



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**CAM İYONOMER ESASLI YEDİ FARKLI RESTORATİF
MATERYALİN ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİ VE FLUORİD
SALINIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. SAVAŞ SAĞMAK

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Emrullah Bahşı

DİYARBAKIR- 2018



T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**CAM İYONOMER ESASLI YEDİ FARKLI RESTORATİF
MATERYALİN ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİ VE FLUORİD
SALINIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. SAVAŞ SAĞMAK

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Emrullah Bahşi

DİYARBAKIR- 2018

TÜRKİYE CUMHURİYETİ

Bu tez, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı
tarafından DİS.17.016 numaralı proje ile desteklenmiştir.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

“Cam İyonomer Esaslı Yedi Farklı Restoratif Materyalin Antimikrobiyal Etkinliği ve Fluorid Salınımlarının Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi” isimli Uzmanlık Tezi 26/10/2018 tarihinde tarafımızdan değerlendirilerek BAŞARILI bulunmuştur.

Uzmanlık Öğrencisi : Dt. Savaş SAĞMAK

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emrullah BAŞI

Jüri Üyesinin

	Ünvanı	Adı Soyadı	Kurumu
Başkan	Prof. Dr.	Filiz ACUN KAYA 	Dicle Üniversitesi
Üye	Doç. Dr.	Emrullah BAŞI 	Dicle Üniversitesi
Üye	Dr. Öğr. Üyesi	Şeyhmus BAKIR 	Dicle Üniversitesi
Üye	Dr. Öğr. Üyesi	Ömer ÇELLİK 	Adıyaman Üniversitesi
Üye	Dr. Öğr. Üyesi	Elif PINAR BAKIR 	Dicle Üniversitesi

Yukarıdaki imzalar tasdik olunur.

26/10/2018

Prof. Dr. İzzet YAVUZ
Dicle Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

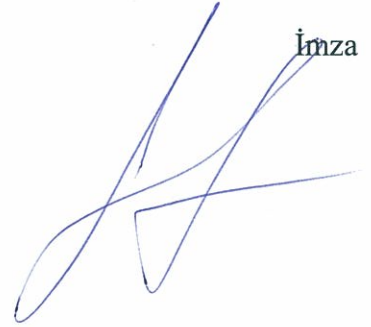

BEYAN

Bu dönem projesinin kendi çalışmam olduğunu, dönem projesinin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu dönem projesindeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu dönem projesi çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu dönem projesinin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve dönem projesini Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim.

22/10/2018

Dt. Savaş SAĞMAK

İmza



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübesiyle yoluma ışık tutan, uzmanlık tezimin hazırlanmasında katkılarını esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Emrullah Bahşi' ye, bölümümüzün değerli öğretim üyelerine, sevgili asistan arkadaşlarıma, Mikrobiyoloji testlerinin yapılmasında emeği geçen Uzm. Dr. Nida Özcan' a, istatistiksel değerlendirmeyi yapan Prof. Dr. Ömer Satıcı' ya, çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen arkadaşlarım Mehmet Köle, Ceren Özkurt ve Yıldız Erdem' e, bütün bu süreçte desteği ve sevgisi eksik olmayan Aydan Yıldız' a, eğitim hayatım boyunca her an yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN	I
TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER	III
KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ	V
ŞEKİL, RESİM ve TABLOLAR LİSTESİ	VII
ÖZET	1
ABSTRACT	3
1.GİRİŞ ve AMAÇ	5
2.GENEL BİLGİLER	7
2.1. DIŞ ÇÜRÜĞÜNÜN TARİHÇESİ	7
2.2. DIŞ ÇÜRÜĞÜNÜN EPİDEMİYOLOJİSİ	7
2.3. DIŞ ÇÜRÜĞÜNÜN TANIMI	8
2.3.1. Mikroorganizmalar	9
Mutans grubu Streptokoklar	10
Laktobasiller	11
Aktinomiçesler	11
Bakteri plağı oluşumunun erken evresi	11
Bakteri plağı	13
Plak oluşumunun geç evresi	13
2.3.2. Diyetin dış çürüğünün oluşumuna etkisi	14
2.3.3. Konak faktörlerinin dış çürüğü oluşumunda rolü	15
2.3.4. Zaman	15
2.4. ÇÜRÜĞÜN SINIFLAMASI	15
2.4.1. Primer çürük	16
2.4.2. Sekonder çürük	16
2.4.3. Rezidüel çürük	16
2.5. POSTERİOR DIŞLERDE KULLANILAN DAİMİ DİREKT RESTORASYON MATERYALLERİ	17
2.5.1. Amalgam	18
2.5.2. Kompozit rezinler	19
Sıkıştırılabilen (Packable) kompozit rezinler	20
Akışkan (Flowable) kompozit rezinler	20

Smart ve antimikrobiyal kompozit rezinler	20
2.5.3.Cam iyonomer simanlar	21
Geleneksel cam iyonomer simanlar	24
Rezin modifiye cam iyonomer simanlar	35
Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar	36
2.5.4. Kompomerler (Poliasitle Modifiye Kompozit Resinler)	36
2.6.FLUORİD İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....	37
2.6.1.Fluorid salınımı yapan dental materyaller.....	39
2.7. FLUORİD SALINIM MİKTARININ TAYİNİ	40
2.8.ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ	41
2.8.1.Agar Difüzyon Testi ile Antimikrobiyal Etkinliğin Değerlendirilmesi	41
2.8.2.High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ve Dişhekimiğinde	42
Kullanımı.....	42
3.GEREÇ ve YÖNTEM	44
3.1.KULLANILAN MATERYALLER.....	44
3.2.FLUORİD SALINIMI DEĞERLERİNİN ÖLÇÜLMESİ.....	49
3.2.1.Örneklerin hazırlanması	49
3.2.2.İyon seçici elektrot (İSE) testi.....	50
3.3.AGAR DİFÜZYON TESTİ İLE ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	53
3.3.1.Örneklerin hazırlanması	53
3.3.2.Agar Difüzyon Testi	53
3.4.İSTATİSTİK	56
4.BULGULAR.....	57
4.1.İYON SEÇİCİ ELEKTROT (İSE) TESTİ BULGULARI	57
4.2.AGAR DİFÜZYON TESTİ BULGULARI	61
4.2.1. S. Mutans.....	61
4.2.2. L. Acidophylus.....	66
5.TARTIŞMA	72
6.SONUÇ	82
7.KAYNAKLAR	83
8.ÖZGEÇMİŞ	101
9.EKLER	102

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

CİS : Cam İyonomer Siman

PMKR : Poliasit Modifiye Kompozit Rezin (Kompomer)

RMCİS : Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

MPa : Megapaskal (N/mm^2)

HEMA : 2-hidroksietil metakrilat

Dmfs : Toplam çürük, dolgulu ve eksik diş yüzeyi

F^{-1} : Fluorid iyonu

SiO_2 : Silika

Al_2O_3 : Alümina

P_2O_5 : Fosfat

CaF_2 : Kalsiyum florid

Na_2O : Soda

ppm : Parts per million (milyonda bir birim)

mg : miligram

mm : milimetre

ml : mililitre

FAG : Fluoro-alumino-silikat cam

SnF_2 : Kalay florid

CAFH : Organik amin florid

YbF_2 : Ytterbium florid

NaF₂ : Sodyum fluorid

DKT : Direkt Kontakt Testi

ADT : Agar Difüzyon Testi

SM : Streptococcus Mutans

LB : Lactobacillus Acidophylus

HA : Hidroksiapatit

Hz : Hertz

CTE : Termal genleşme katsayısı

İSE : İyon Seçici Elektrod

KKA : Koyun Kanlı Agar

HPLC : High Performance Liquid Chromatography

4-META : 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride

BIS-GMA : Bisfenol-A Glisidil Metakrilat

UDMA : Üretan dimetakrilat

THFMA : Tetrahidrofurfuril metakrilat

TISAB : Total Ionic Strength Adjustment Buffer

ŞEKİL, RESİM ve TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 1: Çürük oluşumundaki faktörleri gösteren Venn diyagramı	8
Şekil 2: Stephan eğrisi	15
Şekil 3: Restoratif materyallerin tarihsel gelişimi	18
Şekil 4: Silikat simanın yapısı.....	22
Şekil 5: Polikarboksilat simanın yapısı.....	22
Şekil 6: Cam iyonomer simanların dört fazlı sertleşme mekanizması.....	25
Şekil 7: Cam iyonomer simanların diş yüzeyine kimyasal bağlanması.....	26
Şekil 8: Cam iyonomer simanın maturasyonunda görülen hidrolizin şematik görünümü.....	26
Şekil 9: Cam iyonomer simanın maturasyonunda görülen başlıca sertleşme safhaları.....	27
Şekil 10: Al^{+3} ün O^{-2} ile oluşturduğu tetrahedron yapısı ve siman matriksinin altılı bağı	29
Şekil 11: Cam iyonomer siman oluşumunda kullanılan polikarboksilik asitler	30
Şekil 12: HPLC cihazının temel bileşenleri.....	43
Şekil 13: Materyallerin florid salınım değerlerin günlere göre dağılımı.....	61
Şekil 14: 2. gün sonunda materyallerin S. Mutans' a karşı etkinliği.....	63
Şekil 15: 4. gün sonunda materyallerin S. Mutans' a karşı etkinliği.....	64
Şekil 16: 6. gün sonunda materyallerin S. Mutans' a karşı etkinliği.....	65
Şekil 17: Materyallerin S. Mutans' a karşı ortalama etkinliği.....	65
Şekil 18: Materyallerin S. Mutans' a karşı etkinliklerinin günden güne değişimi	66
Şekil 19: 2. gün sonunda materyallerin L. Acidophylus' a karşı etkinliği	68
Şekil 20: 4. gün sonunda materyallerin L. Acidophylus' a karşı etkinliği	69
Şekil 21: 6. gün sonunda materyallerin L. Acidophylus' a karşı etkinliği	69
Şekil 22: Materyallerin L. Acidophylus' a karşı ortalama etkinliği	70
Şekil 23: Materyallerin L. Acidophylus' a karşı etkinliklerinin günden güne değişimi	71

RESİMLER

Resim 1: Çalışmada kullanılan EQUIA materyali	45
Resim 2: Çalışmada kullanılan Fuji II LC Capsule materyali.....	45
Resim 3: Çalışmada kullanılan Photac Fil Quick Aplicap materyali	46
Resim 4: Çalışmada kullanılan Dyract XP materyali	46

Resim 5: Çalışmada kullanılan freedom materyali	47
Resim 6: Çalışmada kullanılan Ketac Molar Easymix materyali	47
Resim 7: Çalışmada kullanılan Fuji II materyali	48
Resim 8: Çalışmada kullanılan BEST klorhexidin materyali	48
Resim 9: 7 mm çapında 5 mm yüksekliğinde plastik kalıplar	49
Resim 10: Hazırlanmış disk şeklinde örnekler	49
Resim 11: Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı.....	51
Resim 12: TISAB II çözeltisi, Orion ionplus-application/filling solution	51
Resim 13: 37 °C de etüv ve hassas terazi	52
Resim 14: Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı ve iyon seçici elektrod	52
Resim 15: Solüsyon içinde bekletilen örnekler	53
Resim 16: Anoxomat II ve Jar	54
Resim 17: Besiyerine bakteri ekimi ve örnekler için oluşturulan boşluk.....	55
Resim 18: Disk şeklindeki örneğin besiyerine yerleştirilmesi.....	56
Resim 19: Klorhexidinin S. Mutans' a karşı 2.(a), 4.(b) ve 6. gün(c) antimikrobiyal etkisi.....	63
Resim 20: Klorhexidinin L. Acidophylus'a karşı 2.(a), 4.(b) ve 6. gün(c) antimikrobiyal etkisi.....	68

TABLolar

Tablo 1: Mutansların serotip özellikleri.....	10
Tablo 2: 20-60 °C sıcaklık aralığında diş dokularının ve restoratif materyallerin termal genişleme katsayıları	33
Tablo 3: Çalışmamızda kullanılan materyaller.....	44
Tablo 4: Kullanılan materyallerin uygulama şekli ve polimerizasyon süreleri	50
Tablo 5: Materyallerin florid salınım değerlerinin ölçüm günlerine göre değerlendirilmesi ve karşılaştırılması	57
Tablo 6: Materyallerin florid salınım değerlerinin ikili olarak karşılaştırılması	58
Tablo 7: S. Mutans' a karşı antimikrobiyal etkinliğin 2., 4., 6. gün ve ortalamalı karşılaştırılması.....	62
Tablo 8: L. Acidophylus' a karşı antimikrobiyal etkinliğin 2., 4., 6. gün ve ortalamalı karşılaştırılması.....	67

CAM İYONOMER ESASLI YEDİ FARKLI RESTORATİF MATERYALİN ANTİMİKROBİYAL ETKİNLİĞİ VE FLUORİD SALINIMLARININ KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Savaş Sağmak

Emrullah Bahşi

Restoratif Diş Tedavisi A.B.D., Dişhekimliği Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır

ÖZET

Amaç: Dişhekimliğinde kullanılan ve florid salabilen restoratif materyaller çürük oluşumunu engellemede etkili olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (EQUIA/GC), iki rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC/GC, Photac Fil Quick Aplicap/3M), iki geleneksel cam iyonomer siman (Ketac Molar Easymix/3M, Fuji II/GC) ve iki kompomerin (Freedom/SDI, Dyract XP/DENTSPLY) florid salınımlarının ve antimikrobiyal etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda kullanılan yedi materyalden florid salınımı ölçümleri için 10' ar adet, antimikrobiyal etkinlik testleri için 20'şer adet olmak üzere 210 örnek hazırlandı. Florid salınım ölçümleri için örneklerin üzerine 5 ml saf su ve 5 ml TISAB II ilave edilerek 37 °C' de etüve konuldu. Materyallerin florid düzeyleri 1., 3., 7., 14. ve 28. günlerde iyon selektif elektrod yöntemiyle ölçüldü. Antimikrobiyal etkinliklerin karşılaştırılması için her materyalden 20 örnek hazırlandı ve 2 gruba ayrıldı. Örnekler S.Mutans ve L.Acidophylus' un bulunduğu besiyerlerine ekildi. Ölçümler 2., 4. ve 6. gün yapıldı. Yedi farklı grubun beş kere tekrarlayan ölçümlerinde Friedman testi kullanıldı. Yedi ayrı grubun karşılaştırılmasında ise Kruskal Wallis testi kullanıldı. Sürekli ölçüm değişkenleri arasındaki korelasyonların hesaplanmasında Pearson r korelasyon katsayısı kullanıldı. Sonuçlar anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

Bulgular: Bütün materyallerin florid salınımı yaptığı ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü ($p < 0,05$). Materyallerin S. Mutans ve L.Acidophylus' a karşı antimikrobiyal etkinlik değerleri, Kruskal Wallis ve çoklu

karşılaştırma için kullanılan Bonferroni testi ile değerlendirildiğinde, tüm ölçüm günlerinde istatistiksel farklılık saptandı ($p<0.05$).

