

bulunan sıvının materyal yapısına difüze olmasıyla gerçekleşmektedir (Weigand ve ark. 2007).

Materyallerden florid salımının üç ayrı mekanizma ile gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu mekanizmalar; yüzeyden yıkanma, gözenek ve çatlaklardan difüzyon ve hacimden difüzyon şeklinde olup; materyalin sertleşmesinden bir gün sonra oluşan ve yeniden floridle yüklenmesinden bir gün sonra görülen maksimum düzeydeki florid iyonu salımı, yüzeyden yıkanma mekanizmasıyla gerçekleşmektedir. Gözenek ve çatlaklardan difüzyon yolu ile oluşan florid salımı ise, daha az ancak daha sabit düzeyde ve ilk günden sonraki günlerde gözlenmektedir (Çapan ve Akyüz 2016). Hacimden difüzyonun ise, örneklerin olgunlaşması sürecinde gerçekleşen ve uzun dönem sürekliliği olan bir florid salım mekanizması olduğu belirlenmiştir (Dionysopoulos ve ark. 2003, Forsten 1998).

Yapılan çalışmalarda GCİS'in başlangıçta görülen yüksek miktardaki florid salımının 24-72 saat sonra hızlıca azaldığı, 10-20 gün içinde sabit bir düzeye yaklaştığı ve üç ila dört hafta sonra minimum seviyeye ulaştığı bildirilmiştir (Roberson ve ark. 2006, Yap ve ark. 2002b, Vermeersch ve ark. 2001, Eliades ve ark. 1998).

Vermeersch ve ark. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, Ketac-Fil Aplicap (GCİS), Ketac Molar (YVCİS), Fuji II (GCİS), Hi Fi (GCİS), Hi Dens (Kapsül formunda gümüş içerikli CİS), Fuji IX (YVCİS), Photac-Fil Aplicap (RMCİS), Fuji II LC (RMCİS), Fuji II LC improved (RMCİS), Vitremer (RMCİS), Dyract (PMKR), Compoglass (PMKR), Tetric (KR), Heliomolar (KR) materyallerinin florid salım konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, GCİS'lerin RMCİS'lara göre daha fazla miktarda florid saldığı ve sırasıyla PMKR'lerin ve KR'lerin florid salım miktarı gösterdiği bildirilmiştir.

Nigam ve ark. (2009) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Shofu-FX (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Dyract (PMKR), Heliomolar (KR) kullanılarak, materyallerin florid salım konsantrasyonları deiyonize su, yapay tükürük ve pH siklusu içerisinde olmak üzere 3 farklı ortamda bekletildikten sonra ölçülmüştür. Çalışma sonucunda,

üç grupta da deney periyodu boyunca Shofu-FX'un florid salım konsantrasyonunun Fuji II LC'ye kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,001$ ).

Gui ve ark. (2015)'nin çalışmasında, Fuji VII (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Beautifil (Gİ), Compoglass F (PMKR), Charisma (KR), Experimental I (florid salabilen KR) materyallerinin florid salım konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde en yüksek konsantrasyonda florid salımı gösteren materyalin Fuji VII olduğu gözlemlenmiş olup, bunu Fuji II LC takip etmektedir ( $p<0,05$ ). Beautifil'in Fuji VII ve Fuji II LC'ye kıyasla, daha düşük konsantrasyonda florid salımı gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,01$ ). Bu sonuçlar, bizim çalışmamızın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Araştırmamızın sonucunda, İonofil U (GCİS)'nin 1. ve 2. günlerde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde diğer materyallerden daha fazla miktarda florid salımı gösterdiği ( $p<0,05$ ); İonofil U'nun florid salım konsantrasyonunun tüm deney periyodu boyunca Photac Fil Quick Aplicap'a kıyasla, daha yüksek olduğu bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

RMCİS'lar CİS'ların florid salımı ve yeniden yüklenebilme özellikleri gibi avantajlarını kaybetmemişlerdir. (Khoroushi ve Keshani 2013). Florid salımından sorumlu olan asit-baz reaksiyonu, toz ve likit karıştırıldıktan sonra başlamakta olup, mekanizması GCİS'ların asit-baz reaksiyonunun mekanizmasıyla aynıdır. (Kanık ve Türkün 2016, Dayangaç 2000). Wilson (1990) florid iyonu salım miktarının, simanın içerdiği suyun bir kısmının rezinle yer değiştirmesine, restoratif materyalin içerdiği florid miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini bildirmiştir. RMCİS'lar genellikle GCİS'lar kadar florid salım potansiyeline sahiplerdir. Ancak, florid salım konsantrasyonları florid bileşikleri ve bu bileşiklerin poliakrilik asit ile reaksiyona girmesi, aynı zamanda materyalin içerdiği rezinin tipi ve miktarına göre değişmektedir (Tjandrawinata ve ark. 2004, Momoi ve McCabe 1993).

Florid salım potansiyeli; gerekli iyon hareketinin sağlanmasında suyun emilmesi için polimerize olmuş rezin matriksin hidrofilitik doğasına ve cam partiküllerle reaksiyona girebilmeleri için monomer komponentlerin yapısal asiditelerine de bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Bertacchini ve ark. 1999). Ayrıca silanizasyon yoluyla

geliştirilmiş doldurucu-matriks ilişkisi, cam doldurucuların yüzey modifikasyonunu içermektedir ve bu da florid iyonu salımını geciktirebilmektedir. Dolayısıyla materyalin yapısında bulunan rezin miktarı, rezinin tipi, rezinin hidrofilik ya da hidrofobik yapıda olması ve doldurucuların özellikleri materyalin florid salımında önem arz etmektedir (Bertacchini ve ark. 1999).

De Maeyer ve ark. (1998), camlara yapılan uygulamaların önemli olabileceğini belirtmişler, asitle yıkamanın ve silanizasyonun cam partiküllerin yüzeylerini etkilediğini böylece florid salımında bir gecikme olduğunu, bunun yanında işlem yapılmamış olan camların daha hızlı bir başlangıç florid salımı yaptıklarını gözlemlemişlerdir. Silan film tabakası cam yüzeyinde asit solüsyonu için bir difüzyon bariyeri gibi rol alarak florid salımını yavaşlatmaktadır (De Maeyer ve ark. 1998).

Diaz-Arnold ve ark. (1995) CİS'lerin kısa dönem florid salımı ve yeniden yüklenme özelliklerini değerlendirdikleri ve Photac Fil Quick Aplicap'ın da kullanılan materyaller arasında olduğu araştırmalarında, GCİS'in 24 saatlik saklama sonrası diğer materyallerden daha yüksek konsantrasyonda florid saldıgını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, cam tozunun florid içeriğinin bu farktan sorumlu olabileceğini belirtmişlerdir.

Fuji VII (GCİS) ve Fuji II LC (RMCİS) materyalleri kullanılarak yapılan bir in vitro çalışmada, Fuji VII'nin tüm deney periyodu boyunca Fuji II LC'ye kıyasla daha fazla miktarda florid iyonu saldıgı gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ) (Rao ve ark. 2011).

RMCİS'lar gibi hibrit materyallerin metakrilat içeren bileşenlerinin de florid salımını etkileyebileceği belirtilmiştir (Vermeersch ve ark. 2001). Glasspoole ve ark. (2001) daha hidrofilik olan BisGMA/HEMA monomer sisteminin, BisGMA/TEGDMA sistemine göre artmış florid salım oranı sağladığını bildirmişlerdir; ancak TEGDMA gibi etkili bir çapraz bağlanma ajanının eksikliğine bağlı olarak materyalin fiziksel özelliklerinin olumsuz yönde etkilenebileceğini rapor etmişlerdir. Mathis ve Ferracane (1989) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda, polimerize olmuş materyallerin içerdikleri florid iyonlarının rezin matrisi tarafından sıkıca hapsedilmiş olabileceği belirlenmiştir. Bu durum sonucunda, RMCİS'ların florid salım hızının

GCİS'lere nazaran daha yavaş, florid salım konsantrasyonunun ise daha az miktarda olabileceği bildirilmiştir.

Bizim çalışmamızda, kullandığımız GCİS olan İonofil U'nun, Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS)'a nazaran daha fazla miktarda florid saldığı görülmüştür.

Bununla birlikte RMCİS materyallerinin GCİS'lar ile aynı yada GCİS'lardan daha yüksek florid saldığı bulgularan çalışmalar da vardır. Al-Naimi ve ark. (2008) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Reactmer (Gi), Fuji II LC (RMCİS), Ketac Fil Plus Aplicap (GCİS), Dyract AP (PMKR), Unifil-S (KR) kullanılarak, materyallerin florid salım konsantrasyonları ölçülerek karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Ketac Fil Plus Aplicap ve Fuji II LC'nin diğer üç materyalden tüm deney periyodu boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek miktarda florid iyonu saldığı tespit edilmiştir ( $p<0,001$ ). İlk 2 gün boyunca Fuji II LC nin florid salım konsantrasyonunun Ketac Fil Plus Aplicap'a kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, tüm deney periyodu boyunca Ketac Fil Plus Aplicap ve Fuji II LC'nin florid salım konsantrasyonunun Reactmer'e kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde, daha yüksek olduğu bulgulanmıştır ( $p<0,001$ ).

Weidlich ve ark. (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, Fuji IX (YVCİS), Chelon Fil (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Vitremer (RMCİS), Heliomolar (KR), Z-100 (KR) materyallerinin florid salım konsantrasyonları ölçülmüştür. Fuji II LC, Vitremer, Fuji IX ve Chelon Fil materyallerinin ilk gün diğer günlere kıyasla maksimum düzeyde florid salım gösterdikleri ve ortalama florid salım konsantrasyonlarının zamanla azaldığı tespit edilmiştir. Vitremer, Fuji II LC, Fuji IX ve Chelon Fil'in benzer miktarlarda florid iyonu saldığı gözlemlenmiştir.

Fuji VII (GCİS), Vitremer (RMCİS), Beautifil (Gİ), Dyract (PMKR), Tetric Ceram (florid salan KR) materyallerinin florid salım konsantrasyonlarının değerlendirildiği bir çalışmada; Vitremer'in florid salımının Fuji VII'ye kıyasla daha yüksek miktarda olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni, Vitremer'in fiziksel olarak bir polimer ağının mevcudiyeti ile, asit-baz reaksiyonunun inhibe edilmesi ve böylece materyalin

daha uzun süre geçirgen hale gelerek, fazla miktarda florid iyonu salması şeklinde açıklanmaktadır (Gururaj ve ark. 2013).

Gao ve Smales (2001) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Ketac Molar (YVCİS), GI-1 (GCİS), FX (GCİS), Hi Dense (Gümüşle güçlendirilmiş GCİS), Photac Fil (RMCİS), Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS), Hytac Aplitip (PMKR), Compoglass F (PMKR), Z100 (KR) kullanılarak materyallerin florid salım konsantrasyonları ölçülmüştür. Z100 dışındaki materyallerin florid salım miktarı, ilk 2 gün boyunca en yüksek oranlarda olup, bu oranlar ikinci günden sonra hızlı bir şekilde azalmıştır. 2. günden sonra, Photac-Fil'in florid salım konsantrasyonunun, Ketac Molar, FX, Photac Fil Quick Aplicap ve Hytac Aplitip'e kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Giomerler CİS teknolojisini kullanan bir hibrit kompozit sınıfıdır. PMKR'lerden farklı olarak, floroalüminosilikat cam ürethan rezin içine katılmadan önce poliakrilik asit ile reaksiyona girmektedir (Mousavinasab ve Meyers 2009). Dolayısıyla, giomer önceden reaksiyona girmiş cam partikülleri ihtiva etmesinden dolayı, polimerizasyonu esnasında önemli oranda asit-baz reaksiyonu göstermemektedir (Mousavinasab ve Meyers 2009). Zafar (2013) tarafından yapılan çalışmada, Beautifil (Gİ) ve Fuji II LC (RMCİS)'in ilk üç günden sonra florid salım miktarlarının başlangıça göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azaldığı, Beautifil'in saldığı florid konsantrasyonunun Fuji II LC'ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Jingarwar ve ark. (2014) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Fuji II (GCİS), Ketac N100 (Nİ) ve Beautifil II (Gİ) materyallerinin florid salım konsantrasyonları 1, 7. ve 15. günlerde değerlendirilmiştir. 1. ve 7. günde en yüksek salım konsantrasyonunu Fuji II gösterirken, 1,7 ve 15. günlerde Fuji II'nin florid salım konsantrasyonunun Beautifil II'ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızın sonuçlarında da bu çalışmanın sonuçlarına paralel bir şekilde 1, 7 ve 14. günlerde İonofil U'nun florid salım konsantrasyonunun Beautifil II'ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).