Sonuç: Tüm materyallerde florid salınımı gözlenmiştir. Kompomerler dışında tüm materyaller *S.Mutans* ve *L.Acidophylus*' a karşı antimikrobiyal etkinlik göstermişlerdir.

Anahtar kelimeler: Cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, kompomer, florid, antimikrobiyal etkinlik



COMPARATIVE EVALUATION OF ANTIMICROBIAL EFFICACY AND FLUORIDE RELEASE OF GLASS IONOMER BASED SEVEN DIFFERENT RESTORATIVE MATERIAL

Savas Sagmak

Emrullah Bahsi

Dicle University Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry, Diyarbakir

ABSTRACT

Aim: In dental practice, restorative materials that can release fluoride are effective in preventing decay. The aim of this study was to evaluate 1 high viscosity glass ionomer cement (EQUIA/GC), 2 resin modified glass ionomer (Fuji II LC/GC, Photac Fil Quick Aplicap/3M), 2 glass ionomer (Ketac Molar Easymix/3M, Fuji II/GC), and 2 compomers (Freedom/SDI, Dyract XP/ DENTSPLY) through a comparison of fluoride release and antimicrobial effects.

Material and Method: A total of 210 samples were prepared, as 10 for each of the 7 materials for fluoride release and 20 for each material for the antimicrobial effect tests. To measure fluoride release, 5ml distilled water and 5ml TISAB II were added to the samples, which were then incubated at 37°C. The fluoride levels of the material were measured using the selective electrode on days 1, 3, 7, 14 and 28. To compare the antimicrobial effects, 20 samples were separated into 2 groups and implanted in culture media containing S.Mutans and L.Acidophylus. Measurements were taken on days 2, 4 and 6. The Friedman test was applied to measurements that were repeated 5 times in 7 different groups. In the comparison of 7 different groups, the Kruskal Wallis test was used. In the calculation of correlations between continuous measurement variables, Pearson correlation coefficient was used. Results were evaluated at statistical significance level of $p < 0.05$.

Results: All the materials released fluoride and difference between them was determined to be statistically significant ($p < 0.05$). The antimicrobial effect values of the materials against S. Mutans and L. Acidophylus were evaluated with Kruskal Wallis test and Bonferroni correction for multiple comparisons. A statistically

significant difference was determined between the materials on all the measurement days.

Conclusion: All the materials were observed to release fluoride. With the exception of the compomers, all the other materials showed an antimicrobial effect against *S. Mutans* and *L. Acidophylus*.

Key Words: Glass ionomer cement, resin modified ionomer cement, compomer, fluoride, antimicrobial effect



1.GİRİŞ ve AMAÇ

Günümüzde dişlerin restorasyonu sırasında diş hekimlerinin seçebileceği çok fazla sayıda materyal bulunmaktadır. Çürük lezyonunun başarılı bir şekilde restore edilebilmesinde, doğru materyalin kullanımı ve bu materyallerin iyi tanınması önemli rol oynamaktadır (1).

Geleneksel cam iyonomer simanlar; florid salınımı yapabilmeleri, diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri, düşük pH ile antimikrobiyal etki sağlamaları ve çürük oluşumunu engelleyebilme özellikleriyle dişhekimliğinde önemli bir yer tutmaktadır (2).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, içeriğinde %80 cam iyonomer siman ve %20 ışıkla polimerize olan rezin materyal bulundurmaktadır. Bu simanlar genişleme katsayısının düşük olması, yüksek miktarda florid salınımı yapabilmesi ve diş kimyasal olarak bağlanabilmesi sayesinde sıklıkla kullanılmaktadır (3).

Poliasit modifiye kompozit rezinlerin (Kompomer), süt dişlerin restorasyonunda ve daimi dişlerin sınıf III ve sınıf IV kavite restorasyonunda kullanımı önerilmektedir. Diş sert dokularına bağlanma kuvvetleri kompozitlerden daha düşük cam iyonomer simanlardan daha yüksektir. Uygulama öncesi karıştırma gerektirmemesi, ışıkla polimerize edilebilmesi ve düşük miktarda dahi olsa florid salınımı yapabilme özellikleri ile kullanım avantajı sağlamaktadır (4).

Diş çürüğü, bakterilerin neden olduğu diş sert dokularının hastalığıdır. Yaygın çürüklerin bulunduğu ağızlarda mikrobiyolojik olarak Streptococcus Mutans ve Lactobacillus Asidophilus izole edilmektedir (5).

Dişhekimliğinde sıkça kullanılan florid salınımı yapabilen restoratif materyaller, tükürük içerisine düşük düzeyde sürekli olarak florid iyonunun salınımını sağlayarak çürük oluşumunun önlenmesine rol almaktadırlar. Bu materyallerin kullanımı ile çürük oluşumunun önlenmesi koruyucu dişhekimliği açısından büyük önem arz etmektedir (6).

Bu çalışmanın amacı, güncel olarak kullanılan geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompomerlerin florid salınımları ile antimikrobiyal özelliklerini karşılaştırmak; materyallerin florid salınımı ile antimikrobiyal etkinliği arasındaki bağıntıyı değerlendirmektir.



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürüğünün Tarihçesi

Diş çürüğü, dünyanın yaygın kronik hastalıklarından biridir. Çürük, insanları eski çağlardan bu yana etkilemiş olsa da modern çağda önemli ölçüde artmıştır. Bu artışın beslenme değişikliği ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (1). En eski ve ilkel topluluklarda medeni topluluklara göre daha düşük çürük prevalansı görülmüştür. Bu durum hem protein içeren diyetle hem tüketilen besinlerin sert olmasıyla hem de dişlerde oluşan mekanik temizliğin daha fazla olmasıyla açıklanır (7). Kanıtlar, çürük prevalansının 1980'lerin başında en yüksek değerlere ulaştığını daha sonra düşüşe geçtiğini göstermiştir. Bu düşüş belirgin olarak Amerika, Yeni Zelanda, Batı Avrupa ve Avustralya'nın bazı bölgelerinde yaşayanlarda görülmüştür. Bu düşüşün nedeni tam olarak bilinmemekle beraber içme sularına eklenen fluoride bağlanmaktadır (1).

2.2. Diş Çürüğünün Epidemiyolojisi

Diş çürüğü, ülkelerin büyük kısmındaki yetişkinleri ve okul çocuklarının %60-90'ını etkisi altına almış enfeksiyöz bir hastalıktır (8). Ekonomik olarak gelişmemiş ülkeler ile gelişmiş ülkeler kıyaslandığında çürük yaygınlığı değişiklik gösterirken, düşük sosyoekonomik özellikteki bireylerde daha fazla çürük görülmüştür . Bireylerin diş çürüğüne yatkınlıkları, koruyucu önlemlere uyup uymamaları, hayat tarzı ve genetik farklılıklar diş çürüğü oluşumunu etkilemektedir (9).

1970'li yıllardan beri özellikle gelişmiş olan ülkelerde diş çürüklerinin prevalansında düşüş görülmüştür. 1990'lı yıllarda Hollanda'da 5 yaş çocuklarında dişlerde çürük, çekilmiş ve dolgulu diş yüzey sayısı (dmfs) değeri 4' tür (10). Amerika'da 5-9 yaşlarındaki çocukların %51,6' sında birden fazla diş çürüğüne veya restorasyona rastlanmaktadır (11). Sosyoekonomik olarak gelişmemiş olan bireylerde daha fazla miktarda diş çürüğü mevcuttur. Latin Amerika'daki sosyoekonomik seviyesi düşük bireylerde tedavi edilmemiş diş çürüğü oranı %27, sosyoekonomik seviyesi yüksek bireylerde ise bu oran %8,6'dır (12). Gelişmekte olan ülkelerde ve Güneydoğu Asya'da çocuklarda diş çürüğü sıklığı yüksektir. Bazı Afrika bölgelerinde çocuklardaki diş çürüğü sıklığı artmaktadır.

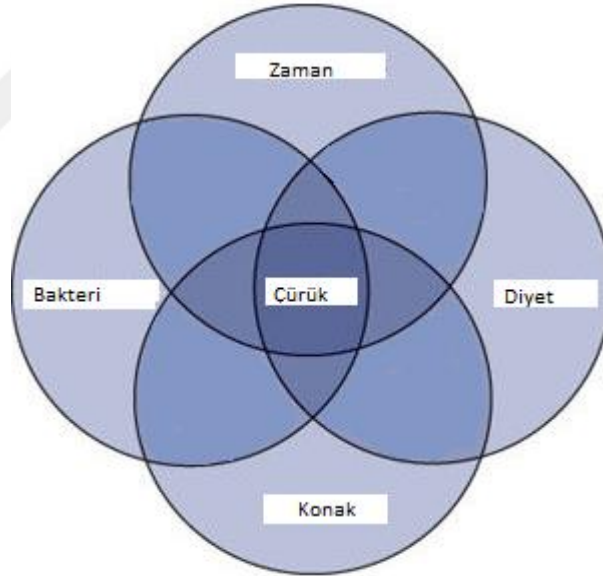
Birleşik Krallık'taki 5 yaş çocuklarında diş çürüğü sıklığı azalmaktadır. Buna karşın Belarus, Macaristan, Romanya ve Rusya'da ise bu sıklığın arttığı belirtilmiştir (13).

2.3. Diş Çürüğünün Tanımı

Diş çürüğü, fermente edilebilen karbonhidratların dental plaktaki asidojenik mikroorganizmalar tarafından metabolize edilmesiyle meydana gelen organik asitler tarafından diş sert dokularının (mine, dentin, sement) demineralizasyon sürecidir (10).

Diş çürüğünün oluşum safhasında 4 ana etken rol almaktadır (14):

1. Mikroorganizmalar
2. Konak
3. Fermente olabilen karbonhidratlar
4. Zaman



Şekil 1: Çürük oluşumundaki faktörleri gösteren Venn diyagramı

Çürük lezyonu ilk olarak mine veya sement yüzeyi ile bakteri plağının dişe temas eden kısmı arasındaki alanda oluşmaktadır. Bakteri plağı içerisindeki mikroorganizmalar, küçük yapıli karbonhidratları fermente ederek, onları glikoliz yoluyla anaerob ortamda hızla laktik, asetik, pirüvik, formik, propionik asitlerden bir veya birkaçına parçalamaktadır. Bu asitler, sement veya minenin demineralize olmasına sebep olmaktadır.

İnsanlarda çürük olayını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler çok çeşitli ve komplekstir. Lokal, bakteriyel ve kimyasal faktörlerin yanı sıra sistemik (büyüme, gelişme, hormonal, beslenme ve medikal) ve çevresel (sosyal, fizyolojik, ekonomik ve kültürel) faktörler de etkilidir . Bu faktörlerden ötürü diş çürüklerinden korunmak için diş çürüğünü oluşturan sebeplerin ortadan kaldırılması gerekmektedir (1).

2.3.1. Mikroorganizmalar

Bakteriler, çürüğün oluşmasında önemli rol oynarlar. İnsan ve hayvan modelleri kullanılan birçok çalışmada şu sonuçlara varılmıştır:

1. Bakteri enfeksiyonu olmayan (germ-free hayvanlarda ya da insanda sürmemiş) dişlerde çürük meydana gelmez.
2. Antibiyotikler, insan ve hayvanlarda çürüğün azaltılmasında etkilidir.
3. Ağız bakterileri in vitro olarak minede demineralizasyona neden olabilir ve doğal çürük benzeri lezyonlar oluşur.
4. Farklı çürük lezyonlarında spesifik bakteriler izole edilebilir ve tanımlanabilir (1).