Yapılan çalışmalar sonucunda, materyallerin polimerizasyonları esnasında su emilimi ile florid salım konsantrasyonlarının doğru orantılı olduğu görülmüştür (Harhash ve ark. 2017). Giomerler polimerizasyon sırasında önemli oranda asit baz reaksiyonu göstermediği için, su emilimi çok azdır (Mousavinasab ve Meyers 2009). Ayrıca, bu materyal yüksek oranda rezin faz içermektedir (Mousavinasab ve Meyers 2009). Bu nedenlerden dolayı, Giomerlerin florid salım konsantrasyonunun düşük olduğu bildirilmiştir. Giomerin uzun dönemli flor salımını inceleyen bir in vitro çalışmada, ilk birkaç günde flor salımının çok az olduğu, ancak 21 gün sonunda flor salımının anlamlı derecede arttığı rapor edilmiştir (Okuyama ve ark. 2006). Bizim çalışmamızın sonucunda, Beautifil II'nin florid salım konsantrasyonunun 21. günde 14. güne kıyasla 4 kat daha fazla arttığı; ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Bansal ve Bansal (2015) Fuji II (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Beautifil II (Gİ) ve Dyract (PMKR)'in florid salım konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Fuji II'nin florid salım konsantrasyonunun istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde Fuji II LC ve Beautifil II'den daha yüksek olduğu belirlenmiş olup ( $p<0,05$ ), Fuji II LC'nin florid salım konsantrasyonunun ise, Beautifil II'den daha fazla olduğu ( $p<0,05$ ) bildirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bütün materyallerin 1. günde ölçülen florid salım konsantrasyonlarının 7. ve 15. günlerde ölçülen değerlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızda da bu sonuca benzer şekilde, kullanılan bütün materyallerin 1. günde ölçülen florid salım konsantrasyonlarının 7. ve 14. günlerde ölçülen değerlere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Fuji IX (YVCİS), Ketac Molar Easymix (GCİS), Beautifil II (Gİ), Dyract Extra (PMKR) kullanılarak yapılan bir in vitro çalışmada, materyallerin florid salım konsantrasyonları 1, 3, 7 ve 14. günlerde ölçülmüştür. Araştırmanın sonuçlarına göre, tüm deney periyodu boyunca Fuji IX'un diğer materyallerden daha yüksek miktarda florid iyonu salmış olduğu belirlenmiştir ( $p<0,001$ ). Beautifil II ise, tüm deney periyodu boyunca çalışmada kullanılan diğer materyallere kıyasla, daha düşük konsantrasyonda florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,001$ ) (Choudhary ve ark. 2015)

Cam karbomer simanlar karbomize nano partiküller içermekte olup, cam iyonmer siman yapısında olan yeni bir üründür (Çapan ve Akyüz 2016). Literatürde cam karbomer simanla ilgili rapor edilen çalışma sayısı oldukça azdır. Yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak simanın fiziksel, mekanik ve kimyasal yapılarının test edilmesi üzerinedir (Altan ve ark. 2013). Cam karbomer simanın bileşimi klasik cam iyonmerden farklı olup, materyalin içerdiği nanopartiküller mekanik özellikleri geliştirmiştir ve daha hızlı florid salımını sağlamaktadır. (Çapan ve Akyüz 2016)

Cam karbomer simanlar, nano boyutlu toz partikülleri, hidroksiapatit ve floroapatit içermesi ile cam iyonmer simanlardan ayrılmaktadır. Nanopartikül teknolojisi ile mine benzeri yapıların oluşturulması amaçlanmıştır. Bu materyallerin yapısında bulunan kalsiyum floroapatit nanokristalleri remineralizasyonun sağlanması için çekirdek görevi yapabilmekte ve floroapatit oluşumunu indüklemektedir (Zainuddin ve ark. 2012). Cam karbomer siman kullanılmasının amacı, remineralizasyon sağlamak olup (Zainuddin ve ark. 2012), materyalin yapısında bulunan partiküller demineralize dental yapıların remineralizasyonunu indüklemektedir (Gorseta ve ark. 2017). Cam karbomer simanların remineralizasyon etkisinin, nano boyutlu floroapatit partikülleri tarafından hızlandırıldığı rapor edilmiştir (GCP Glass Crown Cement 2011).

Yapılan bir in vitro çalışmada, Beautifil II (Gİ), Cam karbomer (CK), Amalgomer CR, Dyract XP (PMKR) ve Fuji IX GP (YVCİS) olmak üzere toplam beş farklı restoratif materyal kullanılarak, materyallerin florid salımları, yüzey pürüzlülükleri ve bakteri retansiyonları değerlendirilmiştir (Bayrak ve ark. 2017). Tüm deney periyodu boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde en yüksek florid salımını Cam karbomer restoratif materyallerinin gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızda da, tüm deney periyodu boyunca cam karbomer simanın florid salım konsantrasyonunun Beautifil II'den istatistiksel olarak önemli bir şekilde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Küçükylmaz ve ark. (2017) Ketac N 100 (Nİ), GC Equia (YVCİS), Glass Fill (CK) restoratif materyallerin florür salım konsantrasyonlarını 1, 2, 4, 8, 15, 22, 29, 36, 43 ve 49. günlerde ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda en yüksek miktarda florür salımını, yüksek viskoziteli bir cam iyonmer siman olan GC Equia göstermiş olup, ikinci

sırada bir cam karbomer siman olan Glass Fill bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan restoratif materyallerin florür salımlarının, 2. günden 49. güne kadar nispeten düşük oranlarda devam ettiği görülmüştür (Küçükyılmaz ve ark. 2017). Bizim araştırmamız sonucunda da, bu çalışmanın sonuçlarına paralel olarak, Glass Fill'in florür salım konsantrasyonlarının 2. günden 28. güne kadar başlangıca göre düşük oranlarda devam ettiği bulgulanmıştır.

Yeni cam hibrit teknolojisi kullanılarak üretilmiş olan Equia Forte (CH), GCİS'in doldurucusunun içerisine çok ince ve reaktif cam partikülleri eklenerek elde edilmiş olup, bu şekilde matriks oluşumunun hızlanması ve artırılması hedeflenmiştir. Bu yeni cam hibrit teknolojisinin, materyalin içerdiği iyonların kullanılabilirliğini kolaylaştırdığı ve materyale fiziksel özellikleri artırılmış daha güçlü matriks yapı kazandırdığı, aşınma direncini ve florid salım konsantrasyonunu da artırdığı bildirilmiştir. İnce boyuttaki cam partiküllerinin temas yüzeyinin artması sağlanarak, likitle cam partikülleri temasa geçtiklerinde materyalin daha kolay polimerize olmasına ve daha hızlı florid iyonları salmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir (Al-Abdi ve ark. 2017, Equia Forte Fill 2016).

Çalışmamızda Equia Forte'un 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 ve 28. günlerde, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde diğer materyallerden daha yüksek konsantrasyonda florid salımı gösterdiği tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Literatürde Equia Forte ile ilgili rapor edilen çalışma sayısı oldukça azdır. Yapılan literatür taramasında materyalin florid salımı ile ilgili bir makaleye ulaşılamamıştır. Bu yüzden çalışma sonuçlarımız karşılaştırılamamaktadır.

Florid ajanlarının restoratif materyallere uygulanmasından sonra materyallerden florid salımının mekanizmasının açık bir şekilde ifade edilemediği bildirilmiştir (Bayrak ve ark. 2010, Gao ve ark. 2000, Preston ve ark. 1999a).

Floridle yeniden yükleme uygulamasında kullanılan materyalin bileşimi, permeabilitesi ve yapısında bulunan floridin formu, konsantrasyonu (Tinsley ve ark. 2003), difüzyonu ve yüzey enerjisindeki farklılıklar, materyallerin floridle yeniden yüklenebilmelerini ve salımlarını etkileyebilmektedir (Bayrak ve ark. 2010, Preston ve ark. 1999a). Asidik pH değerine sahip olan florid ajanlarının restoratif materyalin

yüzeyinde erozyona sebep olarak, materyalin yüzeyinde oluşan gözeneklere florid iyonlarının yerleşmesiyle de floridle yeniden yüklenebilmenin gerçekleşebileceği bildirilmiştir (Gao ve ark. 2000). Ayrıca, APF jelin visköz yapıda olmasından dolayı, restoratif materyallere uygulandıktan sonra, jelin materyalden deiyonize su ile tamamen uzaklaştırılması mümkün olmayıp, materyalin gözeneklerine ve çatlaklarına yerleşerek daha sonra salınabildiği düşünülmektedir (Choudhary ve ark. 2015, Gao ve ark. 2000).

Xu ve Burgess (2003), Dhull ve Nandlal (2011) tarafından çalışmalar sonucunda, florid salımı yüksek olan materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da, florid salımı yüksek olan materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin de yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Gui ve ark. (2015) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Fuji VII (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Beautifil (Gİ), Compoglass F (PMKR), Charisma (KR), Experimental I (florid salan KR) kullanılmış olup, materyallere floridli köpük uygulandıktan sonra yapılan florid konsantrasyonu ölçümlerinde, Fuji VII'nin diğer materyallerden daha fazla miktarda florid saldığı görülmüştür ( $p<0,05$ ). İkinci olarak yüksek miktarda florid iyonu salan materyalin ise, Fuji II LC olduğu belirlenmiş, Beautifil'in floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin Fuji VII ve Fuji II LC'ye kıyasla, daha düşük olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0,01$ ).

Gururaj ve ark. (2013) tarafından Fuji VII (GCİS), Vitremer (RMCİS), Beautifil (Gİ), Dyract (PMKR), Tetric Ceram (florid salan KR) materyallerinin karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, örneklere APF jel uygulanmış olup, materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi; Fuji VII>Vitremer>Dyract> Tetric Ceram >Beautifil şeklinde sıralanmıştır.

Yapılan bir in vitro çalışmada, Chemfil (GCİS) ve Ketac Fil (GCİS)'in floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin Photac Fil Aplicap (RMCİS) ve Vitremer (RMCİS)'e kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Preston ve ark. 2003).

Araştırmamızın sonucunda, İonofil U (GCİS)'nun 1. ve 2. günlerde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde diğer materyallerden daha fazla floridle yeniden

yüklenebilme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızda, yeniden yükleme sonrası ilk 24 saatte İonofil U'nun florid salım konsantrasyonunun Photac Fil Quick Aplicap'tan (RMCİS) daha yüksek olduğu görülmüş olup ( $p<0,05$ ), tüm deney periyodu boyunca Photac Fil Quick Aplicap'a kıyasla, İonofil U'nun daha yüksek salım yaptığı bulgulanmıştır ( $p<0,05$ ).

Gao ve Smales (2001) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Ketac Molar (YVCİS), GI-1 (GCİS), FX (GCİS), Hi Dense (Gümüşle güçlendirilmiş GCİS), Photac Fil (RMCİS), Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS), Hytac Aplutip (PMKR), Compoglass F (PMKR), Z100 (KR) kullanılarak örneklere APF jel uygulaması yapılmış ve Z100 dışındaki tüm materyallerin florid salım konsantrasyonunun yüksek oranda arttığı görülmüştür. Photac-Fil Quick Aplicap, FX, Ketac Molar ve Hytac Aplutip'a floridle yeniden yükleme işlemi yapıldıktan sonra materyallerin ortalama florid salım miktarının, APF jel uygulanmadan öncekine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da Photac-Fil Quick Aplicap ve İonofil U'ya floridle yeniden yüklenme işlemi uygulandıktan sonra materyallerin ortalama florid salım miktarlarının, başlangıçtakine kıyasla daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. Bu çalışmada, APF jel uygulandıktan sonra, Photac-Fil'in 1. haftadaki florid salım konsantrasyonunun Ketac Molar'a daha yüksek olduğu bildirilmiştir ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızda, deney periyodu boyunca İonofil U'nun intrinsik florid salım konsantrasyonunun Photac Fil Quick Aplicap'tan daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Küçükyılmaz ve ark. (2017) Ketac N 100 (Nİ), GC Equia (YVCİS), Glass Fill (CK) restoratif materyallerine % 1,23'lük APF jel uygulanması sonrasında materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerini in vitro koşullarda araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, örneklere 4 dakika boyunca % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra, örnekler ölçüm yapılana kadar deiyonize su içerisinde 4°C'da bekletilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek miktarda florür salımını, yüksek viskoziteli bir cam iyonomer siman olan GC Equia göstermiş olup, ikinci sırada bir cam karbomer siman olan GCP Glass Fill bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda Glass Fill'in floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin Küçükyılmaz ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmanın bulgularına kıyasla, daha yüksek oranda olduğu görülmektedir.

Materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmekte olup, yüksek sıcaklıkta materyallerin florid salımlarının ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Yan ve ark. 2007, Madhyastha ve ark. 2013). Bizim çalışmamızda da örneklerle 4 dakika boyunca % 1,23'lük APF jel uygulanmıştır; ancak örnekler ölçüm yapılanaya kadar ve deney boyunca 37°C'da bekletilmiştir. Bulgulardaki farklılığın bu sebeple olduğu düşünülmektedir.

Giomerler polimerizasyon sırasında önemli oranda asit baz reaksiyonu göstermediği için, su emilimi çok azdır (Mousavinasab ve Meyers 2009). Ayrıca, bu materyal yüksek oranda rezin faz içermektedir (Mousavinasab ve Meyers 2009). Bu nedenlerden dolayı, Giomerlerin florid salım konsantrasyonu düşüktür. Xu ve Burgess (2003), Dhull ve Nandlal (2011) tarafından çalışmalar sonucunda, florid salımı yüksek olan materyallerin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Beautifil II'nin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi de düşüktür.

Fuji IX (YVCİS), Ketac Molar Easymix (GCİS), Beautifil II (Gİ), Dyract Extra (PMKR) materyallerinin karşılaştırıldığı araştırmada; APF jel ve NaF uygulama sonrasında materyallerin florid salım konsantrasyonları 1, 3, 7 ve 14. günlerde ölçülmüş, tüm deney periyodu boyunca Fuji IX'un diğer materyallerden daha yüksek miktarda florid salmış olduğu belirlenmiştir ( $p<0,001$ ) (Choudhary ve ark. 2015). Bansal ve Bansal (2015) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Fuji II (GCİS), Fuji II LC (RMCİS), Beautifil II (Gİ) ve Dyract (PMKR) materyallerinin yeniden yükleme kapasitesi değerlendirilmiş, Fuji II'nin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin Fuji II LC ve Beautifil II'den daha yüksek olduğu ( $p<0,05$ ) belirlenmiş olup, Fuji II LC'nin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin ise, Beautifil II'den daha fazla olduğu bildirilmiştir ( $p<0,05$ ). Bu çalışmada kullanılan bütün materyallerin 1. günde ölçülen floridle yeniden yüklenebilme kapasitelerinin 7. ve 15. günlerde ölçülen değerlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bizim çalışmamızda da bu sonuca benzer şekilde, kullanılan bütün materyallerin 1. günde ölçülen floridle yeniden

yüklenebilme kapasitelerinin 7. ve 14. günlerde ölçülen değerlere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ).