Çürük lezyonunun başlama noktasında, çürük ile ağız mikroflorası arasındaki neden sonuç ilişkisi çok iyi anlaşılamamıştır. Oral bakteriler, kolonilerden ve birçok farklı türden oluşan karmaşık topluluklardan meydana gelirler. Bu topluluklar yapışkan bir matriks ile sıkıca bir araya gelmiş hücre kitlesi olarak bulunurlar. Yaklaşık olarak 200- 300 tür bakteri, protozoa ve maya oral kavitede doğuştan yer alır. Plağı oluşturan karmaşık bakteri topluluğunun metabolik faaliyetleri; mine, dentin ve gingival dokulardaki hastalığın var olup olmamasını belirler. Yalnızca bir türün karmaşık plak topluluğu olarak patolojik etkisini incelemenin in vivo yöntemlerde zor olduğu açıktır. Kıyasla daha küçük bir bakteri topluluğu çürük ve dişeti hastalıkları gibi iki yaygın ağız hastalığından sorumludur (15).

Farklı yaşam koşullarından ötürü çürüğün farklı katmanlarında izole edilen bakteri türleri de farklı olmaktadır. Mine tabakasındaki başlangıç çürüklerinde Streptokokus Mutanslar etkili olurken, dentin çürüklerinde Laktobasiller, kök yüzeyi çürüklerinde ise Aktnomiçesler rol oynamaktadır (16). S.Mutans ve Lactobacillus

acidophylus (LB) büyük miktarlarda asit üretebilirler (asidojenik), asidik ortamı tolere edebilirler (asidürik) ve sukroz ile güçlü bir şekilde uyarılırlar. Bu iki bakteri grubu insanda çürükle ilgili olan başlıca bakteriler gibi görülürler (1,17). Çürüğe sebep olan mikroorganizmalar karyojeniktir. Bir dişin çürüğe yatkınlığının derecesi, dişin karyojenik potansiyeli şeklinde tanımlanır. MS, insanlarda yaygın bir enfeksiyon olarak bulunur. Yani MS, ırk, cinsiyet, yaş veya coğrafik durum fark etmeksizin herkeste mevcuttur. Normalde, MS ağız florasının etkisiz, küçük bir parçası olarak görülür. Birden fazla sayıda aktif çürük lezyonu olan hastalarda, MS, plak florasının dominant bir üyesi durumundadır. MS çürüğün başlamasında en güçlü m.o olarak değerlendirilir. LB'ler ise kavitasyon gelişmiş bir lezyonun hızlı ilerlemesiyle ilişkilendirilir (18).

Mutans grubu Streptokoklar

İnsandaki çürük lezyonlarında baskın olan bir streptokok türü ayırt edilmiştir. Kokal morfolojiden kokobasil morfolojiye doğru bir görüntü sergileyen bu türe “Streptococcus mutans”(MS) denilmiştir. Bu bakteri; katalaz negatif, hareketsiz, fakültatif anaerob ve gram pozitif koklardır. Ekstrasellüler polisakkarit oluşturma yeteneğine sahiptirler. Oluşturdukları hidrojen peroksit ile diğer bakterileri etkisiz hale getirebilmektedirler (19).

Mutans grubu streptokokların hücre duvarlarındaki karbonhidrat antijenlerinin serolojik özellikleri incelendiğinde bu gruba ait sekiz farklı altgrup(serotip) tanımlanmıştır. Bu altgruplar a'dan h'ye kadar adlandırılmıştır. Serotip a (S. cricetus), Serotip b (S. rattus), Serotip c (S. ferus), ve Serotip d, g, ve h (S. sobrinus). Bu serotiplere ait özellikler Tablo 1' de gösterilmektedir.

Tablo 1: Mutansların serotip özellikleri

TÜR	SEROTİP	KONAK
S.mutans	S.mutans serotip c, e, f	İnsan
S.cricetus	S.mutans serotip a	İnsan
S.sobrinus	S.mutans serotip d, g	İnsan
S.macacae	S.mutans serotip c	Maymun
S.downei	S.mutans serotip h	Maymun
S.rattus	S.mutans serotip b	İnsan- Kemirgen
S.ferrus	S.mutans serotip c	Rat

Bütün MS serotipleri çürüğün önemli bir olası sebebi olarak gösterilmektedir. Bu serotipler arasındaki önemli genetik ve biyokimyasal farklardan dolayı MS'nin tek bir türü çürük sebebi olarak tanımlanmamalıdır (20).

Laktobasiller

Laktobasiller; sporsuz gram pozitif, hücreleri ince ve uzun olan zincir formasyonundadırlar. Fakültatif anaerob ve katalaz negatif bakterilerdir. 1-2 mm çapında, opak ve gri renkli, ıslak koloniler oluştururlar. 30- 40 C arası üremeleri için en uygun sıcaklıktır. Çoğaldıkları ortamda asit üretirler. Ayrıca asitli ortamda daha çok sayıda ve daha kolay çoğalırlar (21). Laktobasiller spesifik karyojenik olarak belirlenen ilk bakteridir. Ağızda pH' ın uzun zaman düşük kaldığı alanlara yerleşirler. Bu da tükürüğün en az ulaşabildiği dişli bölgelerdir. Dişsiz ağızlarda laktobasil bulunmamaktadır (16, 17). Fluorid miktarının yeterli düzeyde olduğu bölgelerde yaşayan insanlarda bulunan laktobasil sayısının, florid miktarının yetersiz olduğu bölgelerde yaşayan insanlara kıyasla daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çok sayıda çürük kavitesine sahip insanlarda, daha az çürük kavitesine sahip insanlara göre daha fazla miktarda laktobasil görülmektedir (21).

Ağız ortamında ve çürük lezyonunda görülebilen laktobasil türleri; *L.casei*, *L.acidophilus*, *L. Viridescens*, *L.fermentum* ve *L.salivarius*' tur. *L.casei* ve *L.acidophilus* karyojenik özelliklerinden dolayı dişhekimliği açısından önemlidirler (16).

Aktinomiçesler

Aktinomiçesler; maltoz, glikoz, salisin ve laktozdan asit üretebilen, hareketsiz, sporsuz, filamentöz ve gram pozitif bakterilerdir (16). Genellikle dişlerin arayüzlerine yerleşen bu bakteriler plak florasının büyük bir bölümünü oluştururlar. *A.naeslundii* ve *A. Viscosus* kök çürüğü, fissür çürüğü ve periodontal harabiyetten sorumlu bakterilerdir. *A. Viscosus* ayrıca temiz diş yüzeyine kolonize olabilen bir bakteridir (23).

Bakteri plağı oluşumunun erken evresi

Mine yüzeyinden mikroorganizmalar ve organik materyalin profesyonel olarak uzaklaştırılmasından hemen sonra yeniden organik materyalin birikimi başlar.

İki saat içinde, hücreden yoksun, düzensiz yapıda organik film tabakası olan pellikıl, mine yüzeyinin tamamını örtebilir. Pellikıl öncelikle tükürüğün çeşitli bileşenlerinin seçici çökmesiyle şekillenir. Pellikılın fonksiyonları: mineyi asit ataklarına karşı korumak, dişler arasında sürtünmeyi azaltmak, remineralizasyonda rol oynamak, diş yüzeyine spesifik mikroorganizmanın bağlanmasını sağlamak ve diş yüzeyine tutunan mikroorganizmalara besin kaynağı olmaktır. Pellikılın yapısındaki proteinler fosfat iyonlarını absorbe ederken diğer asidik proteinler, kalsiyum iyonlarını adsorbe eder. Albümin, immunoglobulin A (IgA) ve IgG, lizozim pellikıldan izole edilen tükürük proteinleridir. Bu proteinlerin bir kısmı biyolojik olarak aktiftir ve mine yüzeyine kolonize olmaya başlayan mikroorganizmalar üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (5).

Temizlenmiş mine yüzeyinde yeniden koloni oluşmasının erken aşaması, pellikıl ve öncü bakteriler arasındaki yapışma bölümünü kapsar. Tükürükte serbest olarak bulunan organizmaların türü ve sayısı, mine yüzeyinde nasıl koloni oluşacağını belirler. Bakteriler yüzey proteinleri sayesinde diş yüzeyindeki pellikıla tutunurlar. Bazı bakteriler, pellikıl veya hidroksiapatite üstün bağlanma kapasitesi nedeniyle avantaja sahiptir. *S.sanguis*, *Actinomyces naeslundii*, *Actinomyces viscosus* ve *peptostreptokokus* ana öncü türlerdir. Mine temizlendikten sonra altmış dakika içinde pellikıla kolonize olma kapasiteleri vardır (24). Bu bağlanma süreci seçicidir. Pellikıla tükürük proteinlerinin çökmesinde bazı alanlar için özel organizma reseptörleri gereklidir. Glukoziltransferaz, sukroz varlığında MS' nin pellikıla bağlanmasında önemli olan enzimdir (25).

Diş yüzeylerine tutunabilme, *S.Mutans*' ların yüzey bileşenleri olan piluslar ile pellikıl içerisinde bulunan tükürük bileşenleri arasındaki etkileşimler sonucunda oluşur. Mutans tarafından üretilen polimerler; suda çözünmeyen glukan, suda çözünen fruktan ve intrasellüler polisakkaritlerdir. Glukan, MS' nin tutunabilmesini ve bakteri metabolizmasının asidik yan ürünlerinin ortamda artmasını sağlar. Bakterinin diş yüzeyinde kolonize olmasında, daha sonra bakterilerin birbirine tutunmasında önemli rol oynar. Levan ve Dekstran, glukoziltransferaz ile ekstrasellüler olarak sentez edilir. Fosfotransferaz enzimi ile şeker transportu yapılır. Bu enzimin işlevi ile ortamdaki glikoz hücre içine depolanır. Bu intrasellüler polisakkarit, glikojen benzeri bir polisakkarittir.

Ortamda şeker azaldığında veya bulunmadığı durumlarda fermentasyonu ve asit üretiminin devamlılığını sağlar (1, 22).

Bakteri plağı

Diş yüzeyinde biriken yumuşak, yapışkan, yarı saydam, mineralize olmamış materyal plak olarak adlandırılır. Tamamen bakteriler ve onların ürünlerinden oluşanbu yapı bakteri plağı olarak da adlandırılabilir. Çünkü 1 mg bakteri plağında 200 milyonun üzerinde bakteri bulunur (27).

Plak, diş üzerinde besinlerin ve mikroorganizmaların gelişigüzel yığılmasıyla oluşmaz. Plağın diş üzerinde birikimi, oldukça organize ilerleyen olaylar zinciridir. Oral kavitede bulunan organizmaların büyük çoğunluğu doğada başka bir yerde bulunmaz. Bu mikroorganizmaların oral kavitede yaşamını sürdürmesi, onların diş yüzeyine yapışma kapasitesine bağlıdır. Kolonize olamayan mikroorganizmalar, ağızdan devamlı tükürük akışıyla ve sık yutma refleksiyle düzenli olarak uzaklaştırılır. Sadece çok az sayıda özelleşmiş mikroorganizma (özellikle streptokoklar) diş ve mukoza yüzeyi gibi oral dokulara yapışabilir. Bu bakterilerin diş yüzeyine ataçmanını sağlayan özel alıcıları vardır. Özel alıcılar yapışkan bir matriks üreterek bakterilerin birbirlerine bağlanmalarını (koherent) sağlarlar. Bu sayede bakteriler diş yüzeyine başarılı bir şekilde kolonize olur. Yapışma gerçekleştiğinde bu öncü organizmalar çoğalır ve lateral olarak bir ağ oluşturacak şekilde diş yüzeyinin üzerinde yayılırlar. Bakterilerin daha fazla büyümesi diş yüzeyinden uzaklaşan vertikal bir büyüme şeklindedir. Ağ şeklinde oluşan bu streptokok yapısı, diş yüzeyine doğrudan tutunamayan spiral ve filamentöz bakteriler gibi diğer mikroorganizmaların kolonize olmasına olanak sağlar. Olgun bir plak topluluğunun oluşması sistemli, ardışık ve karmaşık değişimleri içerir. Her bir değişiklik, bir sonraki basamak için lokal çevre oluşturan bir önceki aşamaya bağlıdır (23, 24).

Plak oluşumunun geç evresi

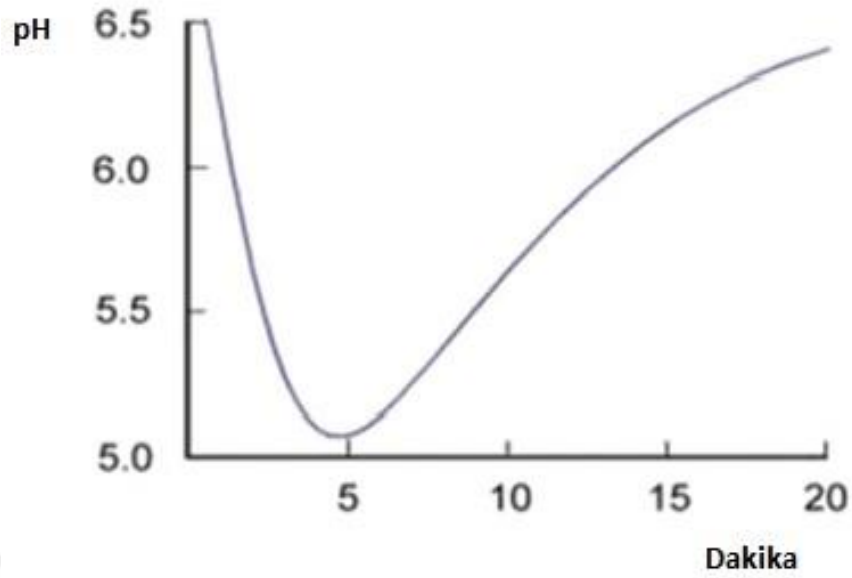
Olgun plak olarak adlandırılan bu evre, çürük ve dişeti hastalığından sorumludur. Plak olgunlaşırken, erken evreler (seres) genellikle patolojik etkinlikten yoksundur. Çünkü öncelikle aerobik mikroorganizmalar içerir ve zararlı metabolitleri yeterli miktarda üretmek için yeterli organizma sayısı ve tipinden yoksundur.

Ayrıca hücrelerin ve matriksin üretimi yavaşlar. Bütün mikroorganizmaların metabolizması için enerji üretimi aynı zamanda asit üretimi ile de sonuçlanır. Geç evrede plak, öncelikle anaerobik yolla enerji sentezleyen bir yapı olduğundan anaerobik metabolitler (zayıf organik asitler, alkol, aminler ve fermentasyon ürünleri) için uygun besinleri azaltır. Sukroz veya glukoz maruz kaldıktan sonra plak pH'ındaki düşüş bunu gösterir. Olgun plak toplulukları glikolitik yol ile sukrozu organik asitlere hızla metabolize eder. Bu organik asitlerden laktik asit öncelikli olarak tercih edilir. Karyojenik plakta neredeyse mevcut olan bütün sukroz, asitle metabolize edilir. pH hızla uzun süren bir düşüşe geçer ve bu pH değerler 5.0–5.5 arasına geldiğinde minde demineralizasyon gerçekleşir. Uzun süreli pH düşüşünün, çürük profilaksisinde ve diyet düzenlemeleri konusunda önemli sonuçları vardır (19).

2.3.2. Diyetin diş çürüğünün oluşumuna etkisi

Kişilerin diyet özellikleri, besinin bileşenleri ve tüketim aralığı diş çürüklerinin oluşumunda etkindir (29). Diyetin önemli bir kısmını oluşturan karbonhidratlar; kimyasal yapılarına ve metabolizmalarına göre şekerler (monosakkaritler, disakkaritler), oligosakkaritler ve polisakkaritler olmak üzere 3 grup altında incelenmektedir. Monosakkaritler 5 ya da 6 karbon atomlu moleküller olup glikoz, galaktoz ve fruktoz; disakkaritler iki monosakkaritin birleşimiyle oluşup bu grupta sakkaroz ve laktoz bulunur. Polisakkaritler ise ondan fazla monosakkaritin birleşimiyle oluşur. Bu grupta nişasta, beslenme fizyolojisi açısından önemli bir karbonhidrattır (30).

Yüksek miktarda karbonhidrat içeren karyojenik diyet, plak bakterileri faaliyetleri ile metabolize edilerek asit üretimine neden olmaktadır. Asitler, mine dokusuna difüze olarak demineralizasyon sürecini başlattıktan sonra gerekli önlemler alınmazsa mine dokusunda daha derin lezyonlar oluşturmaktadır. Diyetin sadece içeriği değil, şekerin alım sıklığı da önemlidir. Asit ataklarına karşı yeterli sürede tamponlama sağlanırsa, asitlerin nötralizasyonu ile demineralizasyon engellenebilir (Şekil 2)(29).



Şekil 2: Stephan eğrisi

2.3.3. Konak faktörlerinin diş çürüğü oluşumunda rolü

Konak faktörleri, insanların diş çürüğüne karşı olan direncini veya yatkınlığını belirlemektedir. Dişlerin yüzey özellikleri, oklüzyonu, pozisyonu, tükürük kompozisyonu gibi konağa ait faktörler diş çürüğünün oluşumunda insanlar arasında farklılıklara yol açmaktadır (11). Pitler, fissürler ve kök yüzeyleri çürüğe yatkın alanlardır. Normal ağız florasını sürdüren tükürük; bakteriyel temizliği, tamponlama, antimikrobiyal aktivite ve remineralizasyonu sağlar (1).

2.3.4. Zaman

Diş çürüğünün oluşabilmesi için mikroorganizma ve besinin bir araya gelerek asit oluşturması gerektiği bilinmektedir. Ancak çürüğün oluşabilmesi için bu elemanların belli bir süre (en az 30 dakika) birlikte bulunması gereklidir. Bu da diş çürüğünün oluşumunda etkili olan diğer bir faktörün zaman olduğunu ortaya koymaktadır (31).

2.4. Çürüğün Sınıflaması

Çürük; yerine, derecesine ve büyüklüğüne göre sınıflandırılabilir (1).

2.4.1. Primer çürük

Dişin orjinal çürük lezyonudur. Primer çürüğün morfolojik olarak üç tipi görülür:

1. Minede pit ve fissür merkezli lezyonlar
2. Minede düz yüzey kaynaklı lezyonlar
3. Kök yüzeyinde bulunan lezyonlar

Pit ve fissür merkezli çürük lezyonları çoğunlukla gelişimsel mine loblarının birleşme kusurlarından kaynaklanır. Bu alanda, çiğneme kuvvetleri desteksiz kalan mineyi kırıncaya dek klinik olarak dikkat çeken bir görüntü yoktur. Çürük, pit ve fissürün tabanında, minede penetrasyon oluşturur. Mine-dentin sınırına kadar lateral olarak yayılmadan ilerler. Daha sonra mine-dentin sınırı boyunca yayılır. Dentin tübüllerinden pulpaya doğru yayılmaya devam eder. Mine gelişim loblarının kusursuz bir şekilde birleşmesiyle oluk ve fossalar oluşur. Bu alanlar çiğneme hareketleri sırasında temizlenebilir olduğundan çürüğe yatkın değildir(1,10).

Düz yüzey çürüğü, genellikle plak kaplı, temiz olmayan mine yüzeyinde başlar. Minede parçalanma koni şeklinde resmedilebilir.

Kök yüzey çürüğü, ağız ortamına maruz kalan ve her an plak ile kaplı diş köklerinde oluşabilir. Sıklıkla yaşlı hastalarda görülür.

Diğer çürük formlarından daha hızlı ilerler. Bu yüzden erken teşhis ve tedavisi çok önemlidir (1).

2.4.2. Sekonder çürük

Sekonder çürük, restorasyon ile diş sınırında oluşur. Bu sınır boyunca ilerleyebilir. Genellikle kavite duvarlarındaki biofilm kaynaklıdır. Ayrıca mikrosızıntı sebebiyle de oluşur. Restorasyon sonrası mikroorganizmaların aktivitesi ile lezyon meydana gelir (1).

2.4.3. Rezidüel çürük

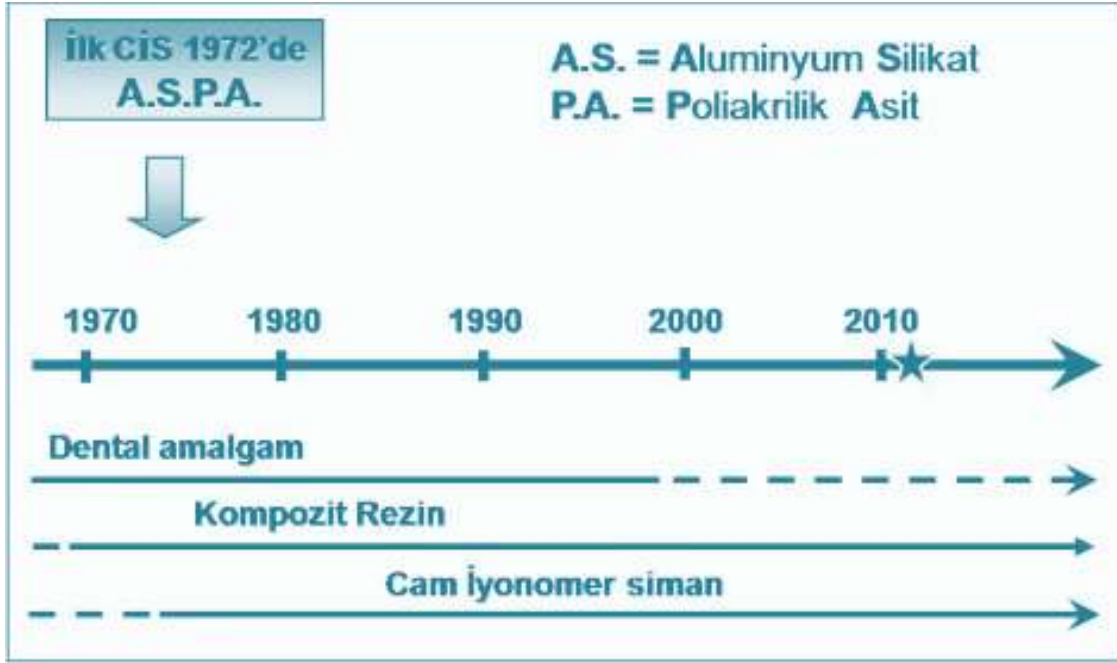
Rezidüel çürük, tamamlanmış diş preparasyonunda kasıtlı ya da kazayla hekim tarafından bırakılan çürüktür. Bu çürükler mine duvarında veya mine-dentin sınırında ise kabul edilemez. Ancak pulpaya yakın etkilenmiş dentinde ise kabul edilebilir (1).

2.5. Posterior Dişlerde Kullanılan Daimi Direkt Restorasyon Materyalleri

Posterior dişlerde direkt uygulanabilen kompozit rezinler, amalgam ve cam iyonomer simanlar daimi restorasyon materyali olarak kullanılmaktadır (32). Kronolojik sıralamada amalgam ilk sırada bulunmaktadır. 70'li yılların sonuna kadar amalgam tek tercih edilen seçenek olmuştur (33). Buna karşın son 20 yıldır amalgam, içeriğindeki cıvaya bağlı olarak alerjik ve toksikolojik potansiyelinden dolayı çok tartışılan bir konu olmuştur (34). Bu tartışmalara paralel olarak amalgam restorasyonlarda azalma görülmüştür. 1995 yılından bu yana amalgama alternatif olacak restoratif materyallerde hızla artan bir çeşitlilik görülmektedir. Ayrıca, adeziv sistemlerdeki gelişmeler ve ilerlemeler sağlıklı diş dokusunun korunmasını ön plana çıkarmıştır. Sağlıklı mine ve dentini koruyarak, tek seansta yapılan restorasyonlar daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (35).

Modern dişhekimliği uygulamalarında amalgamla birlikte en sık tercih edilen materyaller kompozit rezinler ve cam iyonomer simanlardır. Amalgam, düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir özellikleri ile uzun yıllardır klinik uygulamalarda kullanılmaktadır. Buna karşın, cıva toksisitesi ve düşük estetik özelliği dezavantajlarıdır (34). Kompozit rezinler, estetik ve yeterli fiziksel özellikleri ile tercih edilen bir materyal olmuştur. Ancak bağlayıcı sistemlere gereksinim duyulması, zaman alması ve maliyeti dezavantajlarıdır (36).

Cam iyonomer simanlar, kimyasal içerikleri ve toz-likit oranındaki değişime bağlı olarak geliştirilen fiziksel özellikleri sayesinde klinik kullanımda yerlerini almışlardır. Amalgam restorasyonlardan daha estetik olmasına karşın kompozit rezinler kadar başarılı değildirler (37). Buna rağmen, flor salınımı sayesinde antikaryojenik özelliğinin bulunması, biyouyumlu olması ve diş sert dokularına kimyasal bağlanması cam iyonomer simanları farklı bir grup haline getirmiştir (38).



Şekil 3: Restoratif materyallerin tarihsel gelişimi

2.5.1. Amalgam

Amalgam, marjinal bölgelerde korozyon ürünleri oluşturup örtüleme yapması, neme daha toleranslı olması ve yüksek aşınma direnci nedenleriyle yüz yılı aşkın bir süredir dişhekimliğinde başarıyla kullanılmaktadır (39). Hatta izolasyonun zor olduğu alanlarda bile kullanılabildiği bildirilmiştir. Buna karşın, amalgamın diş dokuları ile kimyasal bağlantısının olmaması, galvanik akım oluşturmaması, ısı iletiminin yüksek olması, içeriğindeki cıvanın potansiyel toksisitesi ve estetik görünmemesi gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur.

Amalgam restorasyonlar, bazı amalgam bağlayıcı kimyasallar kullanılarak da diş dokularına bağlanabilirler. 4-META (4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride) bağlayıcı sisteminin klinik olarak en başarılı içerikli Amalgabond Plus (Parkell, Edgewood, NY, ABD) olduğu iddia edilmiştir (16). Amalgam bağlayıcılar, bağlayıcı ajan ile dentine bir hibrit tabaka oluşturarak bağlanmaktadır. Ancak, bağlayıcı resin amalgama kimyasal olarak değil büyük oranda mekanik olarak bağlanmaktadır. Resin bağlayıcı polimerize olmadan amalgam dolgu kaviteye uygulanır ve aynı zamanda resin uzantıları da arayüzde amalgam içine doğru uzanır. Birçok çalışma adeziv amalgam restorasyonların başarılı olduğunu göstermiştir (40,41).

Günümüzde, amalgamın civa içermesi nedeniyle, restoratif materyal olarak kullanılması ciddi eleştirilere yol açmaktadır (42).