Fuji II (GCİS), Ketac N100 (Nİ) ve Beautifil II (Gİ) materyallerinden elde edilen örneklere 4 dakika boyunca % 1,23'lük APF jel uygulandıktan sonra, materyallerin 1, 7 ve 15. günlerdeki florid salım konsantrasyonları ölçülmüştür. Fuji II'nin floridle yeniden yükleme yapıldıktan sonraki florid salım konsantrasyonunun Beautifil II'ye kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek miktarda olduğu bulgulanmıştır ( $p<0,05$ ) (Jingarwar ve ark. 2014). Choudhary ve ark. (2015) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, Fuji IX (YVCİS), Ketac Molar Easymix (GCİS), Beautifil II (Gİ), Dyract Extra (PMKR) kullanılarak, materyallerin yeniden yüklenebilme kapasitesi değerlendirilmiş, Beautifil II, tüm deney periyodu boyunca çalışmada kullanılan diğer materyallere kıyasla, daha düşük konsantrasyonda floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir ( $p<0,001$ ).

Tez çalışmamızda ilk iki gün boyunca İonofil U'nun floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin Equia Forte'a kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu görülmüş olup, diğer günlerde ise, Equia Forte'un florid salım konsantrasyonunun ve yeniden floridle yüklenebilme kapasitesinin İonofil U'ya kıyasla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda kullanılan her materyalden birer adet olmak üzere toplam 5 adet bitirme polisaj yapılmamış şeffaf bant altında bitirilen örnekler hazırlanmış olup, geri kalan bütün örneklere bitirme polisaj işlemleri yapılarak, materyallerin florid salım konsantrasyonları arasındaki fark incelenmiştir.

Araştırmamızın sonucunda, bitirme polisaj yapılmayan örneklerin istatistiksel olarak karşılaştırılması yapılamamış olsa da; florid salım konsantrasyonlarının ve yeniden yüklenebilme kapasitelerinin, bitirme polisaj yapılan örneklere kıyasla daha az miktarda olduğu görülmüştür. Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü ile florid salım konsantrasyonu doğrudan ilişkili olup, pürüzlü yüzeylerin materyalin yüzey alanını arttırarak florid salım konsantrasyonunu arttıracığı bildirilmiştir (Hadley ve ark. 2001, Hadley ve ark. 2000). Şeffaf bant altında bitirilen rezin içerikli restoratif materyallerin en pürüzsüz yüzeye sahip olduğu rapor edilmiştir (Bala ve ark. 2012,

Türkün ve Türkün 2004, Yap ve ark. 2004, Pedrini ve ark. 2003). Nemen ve ark. (2008) tarafından yapılan in vitro bir çalışmada, bitirme ve polisaj yapılmış ve yapılmamış olan florid salabilen rezin kompozitlerin florid salım konsantrasyonları karşılaştırılmış; bitirme ve polisaj yapılmayan materyallerin florid salım konsantrasyonlarının daha az miktarda olduğu görülmüştür.

Equia Forte, yeni jenerasyon bir cam hibrit restoratif materyaldir. Henüz birkaç yıl önce tanıtılmış olan bu materyalin mekanik özelliklerini araştıran çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte, tez çalışmamız Equia Forte'un florid salımı ve yeniden yüklenebilme özelliklerini araştıran ilk çalışmadır. Bu materyal ile ilgili yapılan araştırmaların umut vaadeden sonuçlar verdiği görülmektedir. Bizim çalışmamızda, İonofil U'nun ilk iki gün maksimum düzeyde florid iyonu salmasına rağmen, daha sonraki günlerde deney periyodu boyunca Equia Forte'un diğer materyallerden daha yüksek oranda florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi gösterdiği saptanmıştır. Equia Forte'un günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda olumlu fiziksel-mekanik özellikler göstermesi, florid salımının ve floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin yüksek olması nedeniyle, çocuk diş hekimliğinde uzun yıllardır devam eden florid salabilen ve yeterli mekanik özelliklere sahip materyal arayışında bir alternatif olabileceği düşüncesindeyiz.

Çalışmamızda Equia Forte dışındaki bütün materyallerden daha iyi florid salımı ve floridle yeniden yüklenebilme özelliği gösteren Glass Fill'in de, içeriğindeki nanopartiküllerin sahip olduğu yüksek remineralize edici etkisine ilave olarak gösterdiği yüksek florid salma özelliği ile çürük aktif çocuklar için iyi bir restoratif materyal alternatifi olabileceği düşünülmektedir. Ancak bu materyallerin çocuk diş hekimliğinde rutin kullanımını tavsiye edebilmek için yapılacak in vitro ve in vivo çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.



## SONUÇLAR

- ✓ Bu tez çalışmasında İonofil U (GCİS), Equia Forte (CH), Glass Fill (CK), Photac Fil Quick Aplicap (RMCİS), Beautifil II (Gİ) materyallerinin ilk hafta her gün (1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.) ve daha sonra 14., 21., 28. günlerde florid salımları ölçülmüştür. İlk iki gün boyunca en yüksek florid salımını İonofil U göstermiş olup, florid salım miktarı zamanla azalmıştır (Şekil 3.1) ( $p<0,05$ ).
- ✓ İonofil U, ilk iki gün boyunca yüksek miktarlarda florid iyonu saldıktan sonra materyalin florid salım miktarının zamanla Equia Forte ve Glass Fill'e nazaran daha fazla oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 3.1, Şekil 3.2). Deney periyodu boyunca diğer günlerde Equia Forte'un en yüksek miktarda florid iyonu saldığı saptanmıştır ( $p<0,05$ ).
- ✓ Deney periyodu boyunca Glass Fill; Photac Fil Quick Aplicap ve Beautifil II'ye kıyasla daha yüksek konsantrasyonda florid iyonu salmıştır ( $p<0,05$ ). Beautifil II'nin florid salım konsantrasyonunun ise, deney periyodu boyunca diğer materyallerden daha düşük olduğu bulgulanmıştır ( $p<0,05$ ).
- ✓ Çalışmamızda, 28. günde örneklere % 1,23'lük APF jel uygulanarak ilk hafta her gün (1.,2.,3.,4.,5.,6.,7.) ve daha sonra 14., 21., 28. günlerde materyallerin florid salım konsantrasyonları ölçülerek, floridle yeniden yüklenebilme kapasiteleri değerlendirilmiştir.
- ✓ İlk iki gün boyunca en yüksek floridle yeniden yüklenebilme kapasitesini İonofil U göstermiştir (Şekil 3.3) ( $p<0,05$ ).
- ✓ Deney periyodu boyunca diğer günlerde floridle yeniden yüklenebilme kapasitesi en yüksek olan materyalin Equia Forte olduğu saptanmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4) ( $p<0,05$ ).
- ✓ Deney periyodu boyunca Glass Fill'in floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin Photac Fil Quick Aplicap ve Beautifil II'ye kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Beautifil II'nin floridle yeniden yüklenebilme kapasitesinin deney periyodu boyunca diğer materyallerden daha düşük olduğu bulgulanmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4) ( $p<0,05$ ).
- ✓ Materyallere APF jel uygulaması yapıldıktan sonra bütün materyallerin florid salım konsantrasyonunun başlangıçtakine nazaran yaklaşık olarak 1,5 kat arttığı

görülmüştür. Materyallerin florid salımının ilk iki günde hızlı bir şekilde azaldığı belirlenmiştir.

- ✓ Bitirme ve polisaj yapılmayan örneklerin florid salım konsantrasyonlarının, bitirme polisaj yapılan örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.



## KAYNAKLAR

- ABDEL-KARIM UM, EL-ERAKY M, ETMAN WM. (2014) Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites. *Tanta Dental Journal*, 11, 213-222.
- ABDUL QUADER SM, SHAMSUL ALAM M, BASHAR AKM, ABDUL GAFUR AL-MANSUR MA. (2012) Compressive Strength, Floride Release and Recharge of Giomer. *Updat Dent. Coll J*, 2(2), 28-37.
- ABDUO J, SWAIN M. (2011) Self-reparability of glassionomer cements: an in vitro investigation. *Eur J Oral Sci*, 119, 187–91.
- ADA. (2002) Division of science in cooperation with the journal of the american dental association. Topical floride for office use. *J Am Dent Assoc*, 133, 502-503.
- ADAIR SM, WHITFORD GM, HANES CM. (1994) In vitro effect of human saliva on the output of floride from controlled-release devices. *Pediatr Dent.*, 16(6), 410-2.
- AL-ABDI A, PARIS S, SCHWENDICKE F. (2017) Glass hybrid, but not calcium hydroxide, remineralized artificial residual caries lesions in vitro. *Clin Oral Invest*, 21, 389–396.
- AL-ANGARI SS, HARA AT, CHU TM, PLATT J, ECKERT G, COOK NB. (2014) Physicomechanical properties of a zinc-reinforced glass ionomer restorative material. *J Oral Sci.*, 56(1), 11-6.
- ALEXANDER SA, RIPA LW. (2000) Effects of Self-Applied Topical Floride Preparations in Orthodontic Patients. *Angle Orthod*, 70, 424-30.
- AL-NAİMİ OT, ITOTA T, HOBSON RS, MCCABE JF. (2008) Floride release for restorative materials and its effect on biofilm formation in natural saliva. *J Mater Sci Mater Med.*, 19(3), 1243-8.
- ALTAN H, ALTAN A, ARSLANOĞLU Z. (2013) Glass Ionomer Cement, Derivates and Glass Carbomer Cement. *Journal of Clinical Sciences*, 6(4), 1319-1322.
- ALTAY N, ATAÇ A, DOLGUN G, ALPAR R. (1999) Floride release and rechargeable properties of glass ionomer cements: twelve months evaluation. *H.Ü. Diş Hek Fak Derg*, 23, 38-43.
- ALTENBURGER MJ, SCHIRMEISTER JF, LUSSI A, KLASSER M, HELLWIG E. (2009) In-situ floride retention and remineralization of incipient carious lesions 01after the application of different concentrations of floride. *Eur J Oral Sci.*,117, 58-63.

- AMALGOMER. (2003) Kullanım Broşürü. Erişim adresi: (<http://Downloads/AMALGOMER.pdf>). Erişim tarihi: 10.10.2017.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY. (2014) Guideline On Floride Therapy, 37(6), 176-179.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY. (2012) Guideline on Pediatric Restorative Dentistry. *Pediatr Dent*, 37, 15-16.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRIC DENTISTRY. (2015-2016) Guideline on Restorative Dentistry. *Clinical Practice Guidelines*, 37(6).
- AMINABADI NA, BALAEI E, POURALIBABA F. (2007) The effect of 0,2% sodium floride mouthwash in prevention of dental caries according to the DMFT index. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 1, 71-76.
- ANA ID, MATSUYA S, OHTA M, ISHIKAWA K. (2003) Effects of added bioactive glass on the setting and mechanical properties of resin-modified glass ionomer cement. *Biomaterials*, 24, 3061-7.
- ARBABZADEH-ZAVAREH F, GIBBS T, MEYERS IA, BOUZARÍ M, MORTAZAVÍ S, WALSH LJ. (2012) Recharge pattern of contemporary glass ionomer restoratives. *Dent Res J (Isfahan)*, 9, 139-45.
- ASMUSSEN E, PEUTZFELDT A. (2003) Light-emitting diode curing: influence on selected properties of resin composites. *Quintessence Int.*, 34, 71-75.
- ATTAR N, TURGUT MD. (2003) Floride release and uptake capacities of floride-releasing restorative materials. *Oper Dent*, 28(4), 395-402.
- ATTIN T, BUCHALLA W, SIEWERT C, HELLWIG E. (1999) Floride release/uptake of poliacid-modified resin composites (compomer) in neutral and acidic buffer solutions. *J Oral Rehabil*, 26, 388-393.
- AYDIN A, TAŞTEKİN M. (2002) Florid tayini için iyon seçici elektrot kullanılması. Ankara Üniv. Kimya Anabilim Dalı Dönem Projesi.
- BADR S.B.Y, IBRAHİM M.A, BANNA M.E. (2013) Compressive Strength and Compressive Fatigue Limit behavior of Two Floride releasing materials. *Advances in Medical Sciences*, 2 (3), 030-036.
- BAĞLAR S. (2010) Floridlü gargaralarla diş minesinin reaksiyon kinetiğine sıcaklığın etkisi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- BAIG MS, FLEMING GJ. (2015) Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *Journal of Dentistry*, 43(8), 897-912.

- BALA O, ARISU HD, YIKILGAN I, ARSLAN S, GULLU A. (2012) Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *European Journal of Dentistry*, 6(1), 79-86.
- BALA O, ÜÇTAŞLI MB, TÜZ MA. (2005) Barcoll hardness of different resin based composites cured by halogen or light emitting diode (LED). *Oper Dent*, 30, 69-74.
- BALA O. (1998). Poliasit-Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler): Literatür Taraması. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi DerGİsi*, 1(2), 113-118.
- BALOGH FA, MIRZA AJ, BALOGH D. (2010) An in-vitro study to compare the microhardness of glass ionomer cement set conventionally versus set under ultrasonic waves. *International Journal of Health Sciences*, 4, 149-55.
- BANSAL R, BANSAL T. (2015) A Comparative Evaluation of the Amount of Floride Release and ReRelease after RecharGİng from Aesthetic Restorative Materials: An in vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(8), 11-14.
- BARIKER RH, MANDROLI PS. (2017) An in-vitro evaluation of antibacterial effect of Amalgomer CR and Fuji VII against bacteria causing severe early childhood caries. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.*, 34(1):23-9.
- BASSO M, BRAMBILLA E, BENITES MG, GIOVANNARDI M, IONESCU AC.(2015) Glassionomer cement for permanent dental restorations: a 48-months, multi-centre, prospective clinical trial. *Stoma Edu J*, 2(1), 25-35.
- BAYRAK GD, SANDALLI N, SELVİ KUVVETLİ S, TOPCUOGLU N, KULEKCI G. (2017) Effect of two different polishing systems on floride release, surface roughness and bacterial adhesion of newly developed restorative materials. *J Esthet Restor Dent.*, 12, 29(6), 424-434.
- BAYRAK S, TUNC ES, AKSOY A, ERTAS E, GUVENC D, OZER S. (2010) Floride Release and Recharge from Different Materials Used as Fissure Sealants. *European Journal of Dentistry*, 4, 245-250.
- BELTRÁN-AGUILAR ED, GOLDSTEIN JW, LOCKWOOD SA. (2000) Floride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc*, 131(5), 589-596.
- BENNETT A, WATTA DC. (2004) Performance of two blue light emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. *Dent Mater*, 20, 72-79.
- BERG JH (1998). The continuum of restorative materials in pediatric dentistry--a review for the clinician. *Pediatr Dent*. 20(2), 93-100.
- BERG JH. (2002) Glass ionomer cements. *Pediatr Dent*, 24, 430-438.