2.5.2.Kompozit rezinler

Adeziv sistemlerin gelişmesiyle birlikte kompozit rezinlerin kullanımları da artmıştır. Başlangıçta kompozit rezinlerin düşük aşınma dirençleri sebebiyle, sadece estetiğin önemli olduğu anterior restorasyonlarda kullanılmaları önerilmiştir (1). Kompozit rezinlerin geliştirilmesiyle birlikte, aşınma dirençleri anlamlı düzeyde artmıştır. Günümüzde direkt posterior restorasyonların %50'den fazlası kompozit rezin materyaller ile yapılmaktadır. Kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin gelişmesine karşın, amalgam ile karşılaştırıldığında restorasyonun yapımı daha pahalı, zor ve zaman alıcıdır. Kompozit rezin restorasyonlarda aproximal kontakın sağlanması, kompozitin kondanase edilememesi nedeniyle sorun oluşturmaktadır (43). Bu sorunu aşmak için yardımcı kontak yapıcı aletler, bölümlü matris sistemler, özel şekilli matris bantları ve ışık tabancası uçları geliştirilmiştir. Kompozit rezinlerin polimerizasyonu sırasında görülen %1-7' lik polimerizasyon büzülmesi, marjinal adaptasyonun azalmasına ve postoperatif termal hassasiyete neden olmaktadır (44). Bu büzülmenin önüne geçmek için ışıkla sertleşen kompozit rezinler kavitelere 2 milimetrelik tabakalar halinde yerleştirilip polimerize edilmektedir (1).

Kompozit rezinlerin içinde bulunan fotoinisiyatörler amin katalizörü varlığında görünür ışıkla aktive olmaktadır. Fotoaktivasyona uğramış diketon-amin kompleksi dimetakrilat rezin monomerlerinin polimerizasyonunu başlatmaktadır. Kompozit rezinler maksimum reaksiyon için gerekli olan ve kendilerine uygun dalga boyundaki ışık ile aktive olan çeşitli fotoinisiyatörler içerirler. Çoğu kompozit rezin kamforokinon içermesine rağmen, bu fotoinisiyatörün kompozit rezine sarı bir renk tonu vermesi nedeniyle bu sarı rengi azaltacak alternatif fotoinisiyatörler de kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar, LED ışık kaynaklarının sağladığı dalga boyundan daha düşük olan 390- 410 nm aralığında dalga boyundaki ışıkla aktive olmaktadır. Bu alternatif fotoinisiyatörleri içeren kompozit rezinler, daha geniş bir spektruma sahip ışık kaynaklarına gereksinim duymaktadırlar.

Yetersiz polimerizasyon kompozitin mekanik özelliklerini, aşınma direncini ve rengini zayıflatacağından, kompozit rezinlerin uygun dalga boyundaki bir ışık kaynağı ile 2 mm kalınlığında tabakalar halinde uygulanması gerekmektedir (45,46).

Sıkıştırılabilen (Packable) kompozit rezinler

Uygulama aşamalarında amalgama benzer ancak alternatif olarak geliştirilmiş olan yüksek viskoziteli kompozit rezinlerdir. Hibrit kompozitlerden daha fazla oranda doldurucu partikül içermeleri ve partikül dağılımlarının fazlalığı sayesinde viskoziteleri artmıştır. Artmış viskozite matriks bandının yer değiştirmesini mümkün kılar. Bu sayede Sınıf II kavitelere arayüz kontağının daha kolay bir şekilde oluşturulabileceği iddia edilmektedir. Çiğneme kuvvetlerinin yüksek olduğu posterior bölge restorasyonları için kullanımları önerilmektedir (47).

Akışkan (Flowable) kompozit rezinler

Hibrit kompozit rezinlere kıyasla daha küçük partikül boyutu, daha az doldurucu ve daha fazla miktarda organik matris içermektedirler(48). Organik matris oranının artmasına bağlı olarak akışkanlığı artmıştır. Bu kompozit rezinler, pit ve fissür gibi dar kavitelere ve undercutlı bölgelere kolaylıkla uygulanabilir. Minimal invaziv yaklaşımlarda, eski restorasyonların tamirlerinde, Sınıf V kavitelere, hibrit ve sıkıştırılabilen kompozit rezin restorasyonların altında stres kırıcı kaide materyali olarak kullanılabilirler (49).

Smart ve antimikrobiyal kompozit rezinler

Yapısına flor, kalsiyum ve hidroksil gibi fonksiyonel iyonlar salabilen özel kimyasallar eklenerek elde edilen rezinlerdir. Bu sayede, mikroorganizmalara ve ürettikleri asitlere karşı etki gösterebilen bir yapı oluşmuştur. Bu restorasyonlarla temas eden komşu diş yüzeylerinin de demineralizasyondan korundukları iddia edilmektedir. Açığa çıkan iyon miktarı, restoratif materyalin dış tabakasında oluşan pH değerine bağlıdır. Dental plak aktivitesine bağlı olarak azalan pH, koruyucu iyon salınımını artırır. Bu iyonların bakterisit özellikleri ve asit tamponlama kapasitesi ile demineralizasyonun azalacağı ve sekonder çürük oluşumunun önlenebileceği düşünülmektedir (50).

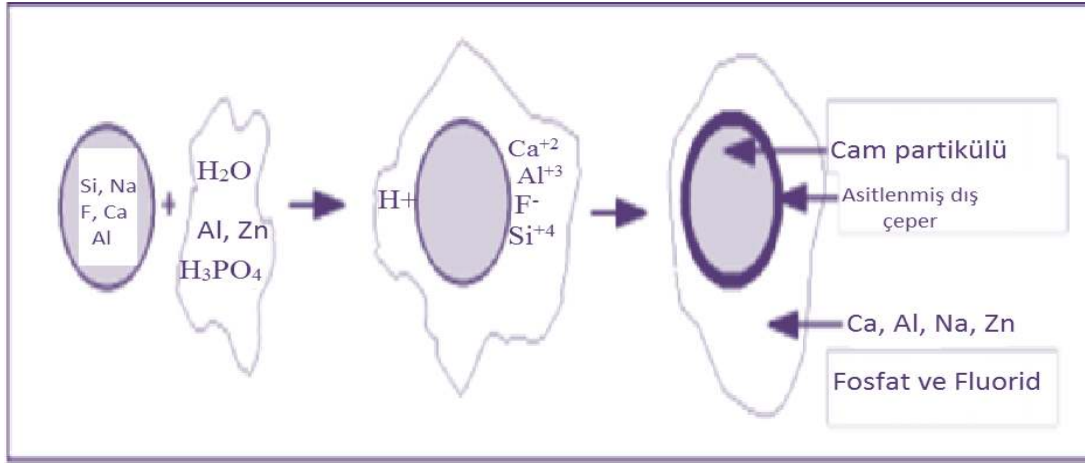
Antimikrobiyal özelliği olan kompozit rezinlerin üretilmesi iki yolla mümkün olabilmektedir:

- a. Resin matris yapısına çözünebilir antimikrobiyaller ilave etmek
- b. Antimikrobiyal ajanların, resin matriksin içinde sabit kalmasını sağlamak

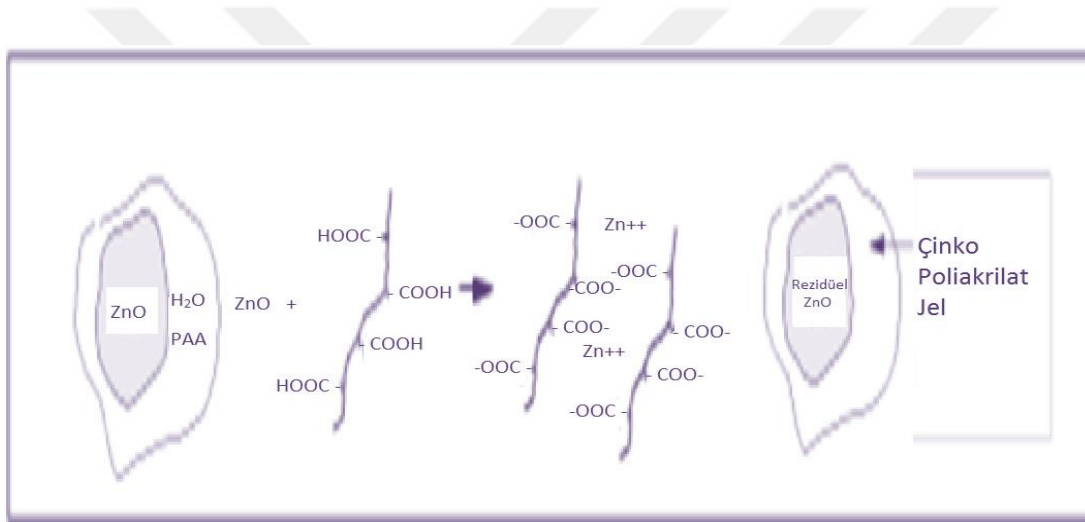
Birinci yöntem için ek olarak kullanılan madde klorheksidindir. Restorasyon materyalinden salınarak etki gösterir. İkinci yöntemde resin materyaller için yeni bir monomer olan 12-methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide (MDPB) geliştirilmiştir. Matriks içinde sabit olan bu monomerin dışarı salınımı yoktur. Bakteriostatik ve bakteriyel plak birikimini engelleyici etki göstermektedir (51,52).

2.5.3.Cam iyonomer simanlar

1960'ların başlarında, Hidroksiapatit (HA) ve dentin kollagenleri ile reaksiyona giren hidrofilik materyaller geliştirilmiştir. Hidroksiapatit' in hem mine hem de dentinde büyük oranda bulunması, kalsiyuma bağlanmanın önemli olduğunu akıllara getirmiştir. Bu sebeple, poliakrilik ve sitrik asit içeren, suda çözünebilir polielektrolit sistemler ilgi çekmiştir. 1963 yılında, poliakrilik asidin diş sert dokularına adezyon potansiyeli ilk defa incelenmiştir. Araştırmacılar poliakrilik asidin kalsiyuma bağlanabildiğini ve kollagen gibi organik polimerlerle hidrojen bağları oluşturabildiğini görmüşlerdir (53). Biyouyumlu olan ve iyi fiziksel özellikleri bulunan Poliakrilik simanlar, aynı zamanda hidroksiapatite bağlanabilmekteydi. Silikat simanlar, silikat camında Al_2O_3/SiO_2 oranındaki değişim ile estetik özellikleri artırılarak Wilson ve Kent tarafından geliştirilmiştir (Şekil 4)(54). Cam İyonomer Siman'ın tasarımı, silikat ve polikarboksilat simanlarının melez bir karışımıdır. CİS' lerde ilk olarak, silikatların alüminosilikat tozları ile polikarboksilikatların poliakrilik asitleri kullanılmıştır. Cam iyonomer simanlar birçok gelişim aşamasından geçerek günümüze kadar gelmiş restoratif materyallerden biri olmuştur. İlk defa 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından dişhekimliğine sunulmuş ve ismi Alumino-Silikat-Poliakrilik-Asit olan içeriğin ilk harfleri alınarak ASPA olmuştur (Şekil 1-4)(55).



Şekil 4: Silikat simanın yapısı



Şekil 5: Polikarboksilat simanın yapısı

İlk ticari cam iyonomer siman Dentsply DeTrey tarafından ASPA I adı altında piyasaya sunulmuştur. Daha sonra 1972 yılında ASPA II, 1974 yılında ASPA III ve 1977 yılında ASPA IV üretilmiştir (54–57).

Cam İyonomer Simanların Kullanım Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Cam iyonomer siman ifadesi, sertleşme ve asit-baz reaksiyonu olan, flor rezervuarı olabilen ve devamlı olarak flor salınımı yapabilen restoratif materyaller için kullanılan bir kavramdır. Bu tanımlamaya uyararak, cam iyonomer simanların uygulama biçimleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (57,58):

Tip I: Kupon, köprü ve ortodontik braketlerin yapıştırılmasında kullanılan simanlar

Tip II a: Estetik restoratif simanlar

Tip II b: Güçlendirilmiş restoratif simanlar

Tip III: Kaide materyali olarak kullanılan simanlar

Tip IV: Kanal dolgu patı olarak kullanılan simanlar

Bütün bu gruplarda kimyasal yapı aynı olup, istenen fonksiyonu elde etmek amacıyla toz-likit oranlarında ve toz partiküllerinin boyutlarında değişiklikler yapılmıştır. Cam iyonomer simanlar, diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanan, biyouyumlu, uzun süre boyunca flor iyonu salınımı yapan, flor ile reşarj olabilen ve diş dokularına çok yakın bir termal karakter gösteren restoratif materyallerdir (59). Bu avantajlarına karşın, kısa çalışma zamanı ile birlikte daha uzun sertleşme zamanı, düşük kırılma direnci, zayıf aşınma direnci, neme karşı hassasiyet ve sertleşme reaksiyonunun erken safhalarında dehidratasyona uğrayabilmeleri gibi dezavantajları mevcuttur (36,60,61).

Cam iyonomer simanların mekanik ve kimyasal özellikleri, çalışma ve sertleşme zamanları birçok kritik faktöre bağlıdır. Bunlar:

- Cam tozunun partikül büyüklüğü
- Formülasyonda kullanılan poliakrilik asit likiti ve aluminosilikat cam partiküllerinin reaksiyonu
- Siman karışımındaki bileşenlerin oranı (cam/poliakrilik asit/tartarik asit/su)
- Karıştırma yöntemi olarak sayılabilir.

Cam tozu ya da poliakrilat yapısına organik ve inorganik eklemeler yapılarak cam iyonomer simanların performansını arttırmaya yönelik araştırmalar hızla devam etmektedir (37).

Cam İyonomer Simanların İçeriğine Göre Sınıflandırılması

- Geleneksel cam iyonomer simanlar
- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
- Kompomerler (Poliasit modifiye kompozit rezinler)
- Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanlar

Simanın yapısı

Asit-baz reaksiyonu, reaktif cam partikülleri ve poliakrilik asitler olarak üç başlıkta incelenebilir (3).

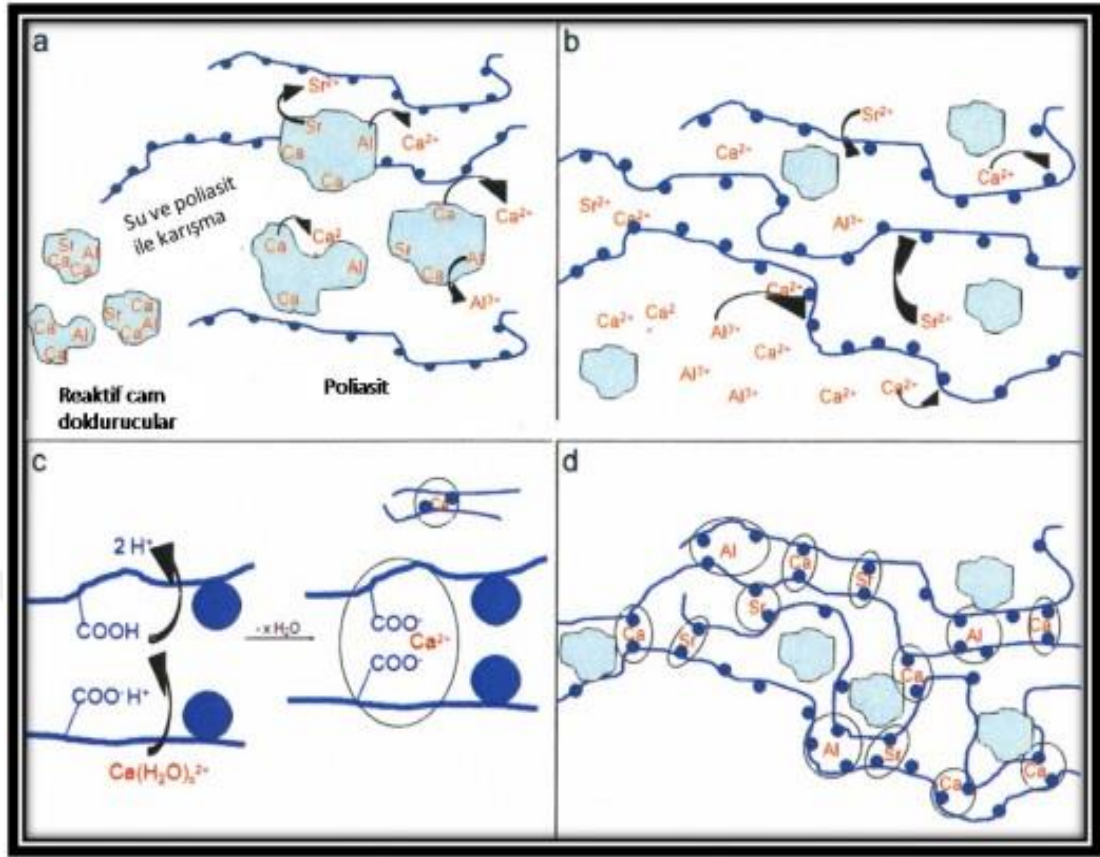
Asit-Baz reaksiyonu

Cam iyonomer simanlar, kalsiyum veya stronsiyum içerikli alumina-silikat cam partiküllerinin suda eriyebilen polimerik asitlerle kombinasyonu ve flor eklenmesi ile elde edilmektedir (62,63). Bileşenlerin karıştırılması ile katı cam partiküllerinin asit gruplarını nötralize etmesine dayanan bir sertleşme reaksiyonu oluşur.

Cam iyonomerlerin sertleşme mekanizması dört fazda gerçekleşir (Şekil 6) (63):

- a. Toz ile likidin teması
- b. Cam partiküllerine doğru asit atağı
- c. Matrisin şelasyonu
- d. Matrisin sertleşmesi

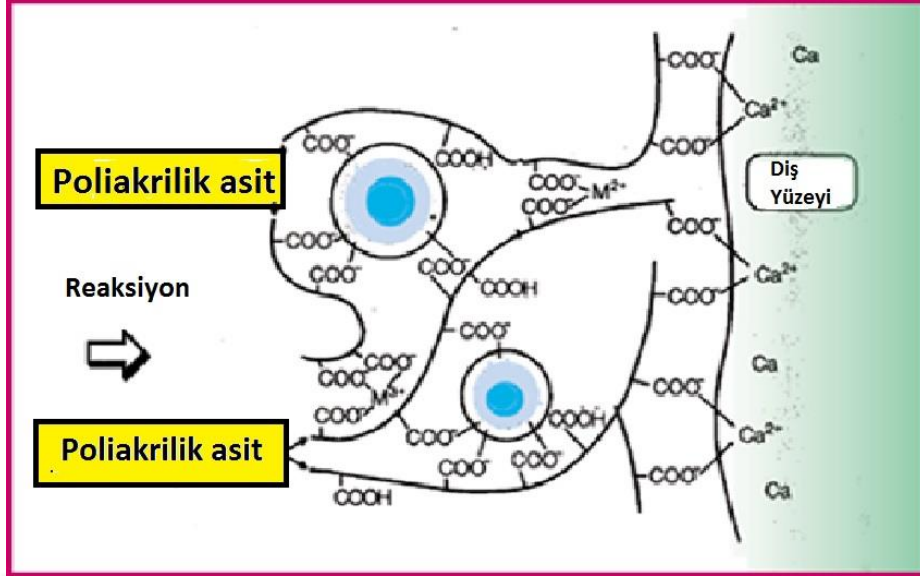
Başlangıç fazında, cam partiküller poliakrilik asit solüsyonu içerisinde yayılır. Cam partiküller siman matriksinde doldurucu görevi yapar. Asit atağının gerçekleştiği fazda, yüzeydeki cam partiküllerin yıkımı başlar ve simanı oluşturan metal iyonlarının (Al^{+3} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , F^{-1}) serbest hale gelmesi ile reaksiyon devam eder (63).



Şekil 6: Cam iyonomer simanların dört fazlı sertleşme mekanizması

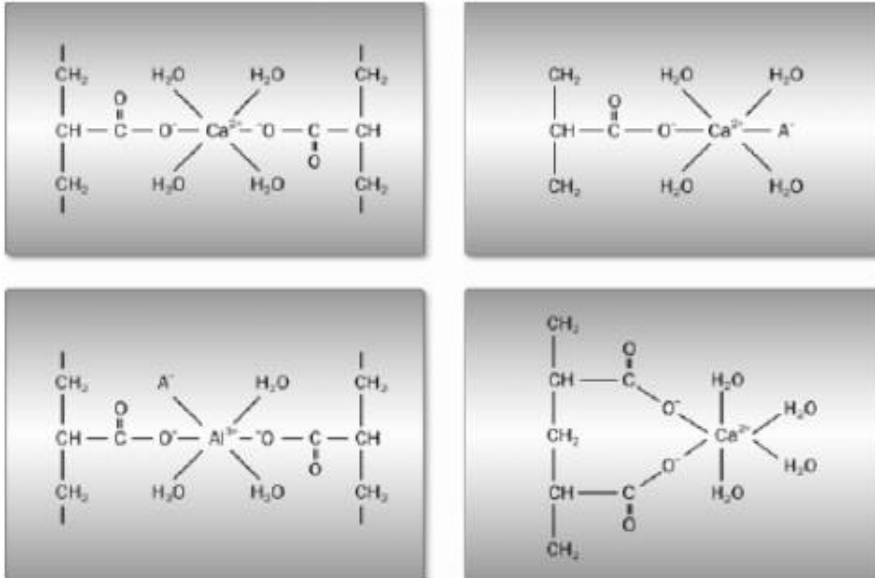
Serbestlenen metal iyonlar simanın likit fazına doğru hareket eder. Daha sonra katyonlar poliasit zincirleri arasında tuz köprülerinin yapımına yardım ederek yüzeyinde silikadan zengin “silika hidrojel tabakası” oluşturur (60,61,63). Kalsiyum poliakrilat oluşumu, alüminyum poliakrilat oluşumundan daha hızlı bir reaksiyon gösterir. Reaksiyon devam ederken, matris içindeki iyon yoğunluğu artar. Poliakrilik asidin poliakrilatlara dönüşmesi ile beraber ortamın pH’ı ve viskozitesi artar (60). Çoğunlukla, polikarboksilik asidin %45’lik sulu solüsyonu kullanılır. CİS’in sertleşme tepkimesini kontrol edebilmek için, cam tozuna bir miktar kuru poliakrilik asit ilave edilir (61).

Cam iyonomer simanın dış sert dokusu ve metal ile bağlanması tam olarak açıklanamamaktadır. Bununla birlikte, bu bağlanmanın polimer asitlerdeki karboksil grupları ile metal iyonları arasındaki iyonik bağlanma ile meydana geldiği düşünülmektedir(Şekil 7) (64).



Şekil 7: Cam iyonomer simanların dış yüzeyine kimyasal bağlanması

Su, cam iyonomer simanların sertleşmesi aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Sertleşme sürecinin başından itibaren, likitte yer alan su siman yapısıyla tamamen birleşir (13). Sertleşme tepkimesi boyunca, metal katyonlarının çözünmesini engellemek için siman tozunun su kontaminasyonundan korunması gerekir. Simanın katı hale gelmesiyle beraber, su metal katyonları çevresinde koordinasyon alanları veya polianyon zincirleri çevresinde hidrasyon bölgeleri gibi çeşitli konumlarda yer alabilir (37,65,66). Cam iyonomer simanın maturasyonu sırasında meydana gelen hidroliz olayı Şekil 8’de görülmektedir (67).



Şekil 8: Cam iyonomer simanın maturasyonunda görülen hidrolizin şematik görünümü

Bu aşamada, ortaya çıkan su kaybı siman yüzeyinde çatlaklara neden olur. Bunun sonucunda çatlamış toprak görünümüne benzer bir yüzey ortaya çıkmaktadır. Simanın maturasyonu devam ettikçe simandan su çıkışı gitgide artmaktadır. Sertleşme reaksiyonun belirli bir süre boyunca devam ettiği gözlenmektedir. Simanın sertleşme aşamaları sistematik olarak Şekil 9’ da gösterilmiştir (66).

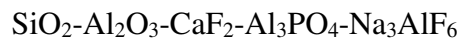
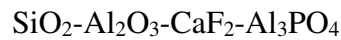


Şekil 9: Cam iyonomer simanın maturasyonunda görülen başlıca sertleşme safhaları

Reaktif (İyonomer) Cam Partikülleri

Cam iyonomer simanların üretiminde kullanılan cam partiküllerinin yapısı oldukça karmaşıktır ve birçok bileşeni bulundurmaktadır. Cam partikülünün üç temel bileşeni alüminyum (Al_2O_3), silika (SiO_2) ve kireçtir (CaO). Genellikle çinko oksitler (ZnO) ve stronsiyum (SrO), CaO ' in yerini alırlar. Kalsiyum florür (CaF_2), rezervuar görevini üstlenerek yapıya katılmıştır. Ayrıca, fosfat (P_2O_5) ve soda (Na_2O) da içerirler (68). Cam tozu, $1100^{\circ}C$ - $1500^{\circ}C$ sıcaklıkta erimiş silika (SiO_2), alümina (Al_2O_3), metal fosfat, metal florür ve metal oksitin bileşiminden oluşmaktadır (69).

Wilson'ın orijinal cam formülasyonları aşağıdaki gibidir (2):



Cam tozunda stronsiyum ile kalsiyum elementleri, yarıçap ve iyon değeri olarak benzer olduğundan yer değiştirebilirler. Son iki formülasyonda remineralizasyon için sağlanması gereken flor, fosfat ve kalsiyum bulunmaktadır. Cam partiküllerin radyoopasite özelliğini arttırmak için kalsiyum, stronsiyum ile tamamen ya da lantanyum ve baryum ile kısmen yer değiştirebilir. Kalsiyum iyonu ile stronsiyum iyonu değeri ve yarıçap olarak benzer olduğundan ($Ca^{+2} = 0,99 \text{ Å}$, $Sr^{+2} = 1,13 \text{ Å}$) tamamen yer değiştirebilir. Kalsiyumun, lantanyum ve baryum ile kısmen yer değiştirebilmesinin sebebi yarıçaplarının daha büyük olmasıdır ($Ca^{+2} = 0,99 \text{ Å}$, $Sr^{+2} = 1,13 \text{ Å}$, $La^{+3} = 1,35 \text{ Å}$, $Ba^{+2} = 1,35 \text{ Å}$) (36,69).