- BERTACCHINI SM, ABATE PF, BLANK A, BAGLIETO MF, MACCHI RL. (1999) Solubility and fluoride release in ionomers and compomers. *Quintessence Int*, 30, 193-197.
- BERZINS DW, ABEY S, COSTACHE MC, WILKIE CA. (2010) Roberts, H.W. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J. Dent. Res*, 89, 82-86.
- BHATIA HP, SINGH S, SOOD S, SHARMA N. (2017) A Comparative Evaluation of Sorption, Solubility, and Compressive Strength of Three Different Glass Ionomer Cements in Artificial Saliva: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*, 10(1), 49-54.
- BIJELLA MF, BRIGHENTI FL, BIJELLA MF, BUZALOF M.A. (2005a) Fluoride kinetics in saliva after the use of a fluoride-containing chewing gum. *Braz Oral Res*, 19, 1-9.
- BIJELLA MF, BRIGHENTI, FL, BUZALOF MA. (2005b) Fluoride kinetics in saliva after the use of a fluoride-releasing systems. *Pediatr Dent*, 20, 17-24.
- BILGIN Z, OZALP N. (1988) Fluoride release from three different types of glass ionomer cements after exposures to NaF solution and APF gel. *J Clin Pediatr Dent*, 22(3), 237-241.
- BILLINGTON R. (2004) Glass ionomers come of age. *The Dentist*, 2-3.
- BONIFÁCIO CC, VAN AMERONGEN WE, MESCHINI TG, RAGGIO DP, BONECKER M (2010). Flowable glass ionomer cement as a liner: improving marginal adaptation of atraumatic restorative treatment restorations. *J Dent Children*. 77(1), 12-6.
- BOTSALI MS, TOKAY U, ÖZMEN B, ÇORTCU M, KOYUTÜRK AE, KAHVECİOĞLU F. (2016) Effect of new innovative restorative carbomised glass cement on intrapulpal temperature rise: an ex-vivo study. *Braz Oral Res*, 30, 1-7.
- BOUILLAGUET S, GAMBA J, FORCHELET J, KREJCI I, WATAHA JC. (2006). Dynamics of composite polymerization mediates the development of cuspal strain. *Dent Mater*. 22, 896-902.
- BRITO CR, VELASCO LG, BONINI GAVC, IMPARATO JCP VE RAGGIO DP. (2010) Glass ionomer cement hardness after different materials for surface protection. *Journal of Biomedical Materials Research- Part A*, 93 (1), 243-246.
- BUCHALLA W, ATTIN T, SCHULTE-MONTING J, HELLWIG E. (2002) Fluoride uptake, retention, and remineralization efficacy of a highly concentrated fluoride solution on enamel lesions in situ. *J Dent Res*, 81, 329-333.

- BUERGERS R, SCHNEIDER-BRACHERT W, HAHNEL S, ROSENTRITT M, HANDEL G. (2009). Streptococcal adhesion to novel low-shrink silorane-based restorative. *Dent Mater*, 25, 269-75.
- BURGESS O, CAKIR D. Materials selection for direct posterior restoratives. [http://www.ineedce.com/courses/2067/pdf/1108cei\\_dentsply\\_restoratives.pdf](http://www.ineedce.com/courses/2067/pdf/1108cei_dentsply_restoratives.pdf). Erişim tarihi: 23 Ekim 2015.
- BURKE FJ, FLEMING GJ, OWEN FJ, WATSON DJ. (2002). Materials for restorations of primary teeth: 2. Glass ionomer derivates and compomers. *Dent Update*, 29, 10-4, 16-7.
- BURKE FM, RAY NJ, MCCONNELL R (2006). Floride-containing restorative materials. *Int Dent J*. 56, 33-43.
- BURRELL KH, CHAN JT. (2000) Systemic and topical florides. In: Ciancio SG, ed. *ADA guide to dental therapeutics*. 2nd ed. Chicago: ADA Publishing, 230-41.
- BUZALAF M. (2011) Floride and the Oral Environment. *Monogr Oral Sci. Base I: KARGER*, 22, 66-80.
- CABRAL MFC, MARTINHO RLM, GUEDES-NETO MV, REBELO MAB, PONTES DG, COHEN-CARNEIRO F. (2015) Do conventional glass ionomer cements release more floride than resin-modified glass ionomer cements? *The Korean Academy of Conservative Dentistry*, 209-215.
- CAREY CM, BRIGHT A, SPENCER M, SHORE NA. (2000) pH influences floride release from glass ionomer cements. *Journal of Dental Research*, 79, 358, Abstract #1714.
- CAREY CM, SPENCER M, GOVE RJ, EICHMILLER FC. (2003) Floride release from a resin-modified glass-ionomer cement in a continuous-flow system. Effect of pH. *J Dent Res.*, 82(10), 829-32.
- CASTRO A, FEIGAL RE. (2002) Microleakage of a new improved glass ionomer restorative material in primary and permanent teeth. *Pediatr Dent*, 24(1), 23-8.
- CHEN X, DU M, FAN M, MULDER J, HUYSMANS MC, FRENCKEN JE. (2012a) Effectiveness of two new types of sealants: retention after 2 years, 16, 1443-1450.
- CHEN X, DU MQ, FAN MW, MULDER J, HUYSMANS MC, FRENCKEN JE. (2012b) Caries preventive effect of sealants produced with altered glass ionomer materials, after 2 years. *Dental Materials*, 28, 554-60.
- CHOUDHARY HV, TANDON S, RATHORE M, GOPAL K, TIWARI N. (2015) Floride release and uptake by glass ionomer cements, polyacis modified composite resin and giomer –an in vitro assessment. *IJOCR*, 3(1), 68-74.

- CLARKSON JJ, MCLOUGHLIN J. (2000) Role of fluoride in oral health promotion. *Int Dent J*, 50(3): 119-128.
- COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT. (1985) Visible light cured composites and activating units. *J Am Dent Assoc.*, 110, 100-103.
- CRAIG RG, POWERS JM. (2002) Bonding to dental substrates. In: *Restorative dental materials*. Eleven edition. St. Louis, USA: Mosby, 259-86.
- CRAIG RG. (2002) *Restorative dental materials*. 11th edition, Mosby, London, UK.
- CROLL TP, NICHOLSON JW. (2002) Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent*, 24, 423-9.
- CROWLEY CM, DOYLE J, TOWLER MR, HILL RG, HAMPSHIRE S (2006). The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent*. 34, 566-573.
- CZARNECKA B, NICHOLSON JW. (2006) Ion release by resin-modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. *J. Dent*, 34, 539–543.
- ÇAKIR FY, TURKUN LŞ, GURGAN S. (2013) Minimal Girişimsel Yaklaşımlarda Kullanılan Estetik Restoratif Materyaller. *Dental Klinik DerGİsi*, 3, 26-30.
- ÇAKIR İ, ÇAKMAKÇI ML. (2004) Probiyotikler: Tanımı, etki mekanizması, seçi ve güvenilirlik kriterleri. *GIDA*, 29(6), 427-434.
- ÇAPAN BŞ, AKYÜZ S (2016). Current Fluoride-releasing Restorative Materials Used in Pediatric Dentistry. *Clin Exp Health Sci*, 6(3), 129-134.
- ÇEHRELİ SB, TIRALI RE, YALÇINKAYA Z, ÇEHRELİ ZC. (2013) Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *European Journal of Dentistry*, 7, 15-21.
- ÇEHRELİ Z.C, YAZICI R, GARCIA-GODOY F. (2000). Effect of 1,23 percent APF gel on fluoride-releasing restorative materials. *J Dent Child*. 65(5), 330-337.
- ÇELİK EU, ERMİŞ RB. (2008) Koruyucu rezin uygulamasının yüksek viskoziteli geleneksel cam iyonomer simanın mikrosertliği üzerine etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi DerGİsi*, 11, 2.
- ÇILDIR ŞK, SANDALLI N. (2005) Fluoride release/uptake glass ionomer cements and polyacid-modified composite resins. *Dental Materials Journal*, 24(1), 92-97.



- DAVIES EH, SEFTON J, WILSON AD. (1993) Preliminary study of factors affecting the fluoride release from glass-ionomer cement. *Biomaterials*, 14(8), 636-639.
- DAVIDSON CL (2006) Advances in glass-ionomer cements. *J Appl Oral Sci*, 14, 3-9.
- DAYANGAÇ B. (2000) Kompozit Rezin Restorasyonlar, Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara p:1-20, 74-84.
- DE A SILVA MF, GÜNİGER MS, ZHANG YP, DEVIZIO W. (2004) The effect of a triclosan/copolymer/fluoride liquid dentrifice on interproximal enamel remineralization and fluoride uptake. *J Am Dent Assoc*, 135, 1023-1029.
- DE CALUWE T, VERCRUYSSSE C.W, FRAEYMAN S, VERBEECK R.M. (2014) The influence of particle size and fluorine content of aluminosilicate glass on the glass ionomer cement properties. *Dent. Mater*, 30, 1029–1038.
- DE MAEYER EAP, VERBEECK RMH, VERCRUYSSSE CWJ. (1998) Reactivity of fluoride-containing calcium aluminosilicate glasses used in dental glass-ionomer cements. *J Dent Res*, 77(12), 2005-2011.
- DE MAEYER EAP, VERBEECK RMH, VERCRUYSSSE CWJ. (1999) Stoichiometry of the leaching process of the fluoride-containing aluminosilicate glass-ionomer glasses. *J Dent Res*, 78(7), 1312-1318.
- DE MOOR RJ, VERBEECK RM, DE MAEYER EA. (1996) Fluoride release profiles of restorative glass ionomer formulations. *Dent Mater*, 12, 88-95.
- DE WITTE AMJC, DE MAEYER EAP, VERBEECK RMH, MARTENS LC. (2000) Fluoride release profiles of mature restorative glass ionomer cements after fluoride application. *Biomaterials*, 21, 475-482.
- DEAN JA, AVERY DR, MCDONALD RE. (2011) McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. Ninth edit. Missouri, Mosby Elsevier Inc. pp, 192-201.
- DEBARRA E, HILL RG. (2000) Influence of glass composition on the properties of glass polyalknoate cements. Part III. Influence of fluorite content. *Biomaterials*, 21, 563–569.
- DEBB S, NICHOLSON JW. (1999) The effect of strontium oxide in glass-ionomer cements. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 10, 471–474.
- DEEPA G, SHOBHA TA. (2010) Clinical evaluation of two glass ionomer cements in primary molars using atraumatic restorative treatment technique in India: 1 year follow up. *Int J Paediatr Dent*, 20(6), 410-8.

- DELBEM AC, PEDRINI D, FRANCA JG, MACHADO T.M. (2005) Floride release/recharge from restorative materials-effect of floride gels and time. *Operative Dentistry*, 30(6), 690-695.
- DEMIRCI M, YILDIZ E, UYSAL Ö. (2008) Comparative Clinical Evaluation of Different Treatment Approaches Using a Microfilled Resin Composite and a Compomer in Class III Cavities: Two-year Results. *Operative Dentistry*. 33-1, 7-14.
- DEMİREL Ü, DELİBAŞI T, AREN G. (2012) Sulardaki yüksek florid içeriğinin farklı vücut bölümlerine etkisi. *İÜ Diş Hek Fak Derg.*, 46(3), 79-90.
- DHAR V, HSU KL, COLL JA, GINSBERG E, BALL BM, CHIBBER S, JOHNSON M, KIM M, MODARESI N, TINANOFF N (2015). Evidence-based Update of Pediatric Dental Restorative Procedures: Dental Materials. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39(4).
- DHONT CL, DE MAEYER EAP, VERBEECK RMH. (2001) Floride release from glass ionomer activated with floride solutions. *J Dent Res*, 80(5), 1402-1406.
- DHULL KS, NANDLAL B (2011). Effect of low-concentration daily topical floride application on floride release of Glomer and compomer: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 29, 39-45.
- DIONYSOPOULOS D, KOLINIOTOU-KOUMPIA E, HELVATZOGLOU-ANTONIADES M, KOTSANOS N. (2013) Floride release and recharge abilities of contemporary floride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dental Materials Journal*, 32(2), 296–304.
- DIAZ-ARNOLD AM, HOLMES DC, WISTROM DW, SWIFT EJ. (1995) Short term floride release/uptake of glass ionomer restoratives. *Dental Materials*, 11(2), 96-101.
- DIONYSOPOULOS D, KOLINIOTOU-KOUMPIA E, HELVATZOGLOU-ANTONIADES M, KOTSANOS N. (2013) Floride release and recharge abilities of contemporary floride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dent Mater*, 32, 296-304.
- DIONYSOPOULOS P, KOTSANOS N, PATARIDOU A. (2003) Floride release and uptake by four new floride releasing restorative materials. *J Oral Rehabil*, 30, 866-872.
- DIONYSOPOULOSA D. (2014) The effect of floride-releasing restorative materials on inhibition of secondary caries formation. *Floride*, 47(3), 258-65.
- DONLY KJ, NELSON JJ. (1997) Floride release of restorative materials exposed to a floridated dentifrice. *ASDC J Dent Child*, 64(4), 249-250.

- DOUGLAS A, SKOOG DM, WEST F, JAMES H, STANLEY RC. (2004) Yedinci Bölüm, Analitik Kimya Temel İlkeleri Kitabı, Kılıç E, Yılmaz H Ed. (Eds.) Sekizinci Baskı, Bilim Yayınları, Ankara, p:166.
- DOWLING AD, FLEMING GJP (2009). Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? J Dent. 37, 133-140.
- DOWLING AH, FLEMING GJP. (2007) The impact of montmorillonite clay addition on the in vitro wear resistance of a glass-ionomer restorative. Journal of Dentistry, 35, 309–317.
- DOWLING AH, FLEMING GJP. (2011a) The influence of polyacrylic acid number average molecular weight and concentration in solution on the compressive fracture strength and modulus of a glass-ionomer restorative. Dental Materials, 27, 535–543.
- DOWLING AH, FLEMING GJP. (2011b) Can polyacrylic acid molecular weight mixtures improve the compressive fracture strength and elastic modulus of a glass-ionomer restorative?. Dental Materials, 27, 1170–1179.
- DOWLING AH, SCHMITT WS, FLEMING GJP. (2014) Modification of titanium dioxide particles to reinforce glass-ionomer restoratives. Dental Materials, 30, 159–160.
- DOWLING AH, STAMBOULIS A, FLEMING GJP. (2006) The influence of montmorillonite clay reinforcement on the performance of a glass ionomer restorative. Journal of Dentistry, 34, 802–810.
- EGEMEN A, AKŞİT S. (1997) Flor ve çocuk sağlığındaki yeri. Ege Pediatr Bul., 4(3-4), 65-84.
- ELIADES G, KKABOURA A, PALAGHIAS G. (1998) Acid base reaction and fluoride release profiles in visible light cured polyacid modified composite restoratives (compomers). Dental Materials, 14(1) 57-63.
- ELIADES G. (1999) Chemical and Biological Properties of Glass-Ionomer Cements. In Davidson CL, Mjör IA. (Eds.). Advances in Glass-Ionomer Cements. 1th ed. Berlin: Quintessence Publishing Co, Inc, 85-102.
- ELSAKA SE, HAMOUDA IM, SWAIN MV. (2011) Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: Influence on physical and antibacterial properties. Journal of Dentistry, 39, 589–598.
- EPA. (2017) Method 9210A: Potentiometric Determination of Nitrate in Aqueous Samples with an Ion-Selective Electrode, Erişim Tarihi:12.10.2017
- EQUIA FORTE FILL. (2016) Kullanım Broşürü. Erişim adresi: (<http://Downloads/EQUIA® Forte.pdf>). Erişim tarihi: 05.03.2018.

- ERCAN E, BAĞLAR S, ÇOLAK H. (2010) Topical Fluoride Application Methods in Dentistry. Cumhuriyet Dental Journal, 13(1), 27-33.
- ERDEMİR U, SANCAKLI HS, YILDIZ E. (2012) The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. Eur J Dent, 6, 198-205.
- ERNST CP, MEYER GR, KLOCKER K, WILLERSHAUSEN B. (2004) Determination of polymerization shrinkage stress by means of a photoelastic investigation. Dent Mater, 20, 313-21.
- ERONAT N, KOCATAŞ N, ALPOZ AR. (1999) A comparative study of fluoride uptake from dentin bonding agents and glass-ionomer cements in permanent and primary tooth enamel. Quintessence Int, 30, 496-500.
- ERONAT N, YILMAZ E, KARA N, AK AT. (2014) Comparative evaluation of microleakage of nano-filled resin-modified glass ionomer: An in vitro study. Eur J Dent, 8, 450-455.
- ERSÖZ E, YILMAZ F, GÜLER E, AYTAÇ F, YÜCEL AÇ. (2010) Farklı ışık uygulama mesafelerinin kompozit rezinlerin yüzey sertliği üzerine etkileri. AÜ Diş Hek Fak Derg, 37, 29-35.
- FALSAFI A, MİTRA SB, OXMAN JD, TON TT, BUI HT. (2014) Mechanisms of setting reactions and interfacial behavior of a nano-filled resinmodified glass ionomer. Dent Mater, 30, 632-643.
- FARRET MM, DE LIMA EM, MOTA EG, OSHİMA HM, BARTH V, DE OLIVEİRA SD. (2011) Can we add chlorhexidine into glass ionomer cements for band cementation? Angle Orthodontist, 81(3), 496-502.
- FARRUGIA C, CAMILLERI J. (2015) Antimicrobial properties of conventional restorative filling materials and advances in antimicrobial properties of composite resins and glass ionomer cements-A literature review. Dent Mater, 31, 89-99.
- FEATHERSTONE JD. (2000) The science and practice of caries prevention. JADA, 131, 887-99.
- FEATHERSTONE JDB. (1999) Prevention and reversal of dental caries: role of low level flüoride. Community Dent Oral Epidemol, 27, 31-40.
- FEJERSKOV O, CLARKSON BH. (1996) Dynamics of caries lesion formation. In: Fejerskov O, Ekstrand J, Burt BA. Fluoride in dentistry. 2<sup>nd</sup> edn. Copenhag: Munksgaard, 187-213.
- FELIX CA, PRICE RBT, ANDREOU P. (2006) Effect of reduced exposure times on the microhardness of 10 resin composites cured by high-power LED and QTH curing lights. J Can Dent Assoc., 72(2), 147.

- FENNELL B, HILL RG. (2001a) The influence of polyacrylic acid molar mass and concentration on the properties of polyalkenoate cements. Part II: Young's modulus and flexural strength *Journal of Materials Science*, 36, 5177–5183.
- FENNELL B, HILL RG. (2001b) The influence of polyacrylic acid molar mass and concentration on the properties of polyalkenoate cements. Part III: fracture toughness and toughness. *Journal of Materials Science*, 36, 5185–5192.
- FENNELL B, HILL RG. (2001c) The influence of polyacrylic acid molar mass and concentration on the properties of polyalkenoate cements. Part I: compressive strength. *Journal of Materials Science*, 36, 5193–5202.
- FERRARI M (1999). Use of glass-ionomers as bondings, linings or bases. In: Davidson CL, Mjör IA, editors. *Advances in glass-ionomer cements*. Quintessence Pub Co, Chicago, USA, 137-148.
- FLEMING GJ, ZALA DM. (2003) An assesment of encapsulated versus hand-mixed glass-ionomer restoratives. *Operative Dentistry*, 28, 168-177.
- FLEMING GJP, KENNY S.M, BARRALET JE. (2006) The optimisation of the initial viscosity of an encapsulated glass-ionomer restorative following different mechanical mixing regİmes. *Journal of Dentistry*, 34, 155-163.
- FORSS H. (1993) Release of fluoride and other elements from light-cured glass ionomers in neutral and acidic conditions. *J. Dent. Res*, 72, 1257–1262.
- FORSTEN L. (1990) Short and long term release from glass ionomers and other floride containing filling materials in vitro. *Scand J Dent Res*, 98, 179-185.
- FORSTEN L. (1995) Resin-modified glass–ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta OdontoloGİca Scandinavica*, 53, 222.
- FORSTEN L. (1998) Floride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*, 19(6), 503-8.
- FREEDMAN R, DIEFENDERFER KE. (2003) Effects of Daily Floride Exposures on Floride Release by Glass Ionomer-Based Restoratives. *Operative Dentistry*, 28(2), 178-185.
- FRIEDL K, HILLER KA, FRIEDL KH. (2001) Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: A retrospective cohort study. *Dental Materials*, 27, 1031–7.
- FUJIMOTO Y, IWASA M, MURAYAMA R, MIYAZAKI M, NAGAFUJI A. (2010) Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater J*, 29, 392-397.
- GABRIELA LSF, FREIRES IDA, ALVES LA, JOVITO VDEC, DE CARVALHO FG, DE CASTRO RD. (2011) Antibacterial activity of glass ionomer cements on cariogenic bacteria-an in vitro study. *Int J Dental Clin*, 3(3), 1-3.

- GAO W, PENG D, SMALES RJ AND YIP KH (2003). Comparison of atraumatic restorative treatment and conventional restorative procedures in a hospital clinic: evaluation after 30 months. *Quintessence International*. 34, 31-37.
- GAO W, SMALES RJ, GALE MS. (2000) Fluoride release/uptake from newer glass-ionomer cements used with the ART approach. *Am J Dent.*, 13(4), 201-4.
- GAO W, SMALES RJ. (2001) Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers. *Journal of Dentistry*, 29(4), 301-306.
- GARCIA-CONTRERAS R, SCOUGALL-VILCHIS RJ, CONTRERAS-BULNES R, KANDA Y, NAKAJIMA H, SAKAGAMI H. (2014) Effects of TiO<sub>2</sub> nano glass ionomer cements against normal and cancer oral cells. *In Vivo.*, 28(5), 895-907.
- GCP GLASS CARBOMER. (2011) Kullanım broşürü. Erişim Adresi: (<https://gcp-dental.com/wp-content/uploads/2012/08/Instructions-of-use-glass-fill-UK.pdf>). Erişim tarihi: 24. 11. 2017.
- GCP GLASS CROWN CEMENT. (2011) Kullanım broşürü. Erişim Adresi: (<https://gcp-dental.com/wp-content/uploads/2012/08/Instructions-of-use-glass-fill-UK.pdf>). Erişim tarihi: 22. 11. 2017.
- GEORGES AJ, BOLLA M, FORTIN D, MULLER-BOLLA M, THOMPSON JY, STAMATIADIS PJ. (2005) Surface finish produced on three resin composites by new polishing systems. *Oper Dent*, 30, 593-597.
- GHAJARI MF, TORABZADEH H, SAFAVI N, SOHRABI A, ARDAKANI FF. (2014) Fluoride release from three glass ionomers after exposure to sodium fluoride and acidulated phosphate fluoride gels. *Dent Res J (Isfahan)*, 11(5), 604-9.
- GJORGIEVSKA E, TENDELOO G.V, NICHOLSON J.W, COLEMAN N.J, SLIPPER J.J, BOOTH S. (2015). The Incorporation of Nanoparticles into Conventional Glass-Ionomer Dental Restorative Cements. *Microscopy and microanalysis*. 21, 392-406.
- GLASSPOOLE EA, ERICKSON RL, DAVIDSON CL. (2001) A fluoride-releasing composite for dental applications. *Dental Mater*, 17, 127-133.
- GLAVINIA D, GORSETA K, SKRINJARIC T. (2015) Compression Fracture Resistance of Four Different Glass-Ionomer Cements. Poster: ConsEuro, London, UK.
- GORDON VV, MONDRAGON E, WATSON RE, GARVAN C, MJOR IA. (2007) A clinical evaluation of a self-etching primer and a Glomer restorative material: Result at eight years. *J Am Dent Assoc*, 138, 621-627.

- GORSETA K, BORZABADI-FARAHANI A, MOSHAVERINA A, GLAVINA D, LYNCH E. (2017) Effect of different thermo-light polymerization on flexural strength of two glass ionomer cements and a glass carbomer cement. *J Prosthet Dent*, 118(1), 102-107.
- GORSETA K, GLAVINA D. (2017) Thermo-cured glass-ionomer cements in restorative dentistry. *J Istanbul Univ Fac. Dent*, 51(3): 122-127.
- GORSETA K, GLAVINA D, BORZABADI-FARAHANI A, VAN DUINEN RN, SKRINJARIC I, HILL RG, LYNCH E. (2014) One-year clinical evaluation of a glass carbomer fissure sealant, a preliminary study. *Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent*, 22, 67-71.
- GORSETA K, GLAVINA D, SKRINJARIC I. (2012) Influence of ultrasonic excitation and heat application on the microleakage of glass ionomer cements. *Aust Dent J*, 57, 453-7.
- GOYAL A, SARAN R, NAGARAJA UPADHYA P, GINJUPALLI K. (2009) Trends in Glass Ionomer Cements. *Manipal Odontoscope*, 1(2), 43-45.
- GU Y.W, YAP A.U, CHEANG P, KHOR K.A. (2005b) Effects of incorporation of HA/ZrO<sub>2</sub> into glass ionomer cement (GIC). *Biomaterials*, 26, 713-720.
- GU Y.W, YAP A.U.J, CHEANG P, KHOR K.A. (2005a) Zirconia-glass ionomer cement A potential substitute for miracle mix. *Scr. Mater*, 52, 113-116.
- GUI Y, ZHAO X, LI S, TANG L, GONG X. (2015) Fluoride release and recharge properties of six restorative materials. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.*, 50(1), 28-32.
- GURGAN S, KUTUK ZB, ERGIN E, ÖZTAS SS VE ÇAKIR FY. (2015) Four year Randomized Clinical Trial to Evaluate the Clinical Performance of a Glass Ionomer Restorative System. *Operative Dentistry*, 40 (2), 134-143.
- GURURAJ M, SHETTY R, NAYAK M, SHETTY S, KUMAR C.N.V. (2013) Fluoride releasing and uptake capacities of esthetic restorations. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 14(5), 887-891.
- GÜNDOĞAR ZU, YILDIZ E. (2015) Fluoride in Dentistry. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Dent Special Topics*, 1(1), 111-7.
- HADLEY PC, BILLINGTON RW, PEARSON GJ, WILLIAMS JA. (2000) Effect of monovalent ions in glass ionomer cements on their interaction with sodium fluoride solution. *Biomaterials*, 21(1), 97-102.
- HADLEY PC, MILELLA E, GERARDI C, HILL RG, BILLINGTON RW. (2001) Distribution of fluoride in glass ionomer cement determined using SIMS. *Biomaterials*, 22(12), 1563-1569.