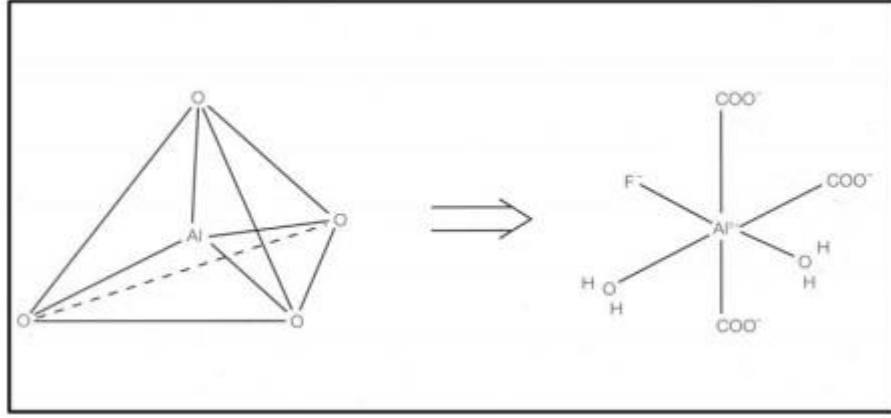
Cam iyonomer simanın tozu içerisinde bulunan flor ve fosfat, simanın erime sıcaklık noktasını düşürmekte, şeffaf bir görünüm kazandırmakta ve sertleşen cam iyonomer simanın daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Camın iskeletini, silisyum dioksit ve alüminyum oksit oluşturmaktadır. Bu yapı, üç boyutlu silikat ile tetrahedral bir yapıdır. Elektronları nötralize etmek için alkali iyonlar Al^{+3} iyonlarının etrafında yer almaktadırlar. Bunlar modifiye edilmiş iyonlar gibi hareket etmekte ve silikat yapının moleküler ağırlığını azaltmaktadırlar.

Modifiye edilmiş metal iyonları yüksek reaksiyonlu poliasidik cam oluşumunu sağlamaktadırlar. Camın yapısında bulunan fosfat ve flor iyonları silika tetrahedral yapı içinde bulunmazlar (3,69).

Wilson ve arkadaşları, oluşturulmuş simanların özellikleri ile ilk geliştirilen cam bileşenleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Cam iyonomer simanın özelliklerini belirleyen en önemli parametrenin, Al:Si oranı olduğunu, ancak bunun yalnız başına yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Örneğin, Ca^{+2} ve Sr^{+2} gibi katyonlar, camın oluşum mekanizmasındaki alüminyumun yapısal rolünü belirlemede etkili elementlerdir (70).

Ca:Al oranının 1:2' den fazla ve Al:Si oranının 1:1' den küçük olduğu durumlarda, tüm alüminyum iyonları dörtlü bağ yaparlar. Böylece cam mekanizmasına (AlO_4) tetrahedron olarak katılırlar. Cam mekanizması SiO_4 ve AlO_4 tetrahedronlarının bağlanmasından oluşur. Böyle bir yapıda, Al^{+3} katyonları Si^{+4} katyonlarının yerini aldığı anda, camı meydana getiren birimler negatif olarak yüklenir. Bu birimler, cam ağındaki mevcut pozitif yüklerle dengelenir (71).

Eğer katyonlar yetersiz ise alüminyum iyonlarının hepsi dörtlü bağ yapamaz ve bir kısmı altılı bağlar yapar (Şekil 10) (2).



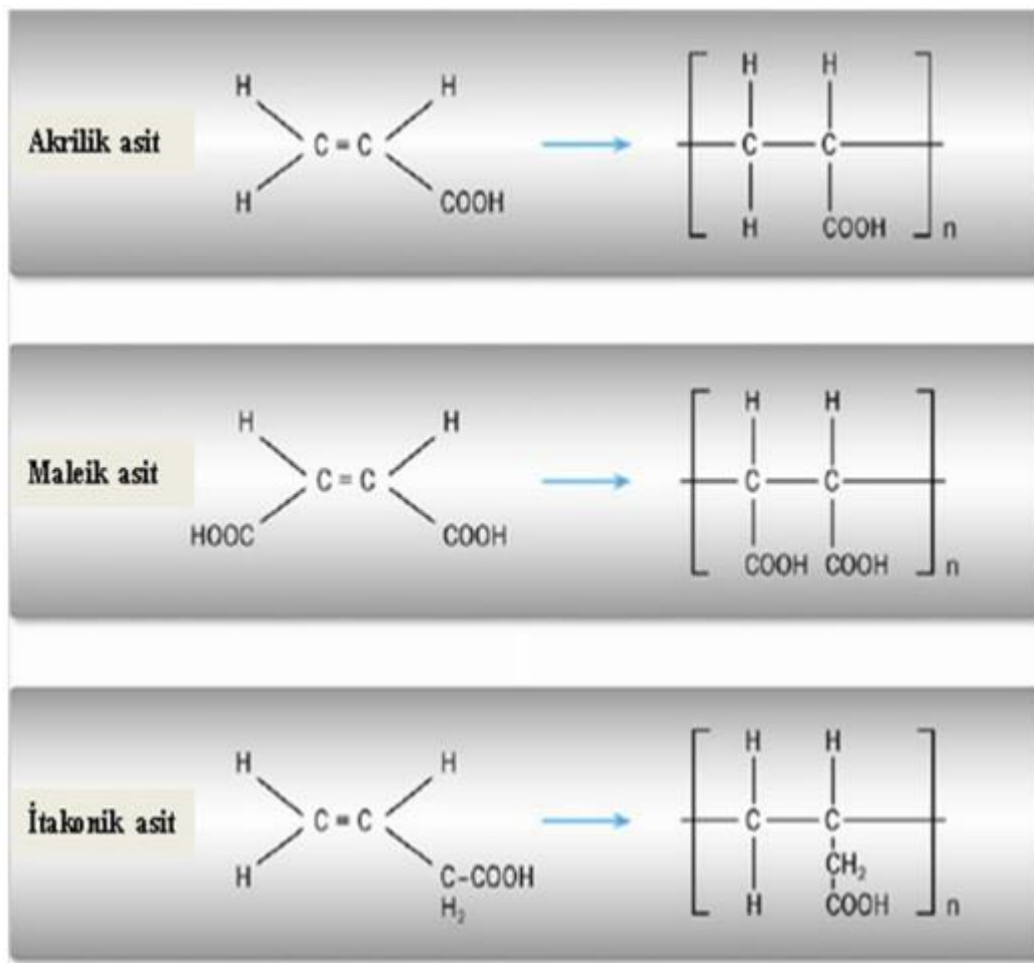
Şekil 10: Al^{+3} ün O^{-2} ile oluşturduğu tetrahedron yapısı ve siman matrisinin altılı bağı

Al^{+3} ve Si^{+4} iyonları arasında kurulan oksijen bağları asit ataklarına karşı zayıftır. Al^{+3} iyonunun alan direnci Si^{+4} iyonuna göre daha zayıftır. Sonuç olarak, Al^{+3} iyonları oksijen anyonlarının elektron bulutları kadar kuvvetli etkileşemez. Bu nedenle asit atağına duyarlı hale gelirler.

Bağ kurmamış serbest oksijen iyonları da bu asit atağına duyarlıdırlar. CaF_2 gibi flor içerikli bileşikler, SiO_3F ve AlO_3F tetrahedronları oluşturmak üzere camın yapısına katılırlar (71,72). F iyonlarının O^{-2} iyonlarının yerine geçmesi, merkezi katyonların sayısını azaltarak kalan katyon bağlarını kuvvetlendirir ve asit atağına daha dirençli konuma getirir. Buna karşın, F iyonları bağ kurmaz ve mekanizmayı bozarlar (70,71). Her bir flor iyonu camın yapısına bağ kurmamış oksijen iyonu katar. Bu nedenle CaF_2 molekülü, teorik olarak CaO 'dan daha güçlü bir mekanizma elemanıdır. CaO 'ın CaF_2 'nin yerine geçmesi, camın asit atağına duyarlılığını arttırır. Bunun sonucunda simanın sertleşme zamanı azalır (73). Word ve Hill'in çalışmasına göre (74), çoklu bileşenli camlar, kristalleşmenin yanında sıvı-sıvı fazı ayrışması da gösterirler. Sonuçta flor ve kalsiyumdan zengin bir yapı oluşur. Çoğu durumda, bu tanecikler CaF_2 kristaline dönüşür. Yapılmış çalışmalara göre, siman reaksiyonu tercihen flor ve kalsiyumdan zengin fazda gerçekleşir. Genellikle, sıvı-sıvı fazıyla oluşan camlar en kuvvetli siman yapısını oluştururlar (75).

Poliakrilik Asitler

Cam iyonomer simanların reaktivitesi, asit veya kopolimerik asidin çeşidi kadar, konsantrasyonuna ve moleküler ağırlığına da bağlıdır. İtakonik ya da Maleik asit eklenmesi ile toplam moleküler ağırlıktan dolayı karboksilik gruplarının miktarı artar. Bu durum reaktivitenin artmasını sağlar. Poliakrilik asit (Şekil 11), cam iyonomer simanın toz veya likit kısmında bulunabilir. Diğer teknik ise, likit kısmı distile su olan ve çözünebilir kuru poliasitlerin toz kısmında yer aldığı simanlardır (68,2).



Şekil 11: Cam iyonomer siman oluşumunda kullanılan polikarboksilik asitler

Asit, ilk aşamada cam yapısını bozarak cam ağındaki bağları hidrolize eder. Karboksilat gruplarıyla şelasyon yaparak poliakrilik zincirler arasında çapraz bağları kuran kalsiyum ve alüminyum katyonlarını salar (72). Çapraz bağların miktarı, simanın özelliklerine etki eden başlıca faktörlerdendir.

Simanın Young elastiklik modülünü arttırmak, çapraz bağların artırılması ile mümkün olmaktadır (75). Poliakrilik asit konsantrasyonunu arttırmak da, pH'ı düşürür, reaksiyonun derinliğini ve kalitesini artırır. Asit miktarının artması, su miktarının azalması anlamına gelmektedir. Bunlara ek olarak, iyonik çapraz bağların artması daha az miktarda serbest su içeriği ile gerçekleşir. Young elastiklik modülü serbest kalan suyun esneme etkisine bağlı olarak artar. Poliakrilik asidin yoğunluğunun artması sonucunda, çatlaklarda plastik etki artar ve cam iyonomer simanın dayanıklılık özellikleri gelişir (75,76).

Çok yüksek asit yoğunluğunda, oluşan bileşiklerin su ihtiyacını karşılayacak kadar suyun ortamda bulunmaması ya da tam bir nötralizasyon için lazım olan metal katyonlarının yetersiz olması reaksiyonu engelleyebilir (70).

Az miktarda bileşik oluşturuca ajan eklenmesi cam iyonomer simanın sertleşme karakterini değiştirir. Bunlardan en etkili olanı L-(+)-tartarik asittir. Bu asidin ilavesi (62,77);

- Kalsiyum tartrate oluşumunu hızlandırmanın yanında, siman içinde alüminyum poliakrilat oluşumunun kalitesini de artırır.
- Cam partiküllerinden ayrılan metal iyonları öncelikle tartarik asitle reaksiyona girerek tartrate oluştururlar, bu nedenle polituz matrisi oluşumu gecikir.
- Sertleşmeyi hızlandırır.
- Çalışma zamanını uzatır.

Materyalin Özellikleri

Cam iyonomer simanlar, mevcut bazı özellikleri ile restoratif ve adeziv materyal olarak klinik açıdan avantaj sağlayan cazip materyallerdir (78). Bu özellikler:

1. Doğrusal eğme özellikleri
2. Aşınma
3. Termal uyumluluk
4. Diş dokularına adezyon
5. Antikaryojenik özellikler' dir.

Doğrusal eğme özellikleri

Dental restoratif bir materyalin mekanik özellikleri; elastiklik modülü, kırılma dayanımı ve yüzey sertliği gibi doğrusal eğme özellikleriyle ilişkilidir. Cam iyonomer simanların germe-direnç özelliği, uygulanan test koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Piyasada mevcut olan cam iyonomer simanlar, 2-10 MPa kadar elastiklik modülüne sahiptir (3).

Özellikle karıştırıldıktan sonra ilk sertleşme sırasında meydana gelen fazla nem kontaminasyonu, elastiklik modülünden ve kırılma direncinin düşmesinden sorumludur. Yüksek miktarda kuvvetin geldiği posterior bölgede cam iyonomer simanların kullanılabilmesi için doğrusal eğme karakterlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (79).

Cam iyonomer simanlar diğer restoratif materyallerle karşılaştırıldığında, çeşitli pH'lardaki solüsyonlarda, asit erozyonuna karşı yüksek direnç göstermişlerdir (80). Cam iyonomer simanlarla yapılan uzun dönem araştırmaların sonuçlarına göre, materyalde ilk altı ayda %5 kadar yüksek bir su emiliminin olduğu görülmüştür (81). Bu kadar su emilimine bağlı olarak kompozit rezinlere kıyasla daha fazla genleşme göstermektedir. Su emilimi, cam iyonomerlerin mikro yapısını etkilediği için kırılma dayanım ölçümleri farklılıklar göstermektedir. Kırılma dayanımı, mevcut ve deneysel cam iyonomer simanlar için $(0,1-0,6)^{0,5}$ Mpa arasındadır (82).

Aşınma

Aktif kimyasal bir ortam içinde çiğneme yüklerinin restorasyon üzerindeki etkisi karmaşık bir süreçte değişkenlik göstermektedir. Zaman içinde restorasyonlarda meydana gelen başarısızlıkların nedenleri; aşınma, marjinal kırık ve yorulma kırıklarıdır (83). Restorasyon yüzeyine gelen çiğneme kuvvetlerinin yoğunluğu, günlük çiğneme sayısı gibi homojen olmayan bir yapıdadır ve bu nedenle, döngüsel yükleme şartlarını belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bream ve arkadaşlarının 1994 yılında yaptığı araştırmaya göre, bölgeler arası farklılıklar gözetildiğinde, insanlardaki çiğneme basıncı ortalama 5-20 MPa arasında değişmekte olup, çiğneme sıklığı saniyede yaklaşık olarak 2 Hz'dir (83).