- HALL S, BRADLEY T, MOORE JT, KUYKINDALL T, MINELLA L. (2009) Acute and chronic toxicity of nano-scale TiO<sub>2</sub> particles to freshwater fish, cladocerans, and green algae, and effects of organic and inorganic substrate on tio<sub>2</sub> toxicity. *Nanotoxicology*, 3, 91–97.
- HAMILTON IR. (1990) Biomechanical effect of fluoride on oral bacteria. *J Dent Res*, 69, 660-667.
- HAMID A, HUME WR. (1997) Diffusion of resin monomers through human carious dentin in vitro. *Endod. Dent. Traumatol*, 13, 1–5.
- HAN L, CV E, LI M, NIWANO K, AB N, OKAMOTO A, HONDA N, IWAKU M. (2002) Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dental Materials Journal*, 21(4), 285-295.
- HAN L, OKAMOTO A, FUKUSHIMA M, OKIJI T (2006) Evaluation of a new fluoride-releasing one-step adhesive. *Dent Mater J*, 25, 509-515.
- HAPP UM, ILIE N. (2014) Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clinical Oral Investigations*, 18, 643-650.
- HARHASH AY, ELSAYAD II, ZAGHLOUL AGS. (2017) A comparative in vitro study on fluoride release and water sorption of different flowable esthetic restorative materials. *Eur J Dent.*, 11(2), 174-179.
- HATTAB FN, AMIN WM. (2001) Fluoride release from glass ionomer restorative materials and the effects of surface coating. *Biomaterials*, 22(12), 1449-1458.
- HELLWIG E, KLIMEK J, SCHMIDT HFM, EGERER R. (1985) Fluoride uptake in plaquecovered enamel after treatment with the fluoride lacquer Duraphat. *J Dent Res*, 64(8), 1080- 1083.
- HICKEL R, DASCH W, JANDA R, TYAS M, ANUSAVICE K (1998). New direct restorative materials. FDI Commission Project. *Int Dent J*. 48, 3-16.
- HSE, KM. WEI SH. (1997) Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. *J Am Dent Assoc*, 128, 1088-1096.
- HUANG S, GAO S, CHENG L, YU H. (2011) Remineralization potential of nano-hydroxyapatite on initial enamel lesions: An in vitro study. *Caries Res*. 45, 460–468.
- HUANG S.B, GAO SS, YU H.Y. (2009) Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro. *Biomed. Mater*, 4, 034104.
- IIDA Y, NILAIDO T, KITAYAMA S, TAKAGAKI T, UNOUE G (2009) Evaluation of dentin bonding performance and acid-base resistance of the interface of two-step self-etching adhesive systems. *Dent Mater J*, 28, 493-500.



- IKEMURA K, TAY FR, ENDO T, PASHLEY DH (2008) A review of chemical approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J*, 27, 315-339.
- IKEMURA K, TAY FR, KOURO Y, ENDO T, YOSHIYAMA M. (2003) Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dent Mater*, 19, 137-146.
- ITO S, IIJIMA M, HASHIMOTO M, TSUKAMOTO N, MIZOGUCHI I. (2011) Effects of surface pre-reacted glass-ionomer fillers on mineral induction by phosphoprotein. *J Dent*, 39, 72-79.
- ITOTA T, AT AL- NAIMI, CARRICK TE, YOSHIYAMA M, MCCABE JB. (2005) Fluoride release and neutralizing effect by resin based materials. *Operative Dentistry*, 30, 522-27.
- ITOTA T, CARRICK TE, YOSHIYAMA M, MCCABE JP. (2004a) Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dent Mater*, 20, 789-795.
- ITOTA T, CARRICK TE, RUSBY S, AL-NAIMI OT, YOSHIYAMA M. (2004b) Determination of fluoride ions released from resin-based dental materials using ion-selective electrode and ion chromatograph. *J Dent*, 32, 117-22.
- JANDT KD, MILLS RW, BLACKWELL GB, ASHWORTH SH. (2000) Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dent Mater.*, 16(1), 41-7.
- JIANG H, BIAN Z, TAI BJ, DU MQ, PENG B. (2005) The effect of a bi-annual professional application of APF foam on dental caries increment in primary teeth: 24-month clinical trial. *J Dent Res*, 84(3), 265-268.
- JINGARWAR MM, PATHAK A, BAJWA NK, SIDHU HS. (2014) Quantitative assessment of fluoride release and recharge ability of different restorative materials in different media: An in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(12), 31-34.
- JONES CS, BILLINGTON RW, PEARSON GJ. (2004) The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal*, 196(1), 42-45.
- JONES JR. (2013) Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. *Acta Biomaterialia*, 9, 4457-4486.
- JUNG M (1997). Surface roughness and cutting efficiency of composite finishing instruments. *Oper Dent*, 22, 98-104.
- KAN KC, MESSER LB, MESSER HH. (1997) Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J. Dent. Res*, 76, 1502-1507.

- KANG SW, YOON I, LEE HW, CHO J. (2011) Association between AMELX polymorphisms and dental caries in Koreans. *Oral Diseases*, 17, 399–406.
- KANIK Ö, TÜRKÜN S. (2016) Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar. *EÜ Diş Hek Fak Derg*, 37(2), 54-65.
- KARABULUT CDC. (2005) Çeşitli topikal florid uygulamalarının florid içerikli restoratif materyallerin florid serbestleme ve yeniden yüklenme özelliklerine etkileri. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- KARADAĞ S. (2015) Cam iyonomer simanlar ve endodontide kullanımı. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi *DerGİsi*, 22(3), 189-193.
- KARANTAKIS P, ANTONAIDES MH, PAHINI ST, PAPADOGIANNISY (2000) Floride release from three glass ionomers, a compomer and a composite resin in water, artificial saliva and lactic acid. *Operative Dentistry*, 25(1), 20-25.
- KARAOĞLANOĞLU S, AKGUL N, OZDABAK HN, AKGUL HM. (2009) Effectiveness of surface protection for glass-ionomer, resin modified glass-ionomer and polyacid-modified composite resins. *Dental Materials Journal*, 28(1), 96-101.
- KAYA T, TİRALİ ER. (2013) Advances in glass ionomer cements. *J Dent Fac Atatürk Üniv*, 7, 71-77.
- KHOROUSHI M, KESHANI F. (2013) A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J (Isfahan)*, 10(4), 411–420.
- KHOROUSHI M, MANSOORI-KARVANDI T, HADI S. (2012) The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. *General Dentistry*, 60, 383-388.
- KHOROUSHI M, MOUSAVINASAB SM, KESHANI F, HASHEMI S. (2013) Effect of Resin-Modified Glass Ionomer Containing Bioactive Glass on the Flexural Strength and Morphology of Demineralized Dentin. *Oper Dent*, 38, 1–10.
- KID EAM, JOYSTON-BECHAL S. (1997) Floride supplementation in dental practise. In: Kid EAM, Joyston-Bechal S (eds). *Essential of dental caries*. (2nd ed), Oxford University Press, Oxford, 108-122.
- KIM DA, ABO-MOSALLAM H, LEE HY, LEE JH, KIM HW, LEE HH. (2015) Biological and mechanical properties of an partial replacement of CaO with MgO or ZnO. *Journal of Applied Oral Sciences*, 23(4), 369-375.
- KISHORE G, SAI-SANKAR AJ, PRATAP-GOWD M, SRIDHAR M, PRANITHA K, SAI-KRISHNA VS. (2016) Comparative Evaluation of Floride Releasing

Ability of Various Restorative Materials after the Application of Surface Coating Agents - An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*, 10(12), 38-41.

KLEVERLAAN CJ, VAN DUINEN RN, FEILZER AJ. (2004) Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dental Materials*, 20(1), 45-50.

KOBAYASHI M, KON M, MIYAI K, ASAOKA K. (2000) Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass. *Biomaterials*, 21, 2051-2058.

KOENRAADSA H, VAN DER KROONA G, FRENCKEN JE. (2009) Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities. *Dent Mater*, 25, 551-6.

KOH R, NEIVA G, DENNISON J, YAMAN P. (2008) Finishing systems on the final surface roughness of composites. *J Contemp Dent Pract*, 9,138-145.

KONDE S, RAJ S, JAISWAL D. (2012) Clinical evaluation of a new art material: Nanoparticulated resin-modified glass ionomer cement. *J Int Soc Prevent Communit Dent*, 2, 42-47.

KORKUT E, GEZGIN O, TULUMBACI F, OZER H, SENER Y. (2017) Comparative Evaluation Of Mechanical Properties Of A Bioactive Resin Modified Glass Ionomer Cement *EÜ Dişhek Fak Derg*, 38(3), 170-175.

KÖROĞLU A, EKREN O, KURTOĞLU C. (2012) Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Ataturk Univ Diş Hek Fak Derg*, 22, 205-16.

KRAMER N, GARCIA-GODOY F, REINELT C, FRANKENBERGER R. (2006). Clinical performance of posterior compomer restorations over 4 years. *Am J Dent*. 19, 61-66.

KUMAR T, BHARGAVA K, SANAP A, AGGARWAL S. (2015) Advances in Reinforced Restorations: A Review. *International Journal of Dental Health Concerns*. 1, 1-5.

KUTER B. (2006) Isı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Pedodonti AD. Doktora Tezi, Ege Üniv. Diş Hek Fak. İzmir*.

KÜÇÜKEŞMEN Ç, SÖNMEZ H. (2008) Diş hekimliğinde florun, insan vücudu ve dişler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg*, 15(3), 43-53.

KÜÇÜKYILMAZ E, SAVAS S, KAVRIK F, YASA B, BOTSALI MS. (2017) Floride release/recharge ability and bond strength of glass ionomer

- cements to sound and caries-affected dentin. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 20(2), 226-234.
- LEE JJ, LEE YK, CHOI BJ, LEE JH, CHOI HJ, SON HK, HWANG JW, KIM SO. (2010) Physical properties of resin reinforced glass ionomer cement modified with micro and nano-hydroxyapatite. *J.Nanosci. Nanotechnol*, 10, 5270–5276.
- LEE SY, DONG DR, HUANG HM, SHIHYH (2000) Fluoride ion diffusion from glass ionomer cement. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(7), 576-586.
- LEON H. PRENTICE, MARTIN J. TYAS, MICHAEL F. BURROW MF. (2006) The effect of ytterbium fluoride and barium sulphate nanoparticles on the reactivity and strength of a glass ionomer cement. *Dental Materials*, 22, 746-51.
- LEVY SM, KRISTY MC, WARREN JJ. (1995) Sources of fluoride intake in children. *J Public Health Dent*, 55, 39-52.
- LEVY SM, MC GRADY JA, BHURIDEJ P, WARREN JJ, HEILMAN JR, WEFEL JS. (2000) Factors affecting dentifrice use and ingestion among a sample of US preschoolers. *Pediatr Dent*, 22(5), 389-94.
- LINDBERG A, PEUTZFELDT A, VAN DIJKEN JW. (2005) Effect of Power Density of Curing Unit, Exposure Duration, and Light Guide Distance on Composite Depth of Cure. *Clin Oral Investig.*, 9, 71-76.
- LOHBAUER U, WALKER J, NIKOLAENKO S, WERNER J, CLARE A, PETSCHILT A, GREIL P. (2003) Reactive fibre reinforced glass-ionomer cements. *Biomaterials*, 24, 2901–2907.
- LOHBAUER U. (2010) Dental glass ionomer cements a permanent filling materials? Properties, limitations and future trends. *Materials*, 3, 76-96.
- LUCAS M.E, ARITA K, NISHINO M. (2003) Toughness, bonding and fluoride-release properties of hydroxyapatite-added glass ionomer cement. *Biomaterials*, 24, 3787–3794.
- LUCKSANASOMBOOL P, HIGGS WAJ, HIGGS RJED, SWAIN MV. (2002) Toughness of glass fibres reinforced glass-ionomer cements. *Journal of Materials Science*, 37, 101–108.
- LUO Y, LO ECM, FANG DTS, SMALES RJ, WEI SHY (2002). Clinical evaluation of Dyract AP restorative in permanent molars: 2-year results. *American Journal of Dentistry*. 15(6), 403-406.
- MARGOLIS HC, MORENO EC. (1990) Physicochemical perspectives on the cariostatic mechanisms of systemic and topical fluorides. *J Dent Res*, 69, 606-613.

- MARINHO VCC, HIGGINS JPT, LOGAN S, SHEIHAM A. (2003) Systematic review of controlled trials on the effectiveness of fluoride gels for the prevention of dental caries in children. *J Dent Educ*, 67(4), 448-458.
- MARINHO VCC. (2014) Applying Prescription-strength Home-use and Professionally Applied Topical Fluoride Products May Benefit People at High Risk for Caries- The American Dental Association (ADA) 2013 Clinical Practice Guideline Recommendations. *J Evid Based Dent Pract*, 14, 120-123.
- MARTI Ö, GÖRGÜLÜ AS, ALTUN C. (2012) Diş çürüğüne karşı koruyucu flor uygulamaları. *Smyrna Tıp DerGİsi*, 82.
- MARWAH N. (2009) *Textbook of Pediatric Dentistry*. 2nd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P), 257-278.
- MATHEWSON RJ. (1982) *Fundamentals of Dentistry for Children*. Chapter:7. Clinical applications of Fluorides, 147-171.
- MATHIS RS, FERRACANE JL. (1989) Properties of a glass-ionomer/resin composite hybrid material. *Dental Materials*, 5, 355.
- MAZZAOUI SA, BURROW MF, TYAS MJ. (2000) Fluoride release from glass ionomer cements and resin composites coated with a dentin adhesive. *Dent Mater.*, 16(3),166-71.
- MCCABE JF, CARRICK TE, SIDHU SK. (2002) Determining low levels of fluoride released from resin based dental materials. *Eur J Oral Sci*, 110(5), 380-384.
- MCKNIGHT-HANES C, WHIFORD GM. (1992) Fluoride release from three glass-ionomer materials and the effects of varnishing with or without finishing. *Caries Research*, 26, 345.
- MEJARE I, MJOR IA. (1990) Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 98(4), 345-350.
- MENNE-HAPP U, ILIE N. (2013) Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *Journal Of Dentistry*, 41, 223-230.
- MICKENAUTSCH S, MOUNT G, YENGOPAL V. (2011) Therapeutic effect of glass-ionomers: An overview of evidence. *Aust Dent J*, 56, 10-5.
- MILETIC V. (2009) Nano-filled resin-modified glassionomer cement: "nano-ionomer" Ketac N100. <http://dental-materials.blogspot.com.tr/2009/11/nano-filled-resin-modified-glass.html>. Erişim Tarihi: 23.08.2017.
- MITRA SB. (1991) Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J. Dent. Res*, 70, 72-74.

- MITRA SB, OXMAN JD, FALSAFI A, TON TT. (2011) Fluoride release and recharge behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer compared with that of other fluoride releasing materials. *Am J Dent*, 24, 372-378.
- MOLINA GF, CABRAL RJ, MAZZOLA I, LASCANO LB, FRENCKEN JE. (2013a) Biaxial Flexural Strength of High-Viscosity Glass-Ionomer Cements Heat-Cured with an LED Lamp during Setting. *Biomed Research International*.
- MOLINA GF, CABRAL RJ, MAZZOLA I, LASCANO LB, FRENCKEN JE (2013b). Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci*. 21, 243-249.
- MOMOI Y, MCCABE JF. (1993) Fluoride release from light-activated glass-ionomer restorative cements. *Dental Materials*, 9, 151.
- MOREAU J.L, XU H.H. (2010) Fluoride releasing restorative materials: Effects of pH on mechanical properties and ion release. *Dent. Mater*, 26, 227–235.
- MOSHAVERINIA A, ANSARI S, MOSHAVERINIA M, ROOHPUR N, DARR J, REHMAN I. (2008a) Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass-ionomer cements (GIC). *Acta Biomaterialia*, 4, 432–440.
- MOSHAVERINIA A, ANSARI S, MOVASAGHI Z, BILLINGTON RW, DARR JA, REHMAN IU. (2008b) Modification of conventional glass-ionomer cements with N-vinylpyrrolidone containing polyacids, nano-hydroxy and fluoroapatite to improve mechanical properties. *Dental Materials*, 24, 1381–1390.
- MOSHAVERINIA A, ANSARI S, ROOHPUR N, RESHAD M, SCHRICKER SR, CHEE WW. (2011a) Effects of Nvinylcaprolactam containing polyelectrolytes on hardness, fluoride release and water sorption of conventional glass ionomers. *J Prosthet Dent*, 105, 323-31.
- MOSHAVERINIA A, BRANTLEY WA, CHEE WWL, ROOHPUR N, ANSARI S, ZHENG F, HESHMATI RH, DARR JA, SCHRICKER SR, REHMAN IU. (2010) Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer dental cements. *Dental Materials*, 26, 1137–1143.
- MOSHAVERINIA A, CHEE WW, BRANTLEY WA, SCHRICKER SR. (2011b) Surface properties and bond strength measurements of N-vinylcaprolactam (NVC)containing glass-ionomer cements. *J Prosthet Dent*, 105, 185-93.
- MOSHAVERINIA A, ROOHPUR N, DARR JA, REHMAN IU. (2009) Synthesis and characterisation of a novel N-vinylcaprolactam-containing acrylic acid

- terpolymer for applications in glass-ionomer dental cements. *Acta Biomaterialia*, 5, 2101–2108.
- MOUNT GJ. (2002) An atlas of glass-ionomer cements. A clinician's guide. 3<sup>rd</sup> edition, Martin Dunitz Ltd, UK.
- MOUSAVINASAB SM, KHOROUSHI M, KESHANI F, HASHEMI S. (2011) Flexural strength and morphological characteristics of resin-modified glass-ionomer containing bioactive glass. *J Contemp Dent Pract*, 12, 41–6.
- MOUSAVINASAB SM, MEYERS L. (2009) Fluoride Release by Glass Ionomer Cements, Compomer and Glomer. *Dent Res J (Isfahan)*, 6(2), 75–81.
- MURTHY SS, MURTHY GS. (2015) Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Three Commercially Available Glass Ionomer Cements in Primary Teeth. *J Int Oral Health.*, 7(8), 103-7.
- MUZYNSKI BL, GREENER E, JAMESON L, MALONE WFP. (1988) Fluoride release from glass-ionomers used as luting agents. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 60, 41.
- NAGARAJA UPADHYA P, KISHORE G (2005). Glass Ionomer Cement – The Different Generations. *Trends Biomater Artif Organs*. 18, 158-65.
- NAJEEB S, KHURSHID Z, MATINLINNA J.P, SIDDIQUI F, NASSANI M.Z, BAROUDI K. (2015) Nanomodified peek dental implants: Bioactive composites and surface modification-A review. *Int. J. Dent*, 381759, doi: 10.1155/2015/381759.
- NAJEEB S, KHURSHID Z, ZAFAR MS, KHAN AS, ZOHAIB S, MARTI JMN, SAURO S, MATINLINNA JK, REHMAN IU. (2016) Modifications in Glass Ionomer Cements: Nano-Sized Fillers and Bioactive Nanoceramics. *Int. J. Mol. Sci.*, 17, 1134.
- NAJMA HAJIRA NSW, MEENA N. (2015) GIOMER- The Intelligent Particle (New Generation Glass Ionomer Cement) *Int J Dent Oral Health*. 2(4), doi <http://dx.doi.org/10.16966/2378-7090.166>.
- NAKAMURA N, YAMADA A, IWAMOTO T, ARAKAKI M, TANAKA K, AIZAWA S, FUKUMOTO S. (2009) Two-year clinical evaluation of flowable composite resin containing pre-reacted glass-ionomer. *Pediatric Dental Journal*, 19, 89-97.
- NAMEN FM, GALAN J JR, DE DEUS G, CABREIRA RD, FILHO FC. (2008) Effect of pH on the Wettability and Fluoride Release of an Ion-releasing Resin Composite. *Operative Dentistry*, 33(5), 571-578.
- NAOUM S, ELLAKWA A, MARTIN F, SWAIN M (2011) Fluoride Release, Recharge and Mechanical Property Stability of Various Fluoridecontaining Resin Composites. *Operative Dentistry*, 36, 422-432.

- NEELAKANTAN P, JOHN S, ANAND S, SURESHBABU N, SUBBARAO C. (2011) Fluoride Release From a New Glass-ionomer Cement. *Operative Dentistry*, 36-1, 80-85.
- NEUMAN E, GARCIA-GODOY F. (1992) Effect of APF gel on a glass ionomer cement: an SEM study. *ASDC J Dent Child.*, 59(4), 289-95.
- NEWBRUN E. (2001) Topical fluorides in caries prevention and management: a North American perspective. *J Dent Educ*, 65, 1078-1083.
- NEWBURN E, BRUDEVOLD F. (2011) Discovery of acidulated phosphate fluoride in caries prevention. *J Dent Res*, 90, 977-980.
- NISHIO M, YAMAMOTO K. (2002) The anti-dental plaque effect of fluoride releasing light-cured composite resin restorative materials. *Jpn J Conserv Dent*, 45, 459-468.
- NICHOLSON JW (2007). Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. *Dent Mater.* 23, 615-622.
- NICHOLSON JW, CZARNECKA B. (2004) The release of ions by compomers under neutral and acidic conditions *J Oral Rehabil*, 31, 665-670.
- NICHOLSON JW, CZARNECKA B. (2007) Kinetic studies of the effect of varnish on water loss by glass-ionomer cements. *Dental Materials*, 23(12), 1549-1552.
- NICHOLSON JW, CZARNECKA B. (2008) The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent. Mater*, 24, 1702–1708.
- NICHOLSON JW. (2010) Review: Glass ionomer dental cements: update. *Mater Tech*, 25, 8-13.
- NICHOLSON JW. (2014) Fluoride-Releasing Dental Restorative Materials: An Update. *Balk J Dent Med*, 18, 60-9.
- NIGAM AG, JAISWAL JN, MURTHY RC, PANDEY RK. (2009) Estimation of Fluoride Release from Various Dental Materials in Different Media—An In Vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 2(1), 1-8.
- NISENGARD RJ, NEWMAN MG. (1994) *Oral Microbiology and Immunology*, 2<sup>nd</sup> edn. Philadelphia, W.B. Saunders Company.
- NOORT RV. (2008) *Introduction to Dental Materials*. 3th ed. London; Elsevier Saunders, 127-143.
- OBERHOLZER TG, PREEZ ICD, KIDD M. (2005) Effect of LED curing on the microleakage, shear bond strength and surface hardness of a resin-based composite restoration. *Biomaterials*, 26, 3981-3986.



- OKUYAMA K, MURATA Y, PEREIRA PN, MÍGUEZ PA, KOMATSU H. (2006) Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent*, 19, 123-127.
- OLEGARIA IC, MALAGRANA APVFP, KIM SSH, HESSE D, TEDESCO TK, CALVO AFB, CAMARGO LB, RAGGIO DP. (2015) Mechanical Properties of High-Viscosity Glass Ionomer Cement and Nanoparticle Glass Carbomer. *Journal of Nanomaterials*. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/472401>.
- OXMAN JD, FALSAFI A, MITRA S, TON TT, MADSEN VJ, BUI HT. (2008) Improved Polish, Wear-Resistance and Esthetics of Nanoionomer Restorative Materials. *J Dent Res*, 87, 39.
- ÖLMEZ S, ALTAY N. (1998) Çocuklarda uygulanacak koruyucu diş hekimliği yöntemleri. *TDBD*, 44, 12-16.
- ÖZEL E, SOYMAN M. (2003) LED Işık Kaynakları. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*, 13, 13-17.
- ÖZGÜNALYAY G, YAZICI AR, GORUCU J. (2003) Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-colored restoratives. *J Oral Rehabil*, 30, 218-224.
- PALMER G, ANSTICE HM, PEARSON GJ. (1999) The effect of curing regime on the release of hydroxethyl methacrylate (HEMA) from resin-modified glass-ionomer cements. *J. Dent*, 27, 303-311.
- PAMEIJER CH (2012). Crown retention with three resin-modified glass ionomer luting cements. *J. Am. Dent. Assoc*, 143, 1218-1222.
- PAMIR T, ŞEN H. (2011) Determination of the Compressive Strengths of Resin Composite and Glass-Ionomer Based Materials. *EÜ Dişhek Fak Derg*, 32, 31-37.
- PANIGRAHI A, SUDEEP S, SHARMA S, MOHANTY S. (2016) Comparative evaluation of fluoride recharge ability of conventional and hydroxyapatite modified glass ionomer cement with daily low fluoride exposure- an in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(2), 53-55.
- PASCHOAL MAB, GURGEL CV, RIOS D, MAGALHÃES AC, BUZALAF MAR, MACHADO MAAM. (2011) Fluoride release profile of a nanofilled resin-modified glass ionomer cement. *Braz Dent J*, 22(4), 275-279.
- PEDRINI D, CANDIDO MS, RODRIGUES AL. (2003) Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25(6), 456-461.
- PEGORA TA, DA SILVA NR VE CARVALHO RM. (2007) Cements for use in esthetic dentistry. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 453-471.

- PENG D, SMALES R.J, YIP HK, SHU M. (2000) In vitro fluoride release from aesthetic restorative materials following recharging with APF gel. Australian Dental Journal, 45(3), 198-203.
- PEPLA E, BESHARAT KL, PALAIA G, TENORE G, MIGLIAU G. (2014) Nanohydroxyapatite and its applications in preventive, restorative and regenerative dentistry: a review of literature. Annali di Stomatologia, 3, 108-114.
- PERDIGAO J, SWIFT EJ. (2011) Mine ve dentin adezyonunun temel kavramları. In: T. M. Roberson, H. O. Heymann and E. J. Swift. Sturdevant's art and science of operative dentistry. 5 ed. Ankara: Güneş tıp kitabevleri, 243-80.
- PETERSEN PE, LENNON MA. (2004) Effective use of fluorides for the prevention of dental caries in the 21st century: the WHO approach. Community Dent Oral Epidemiol, 32, 319-321.
- PETERSSON LG. (1993) Fluoride mouthrinses and fluoride varnishes. Caries Res, 27(1), 35-42.
- PHILIPS PT, WOODWARD SM. (2000) Fluoridated milk as a dental caries preventive measure. Nutr Bull, 25, 287-293.
- PINKHAM JR, CASAMASSIMO PS, FIELDS HW, TIGUE DJ, NOWAK AJ. (2009) Pediatric Dentistry. Çeviren: Tortop T, Tulunoğlu Ö. Çocuk Diş Hekimliği. 4. Baskı, Atlas Kitapçılık Tic. Ltd. Şti., Ankara, s: 314-316.
- PITEL ML (2014). Reconsidering glass-ionomer cements for direct restorations. Compend Contin Educ Dent. 35(1), 26-31.
- POWIS DR, FOLLERÅS T, MERSON SA, WILSON AD. (1982) Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. J Dent Res, 61, 1416-22.
- PRESTON AJ, AGALAMANYI EA, HIGHAM SM, MAIR LH. (2003) The recharge of aesthetic dental restorative materials with fluoride in vitro-two years' results. Dent Mater, 19, 32-7.
- PRESTON AJ, HIGHAM SSM, AGALAMANYI EA, MAIR LH. (1999a) Fluoride recharge of aesthetic dental materials. J Oral Rehabil, 26, 936-940.
- PRESTON AJ, MAIR LH, AGALAMANYI EA, HIGHAM SM. (1999b) Fluoride release from aesthetic dental materials. Journal of Oral Rehabilitation, 26(2), 123-129.
- RAO A, RAO A, SUDHA P. (2011) Fluoride rechargability of a non-resin auto-cured glass ionomer cement from a fluoridated dentifrice: an in vitro study. J Indian Soc Pedod Prev Dent, 29, 202-4.

- ROBERSON TM, HEYMAN HO, SWIFT EJ JR. (2006) Sturdevant's The Art and Science of Operative Dentistry 4th Edition, Mosby Inc 174.
- ROBERTS TA, MIYAI K, IKEMURA K, FUCHIGAMI K, KITAMURA T. (1999) Fluoride ion sustained release preformed glass ionomer filler and dental compositions containing the same. United States Patent No. 5, 883, 153.
- ROBINSON C, KIRKHAM C. (1990) The effect of fluoride on the developing mineralized tissues. *J Dent Res*, 69, 685-691.
- RODE KM, DE FREITAS PM, LLORET PR, POWELL LG, TURBINO ML. (2009) Microhardness evaluation of a microhybrid composite resin light cured with halogen light, light-emitting diode and argon ion laser. *Lasers Med Sci*, 24, 87-92.
- ROTHWELL M, ANSTICE HM, PEARSON GJ. (1998) The uptake and release of fluoride by ion-leaching cements after exposure to toothpaste. *J Dent*, 26, 591-597.
- SAKU S, KOTAKE H, SCUGALL-VILCHIS RJ, OHASHI S, HOTTA M. (2010) Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particles. *Dent Mater J*, 29, 193-198.
- SANGSAWATPONG W (2013). Bioactivity and biocompatibility of glass ionomer cement added with monocalcium silicate at various ratios. Thesis, Srinakharinwirot University.
- SCHOLTANUS JD, HUYSMANS MCDNJM (2007). Clinical failure of Class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent*. 35, 156-162.
- SCHWENDICKE F, KNISS J, PARIS S, BLUNCK U. (2017) Marginal Integrity and Secondary Caries of Lined or Nonlined Composite and Glass Hybrid Restorations After Selective Excavation In Vitro. *Oper Dent*, 42(2),155-164.
- SHAFIEI F, ABOUHEYDARI M. (2015) Microleakage of class V methacrylate and silorane-based composites and nano-ionomer restorations in fluorosed teeth. *J Dent (Shiraz)*, 16, 100-105.
- SHARAFEDDIN F, SHOALE S, KOWKABI M. (2017) Effects of Different Percentages of Microhydroxyapatite on Microhardness of Resin-modified Glass-ionomer and Zirconomer. *J Clin Exp Dent*, 9(6), 805-11.
- SHASHIBHUSHAN KK, BASAPPA N, SUBBA REDDY VV. (2008) Comparison of antibacterial activity of three fluorides-and zinc-releasing commercial glass ionomer cements on strains of mutans streptococci: an in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 26(2), 56-61.

- SHEBL EA, ETMAN WM, GENAID TM, SHALABY ME (2015). Durability of bond strength of glass ionomers to enamel. *Tanta Dental Journal*, 12(1), 16-27.
- SIDHU SK, SHARANBIR K, JOHN W, NICHOLSON JW. (2016) A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 7(3), 16.
- SIDHU SK. (2010) Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dent. Mater*, 26, 7–12.
- SIDHU SK. (2011) Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject. *Aust Dent J*, 56(1), 23-30.
- SINGH TRM, SURESH P, SANDHYARANI J, SRAVANTHI J. (2011) Glass ionomer cements in dentistry: A review. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 1, 26-30.
- SMALES RJ, WONG KC. (1999) Two-year clinical performance of a resin-modified glass ionomer sealant. *Am J Dent*, 12, 62–64.
- SMITH DC. (1998) Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*, 19(6), 467-478.
- STRNAD G, KOVACS M, ANDRAS E, BERESESCU. (2015) Effect of curing, finishing and polishing on microhardness of composite restorative materials. *Procedia Technology*, 19, 233-238.
- SUBRAMANIAM P, GIRISH BABU KL, JAYASURYA S. (2015) Evaluation of Solubility and Microleakage of Glass Carbomer Sealant. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39, 429-434.
- SUNICO MC, SHINKAI K, KATOH Y. (2005) Two-year clinical performance of occlusal and cervical Glomer restorations. *Oper Dent*, 30, 282-289.
- ŞENER Y, KOYUTÜRK AE. (2006) Üç farklı cam iyonomer simanın yüzey sertliklerinin karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi DerGİsi*, 9(2).
- TAKAHASHI K, EMILSON CG, BIRKHED D. (1993) Floride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dental Materials*, 9(6), 350-354.
- TAL E, KUPIETZKY A, FUKS AB, TICKOTSKY N, MOSKOVITZ M. (2017) Clinical Performance of Heat-Cured High-Viscosity Glass Ionomer Class II Restorations in Primary Molars: A Preliminary Study. *J Clin Pediatr Dent.*,41(4), 264-270.

- TANUMIHARJA M, BURROW MF, CIMMINO A, TYAS MJ. (2001) The evaluation of four conditioners for glass ionomer cements using fieldemission scanning electron microscopy. *J Dent*, 29, 131-8.
- THANJAL NK, BILLINGTON RW, SHAHID S, LUO J, HILL RG, PEARSON GJ. (2010). Kinetics of fluoride ion release from dental restorative glass ionomer cements: the influence of ultrasound, radiant heat and glass composition. *J Mater Sci Mater Med*, 21(2), 589-95.
- TINSLEY D, O'DWYER JJ. (2003) Floridated elastomers: in vivo versus in vitro fluoride release. *Journal of Orthodontics*, 30, 317-322.
- TIWARI S, KENCHAPPA M, BHAYYA D, GUPTA S, SAXENA S, SATYARTH S, SINGH A, GUPTA M. (2016) Antibacterial Activity and Fluoride Release of Glass-Ionomer Cement, Compomer and Zirconia Reinforced Glass-Ionomer Cement. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(4), 90-93.
- TJANDRAWINATA R, IRIE M, SUZUKI K. (2004) Marginal gap formation and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cement: effect of silanized spherical silica filler addition. *Dent Mater J*, 23, 305-13.
- TOMIYAMA K, MUKAI Y, TERANAKA T (2008) Acid resistance induced by a new orthodontic bonding system in vitro. *Dent Mater J*, 27, 590-597.
- TORABZADEH H, GHASEMI A, SHAKERI S, BAGHBAN AA, RAZMAVAR S. (2011) Effect of powder/liquid ratio of glass ionomer cements on flexural and shear bond strengths to dentin. *Braz J Oral Sci*, 10, 204-207.
- TOWLER MR, BUSHBY AJ, BILLINGTON RW, HILL RG. (2001) A preliminary comparison of the mechanical properties of chemically cured and ultrasonically cured glass ionomer cements, using nano-indentation techniques. *Biomaterials*, 22, 1401-6.
- TOWLER MR, CROWLEY CM, HILL RG. (2003) Investigation into the ultrasonic setting of glass ionomer cements. Part I Postulated modalities. *J Mater Sci Letters*, 22, 539-41.
- TURKUN LS, TURKUN M. (2004) The effect of one step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent*, 29, 203-211.
- TYAS MJ. (2003) Milestones in adhesion: glass-ionomer cements. *J Adhes Dent*, 5, 259-66.
- ULUSU F. (1994) Çocuk diş hekimliğinde flor. *TDBD*, 24, 9-10.
- UPADHYA PN, KISHORE G. (2005) Glass ionomer cement: The different generations. *Trends Biomater. Artif. Organs*, 18(2), 158-165.

- UPADHYAY S, RAO A, SHENOY R. (2013) Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 10(2), 134-140.
- UPADHYAY S, RAO A. (2011) Nanoionomer: Evaluation of microleakage. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 29, 20-24.
- VAN MEERBEEK B, VAN LANDUYT K, DE MUNK J, INOUE Y, PERDIGAO J. (2006) Bonding to Enamel and Dentin. In: J. B. Summitt, J. W. Robbins, T. J. Hilton and R. Schwartz. *Fundamentals of Operative Dentistry* ed. London: Quintessence Publishing, 183-260.
- VANDUINEN W, VAN DUINEN RN. (2004) Self hardening glass carbomer composition. US Patent 20060217455 A1.
- VERCRUYSSSE CW, DE MAEYER EA, VERBEECK RM. (2001) Fluoride release of polyacid-modified composite resins with and without bonding agents. *Dent Mater.*, 17(4), 354-358.
- VERMEERSCH G, LELOUP G, VREVEN J. (2001) Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(1), 26-32.
- VOLLENWEIDER M, BRUNNER TJ, KNECHT S, GRASS RN, ZEHNDER M, IMFELD T. (2007) Remineralization of human dentin using ultrafine bioactive glass particles. *Acta Biomater*, 3, 936-43.
- WEI SHY, YUI CKY. (1993) Evaluation of the use of topical fluoride gel. *Caries Res*, 27(1), 29-34.
- WEIDLICH P, MIRANDA LA, MALTZ M, SAMUEL SMW. (2000) Fluoride Release and Uptake from Glass Ionomer Cements and Composite Resins. *Braz Dent J*, 11(2), 89-96.
- WILLIAMS JA, BILLINGTON RW, PEARSON GJ. (2001) A long term study of fluoride release from metal-containing conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil*, 28, 41-47.
- WIEGAND A, BUCHALLA W, ATTIN T. (2007) Review on fluoride-releasing restorative materials-fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dental Materials*, 23(3), 343-362.
- WOOLFORD MJ. (1994) Effect of radiant heat on the surface hardness of glass polyalkenoate (ionomer) cement. *J Dent.*, 22(6), 360-3.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2004) Fluorides and oral health, WHO Technical Report series. No:846. Switzerland.

- XIA Y, ZHANG F, XIE H, GU N. (2008) Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites. *J.Dent.* 36, 450–455.
- XIE D, BRANTLEY WA, CULBERTSON BM, WANG G (2000). Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 16, 129-138.
- XIE D, ZHAO J, WENG Y, PARK JG, JIANG H, PLATT JA. (2008a) Bioactive glass-ionomer cement with potential therapeutic function to dentin capping mineralization. *Eur J Oral Sci*, 116, 479–87.
- XIE D, ZHAO J, YANG Y, PARK J, CHU TM AND ZHANG JT. (2008b) Preparation and evaluation of a high-strength biocompatible glass-ionomer cement for improved dental restoratives. *Biomed Mater*, 3(2), 5002-5012.
- XU X, BURGESS JO. (2003) Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*, 24, 2451-2461.
- YAMAZAKI T, BRANTLEY W, CULBERTSON B, SEGHI R, SCHRICKER S. (2005) The measure of wear in N-vinylpyrrolidone (NVP) modified glass-ionomer cements. *Polymers for Advanced Technology*, 16, 113–116.
- YAN Z, SIDHU SK, MAHMOUD GA, CARRICK TE, MCCABE JF. (2007) Effects of temperature on the fluoride release and recharging ability of glass ionomers. *Oper Dent.*, 32(2), 138-43.
- YAP AU, THAM SY, ZHU LY, LEE HK (2002a) Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry*, 27(3), 259-265.
- YAP AU, THAM SY, ZHU LY, LEE HK (2002b) Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry*, 27(3), 259-265.
- YAP AU, YAP SH, TEO CK, NG JJ. (2004) Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one step systems. *Oper Dent*, 29, 275-279.
- YAP AUJ, PEK YS, KUMAR RA, CHEANG P, KHOR KA. (2002c) Experimental studies on a new bioactive material: HA-ionomer cements. *Biomaterials*, 23, 955–962.
- YASA E, ATALAYIN C, KARACOLAK G, SARI T, TURKUN LS. (2017) Intrapulpal temperature changes during curing of different bulk-fill restorative materials. *Dent Mater J.*, 26, 36(5), 566-572.
- YIP HK, LAM WTC, SMALES RJ. (1999) Surface roughness and weight loss of esthetic restorative materials related to fluoride release and uptake. *J Clin Pediatr Dent*, 23(4), 321-326.

- YIP HK, MARKOVIĆ DLJ, PETROVIC BB, PERIC TO. (2008) Floride content and recharge ability of five glass ionomer dental materials. *BMC Oral Health*, 28, 8-21.
- YLI-URPO H, LASSILA LV, NÄRHI T, VALLITTU PK. (2005b) Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent Mater*, 21, 201–9.
- YLI-URPO H, NÄRHI M, NÄRHI T. (2005a) Compound changes and tooth mineralization effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4), an in vivo study. *Biomaterials*, 26, 5934–41.
- YLI-URPO H, NÄRHI T, SÖDERLING E. (2003) Antimicrobial effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4) on oral micro-organisms in vitro. *Acta Odontol Scand*, 61, 241–6.
- YOSHIDA Y, VAN MEERBECK B, NAKAYAMA Y, YOSHIOKA M, SNAUWAERT J, ABE Y, LAMBRECHTS P, VANHERLE G, OKAZAKI O. (2001) Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *Journal of Dental Research*, 80, 1565–1569.
- ZAFAR MS. (2013) Effects of Surface Pre-Reacted Glass Particles on Floride Release of Dental Restorative Materials. *World Applied Sciences Journal*, 28 (4), 457-462.
- ZAINUDDIN N, KARPUKHINA N, HILL RG, LAW RV. (2012). Characterisation of remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dent. Mater*, 28, 1051–1058.
- ZIRCONIA REINFORCED RESTORATIVE. (2001) Kullanım Broşürü. Erişim adresi: ([http://www.shofu.com.sg/downloads/pdf/Zirconomer % 20 Brochure. pdf](http://www.shofu.com.sg/downloads/pdf/Zirconomer%20Brochure.pdf)). Erişim Tarihi: 09.10.2017.
- ZOERGIEBEL J, ILIE N. (2013a) Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging and storage agents. *Clinical Oral Investigations*, 17, 619-626.
- ZORGIEBEL J, ILIE N. (2013b) An in vitro study on the maturation of conventional glass ionomer cements and their interface to dentin. *Acta Biomaterialia*, 9, 9529-9537.



## **ÖZGEÇMİŞ**

### **I) BİREYSEL BİLGİLER**

**Adı-Soyadı:** Zehra Karaca

**Doğum Tarihi:** 27.01.1989

**Doğum Yeri:** Kayseri

**Medeni Durumu:** Evli

**TEL:** 05079126987

**e-mail:** zehrakaraca089@gmail.com

### **II) EĞİTİM BİLGİLERİ:**

1996-2004: Mustafa Yazar İlköğretim Okulu

2004-2006: Sümer Lisesi

2006-2007: Melikgazi Lisesi

2007-2012: Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

2014-2016: Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti ABD,  
Isparta

2016-2018: Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti ABD,  
Kırıkkale

### **III) MESLEKİ DENEYİMİ:**

2012-2013: Oral Diş Polikliniği, Kayseri