Günlük çiğneme sayısının tam olarak tespit edilmesi; çiğneme süresi, döngüsü, basıncı, yiyeceğin sertliği ya da çiğneme sırasında meydana gelen çift taraflı değişimlere bağlı olarak çok zordur. Günlük okluzal kontak sayısı, orta düzeyde çiğneme kuvvetinde 300-700 döngü arasında değişmektedir (84).

Termal Uyumluluk

Diş dokuları ve ağız içinde bulunan restoratif materyaller; yiyecek ve içeceklerin ısısına bağlı olarak genişirken, soğukla temas durumunda büzülür. Diş dokusu ile restoratif materyal arasındaki termal genleşme katsayısı (CTE: coefficient of thermal expansion) arasındaki farklılık ile oluşan büzülme ve genleşme sonucunda restorasyonların kenarlarında kırıklar oluşabilmektedir. Restoratif materyallerin ve diş dokularının termal genleşme katsayıları Tablo 2’ de görülmektedir (3).

Tablo 2: 20-60 °C sıcaklık aralığında diş dokularının ve restoratif materyallerin termal genleşme katsayıları

MATERYAL	Termal Genleşme Katsayısı(CTE)
Dentin	8,3
Mine	11,4
Cam İyonomer Siman	10,2 – 11,4
Kompozit	14,0 - 50,0
Amalgam	22,1 -28,0
Porselen	12,0

20- 60°C sıcaklıkları arasında, amalgam ve kompozit rezin diş dokularından daha fazla genişir. Buna karşın porselen ve cam iyonomer simanın genleşmesi diş dokularına daha yakındır. Restoratif materyaller ile diş dokuları arasındaki termal genleşme farkı, zamanla kavite duvarlarında termal stres oluşturarak marjinal adaptasyonun bozulmasına ve mikrosızıntıya neden olur (1).

Diş Dokularına Adezyon

Poliakrilik asit içinde karboksilat grupları bulunur. Bu gruplar diş dokusunda mevcut olan fosfat iyonları ile reaksiyona girerek kimyasal adezyonu gerçekleştirirler (85). Kalsiyum iyonları ile fosfat iyonlarının yer değiştirmesi elektro-nötralizasyon olarak tanımlanır. Cam iyonomer simanın dentinle olan gerilme bağ dayanıklılığı (tensile bond strenght) 1-3 MPa olarak belirtilmiştir (3). Sertleşme sırasında cam iyonomer simanın neme olan hassasiyeti bu düşük değeri etkilemektedir. Bu duruma karşı, içeriğinde Polikarboksilik asit bulunan bir yüzey düzenleyicinin dentin yüzeyine uygulanması bağ dayanıklılığını 11 MPa'ye kadar çıkarabilmektedir (38).

Polikarboksilik asit ile hidroksiapatit arasındaki iyonik bağlar minede dentinden daha fazladır. Bunun nedeni , hidroksiapatit miktarının minede daha fazla olmasıdır (86). Hidroksiapatit yüzeyindeki fosfat iyonların poliakrilik asit iyonları ile yer değiştirmesi bağlanma olarak sonuçlanır. Mine veya dentin yüzeyinde smear tabakası olsa dahi cam iyonomer siman bağlanmayı başarabilmektedir. Poliakrilik, fosforik ve sitrik asit gibi yüzey düzenleyici zayıf asitler bağlanma kuvvetini arttırmaktadır (87). Yüzey düzenleyiciler, dentin tübüllerini tıkayan smear tabakasını ortadan kaldıran asitleme ajanı gibi davranırlar. Asitler, kimyasal bağlanma için gerekli yüzey düzenlemesini yaparlar. Dentin yüzey tabakasını demineralize ederek yaklaşık 1µm derinliğe penetre olmaktadır (88).

Antikaryojenik Özellikler

Çürük önlemede floridin çok etkili bir ajan olduğu bilinmektedir. Florid iyonu, farklı şekillerde etki edebilmektedir (89):

- Mine ve dentin dokusundaki porözitelerin ve demineralize alanların remineralizasyonunu sağlamak, bu sayede mine ve dentinin dayanıklılığını arttırmak
- Bakterilerin çürük oluşturuvcu mekanizmasını durdurmak

Flor preparatları çoğunlukla, tüm dişlere uygulanan solüsyon, yüzey örtücü ya da pasta formunda bulunur. Klinik bulgular, florid salabilen restoratif materyallerin antikaryojenik özelliğinin yararlarına işaret etmektedir (90).

Bununla beraber, özellikle diş ve dolgu materyali arasındaki marjinal aralıktaki uzun dönemli flor salınımı, dental dokularda ikincil çürük oluşumunun önlenmesine yardımcı olmaktadır (68). Geleneksel cam iyonomer simanlarda, başlangıçta flor salınımı 10 ppm seviyesine kadar ulaşırken, yüz ayı aşan uzun dönemlerde ise 1-3 ppm'e kadar düşmektedir (90). Bu salınım, floridin ikincil çürük oluşumunu önlemedeki etkinliğini göstermektedir (91).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS), 1980'lerde geleneksel cam iyonomer simanların yerini almak üzere üretilmiştir. Rezin modifiye cam iyonomer simanların mekanik ve fiziksel özellikleri, geleneksel cam iyonomer siman ile kompozit rezinler arasındadır. Likit kısmını HEMA (2-Hidroksietil metakrilat), metakrilat grupları, tartarik asit, poliakrilik asit ve %8 oranında su oluştururken toz kısmını florealuminosilikat cam tozları oluşturmaktadır (37). McLean ve arkadaşlarına göre (92), bu materyaller esas olarak asit-baz reaksiyonu ile sertleşirler. Polimerizasyonu hızlandırmak için fotopolimerizasyon yöntemi de kullanılabilir. Ağırlıkça %4,5 hidrofilik rezin monomerlerin [2-hidroksietilmetakrilat (HEMA)] ve fotoinisiyatorların ilave edilmesiyle, RMCİS'ler görünür ışıkla polimerize olabilmektedirler. RMCİS'lardaki flor salınımı ve reşarj özellikleri geleneksel cam iyonomer simanlara yakın olmakla beraber; diş dokularına bağlantısı ise, bu simanlardan farklı olarak fiziksel ve kimyasaldır (59).

Geleneksel cam iyonomer simanlarla kıyaslandıklarında;

- Hızlı sertleşme süresi
- Daha uzun çalışma zamanı
- Erken dönemde daha fazla dayanıklılık
- Gelişmiş estetik ve translüsentlik gibi avantajları ön plana çıkmaktadır.

Fotopolimerizasyon sonucu hızla oluşan rezin çapraz bağlarına bağlı olarak, ilk 24 saatlik sertleşmede, geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla iki ya da üç kat daha fazla basma dayanıklılığına sahiptir (2). Fotopolimerizasyon ve rezin monomer ilavesi RMCİS'lerin dehidratasyon sorunlarını belirgin şekilde azaltmamıştır (93).

RMCİS'lerin yüzeyinin su ve tükruk kontaminasyonundan korunmasına yönelik birkaç çalışma bulunmaktadır. Ribeiro ve arkadaşları (94), yüzeyin korunmasının RMCİS'lerin renk stabilitesine etkisini ispatlamışlardır. Miyazaki ve arkadaşlarının (95) yapmış oldukları bir başka çalışma ise, yüzeyin kaplanmasının geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların esneme özelliklerine etkisini değerlendirmeye yöneliktir. Bu çalışmaya göre, RMCİS'lerin fotopolimerizasyon sonrasında en az 1 saat sıvı kontaminasyonundan korunması gerekmektedir. Ancak birçok üretici, RMCİS'lerin yüzey örtücüsü uygulanarak ya da uygulanmadan kullanılabileceğini söylemektedir. Klinik açıdan, RMCİS'lerin endikasyonları geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerdir. Hızlı polimerizasyon özelliği, çocuklar veya engelli bireyler gibi kooperasyonun zor olduğu hastalarda kullanılabilmektedir. Diğer yandan, RMCİS'lerin zayıf doldurucu-matris bağlanması sebebiyle aşınma dirençleri de düşüktür (96).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanların yetersiz fiziksel özelliklerini ve çiğneme kuvvetleri karşısındaki aşınma direncini arttırmak için geliştirilmişlerdir. Bunun yanı sıra Sınıf I ve Sınıf V restorasyonlarla sınırlı kalan endikasyon alanlarını genişletmek de amaçlanmaktadır (97). Geleneksel cam iyonomer simanlardaki toz likit oranı 3:1 veya 4:1'dir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda ise bu oran 6:1 veya 7:1'dir (98). Polimerizasyon mekanizmaları geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı olan bu simanların eğme ve basma dayanıklılıkları, yüzey sertliği, aşınma direnci artırılmış ve çözünürlükleri azaltılmıştır. Ayrıca, flor salınımları geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı miktardadır ve biyouyumlulukları da benzerdir (99).

2.5.4. Kompomerler (Poliasitle Modifiye Kompozit Rezinler)

Kompomerler 1990'lı yılların başlarında kullanılmaya başlamıştır. Üretimindeki temel hedef diş sert dokularına asitleme yapmaksızın iyi bağlanabilecek bir materyal üretebilmektir (4). Bu materyal rezin içerikli materyallerdir ve ilk olarak kullanılan kompomer Dyract (Dentsply, Weybridge, UK) içerisinde üretilen dimetakrilat (UDMA) gibi rezinler bulundurmaktadır.

Ayrıca ışıkla polimerizasyonu sağlayabilmek amacı ile yapısına bir asidik monomer olan TCB rezin (2-HEMA'nın bi-ester'i ve butan tetrakarboksilik asit) de eklenmiştir (4).

Kompomerler, florid salınımı yapan silikat camlarla beraber poliasit grupların modifiye edilmesi sonucu oluşan monomerler içerirler. Formülasyonlarında su bulundurmamaktadırlar. Bazı kompomerler daha fazla florid salınımı yapabilmeleri amacıyla modifiye monomerler de içerirler. Polimerizasyon reaksiyonları ilk olarak ışıkla polimerizasyon yöntemleri ile başlamaktadır. Ancak materyallerin su emilimi oldukça asit baz reaksiyonu devam etmektedir. Ayrıca su emilimi florid transferi için de önemlidir. İlk kompomer materyali stronsiyum fluorosilikat cam doldurucu partiküller içermektedir (4).

Dyract materyalinde sertleşme reaksiyonunun ilk basamağı bağımsız radikal polimerizasyondur. Işıkla polimerizasyondan sonra ise TCB ve UDMA'nın polimerize olabilen molekülleri bir araya toplanıp doldurucu partiküller ile güçlendirilmiş üç boyutlu bir ağ oluştururlar (100). Bu basamakta materyal içerisinde su olmadığı için TCB molekülleri üzerindeki karboksilat grupları pasiftir. Cam iyonomer restorasyonlarda asit-baz reaksiyonu su varlığında gerçekleşmektedir. Polimerize matriks içine su emilimi aylar içerisinde gerçekleşmektedir. Restorasyon içerisine suyun difüzyonu ile polikarboksilat ve stronsiyum fluorosilikat grupları arasında asit-baz reaksiyonu gerçekleşir. Bu reaksiyon sonunda matriks içerisinde daha fazla çapraz bağlar oluşur ve düşük miktarda florid salınımı meydana gelir (4).

Kompomerler, kullanımı kolay olduğundan ve kompozit rezinlere benzer fiziksel özelliklere sahip olduklarından ötürü özellikle çocuk dişhekimliğinde popüler materyallerdir (101).

2.6.Florid ile İlgili Genel Bilgiler

Florid iyonu, halojenler grubunda bulunan florin elementinden kaynaklanmaktadır. Kimyasal elementler arasında elektronegatifliği en yüksek olan ve tüm elementlerle reaksiyon verme eğiliminde olan florid, bu özelliklerinden dolayı doğada elementer yapıda serbest olarak bulunmaz, bileşiklerin yapısına katılır (53).

Diş sert dokuları için önemli olan iki florid bileşiği bulunur. Bunlar; sodyum florid ve sodyum monoflorofosfattır. Sodyum florid, beyaz renklidir ve en önemli alkali floriddir. İlk kez ABD’de 1950 yılında suların floridlenmesinde kullanılmıştır (53). Sodyum monoflorofosfat ise çürük oluşumunun önlenmesi amacıyla profesyonel lokal florid uygulamalarında ilk olarak 1940’lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (54).

Floridin, yüzeyel ve sistemik olmak üzere iki farklı uygulanma şekli vardır. Günümüzde yüzeyel uygulamanın daha üstün olduğu düşünülse de, hem yüzeyel hem de sistemik uygulanma sonucunda elde edilecek faydanın artırılabilceği de bildirilmiştir. Bununla beraber, sistemik olarak kullanımda minede fluorozis görülme riski artmaktadır. Fluorozis, dişin formasyonu sırasında sistemik olarak aşırı dozda florid alımı sonucunda mine dokusunda ortaya çıkan bir hipomineralizasyon tipidir (56).

Florid iyonları, sadece diş çürüğüne karşı minenin direncini arttırmaz, aynı zamanda erken dönem diş çürüklerinin remineralizasyonunu da sağlar. Remineralizasyon için florid iyonları; florid içeren su, jeller, vernikler, diş macunu, ağız gargarası gibi floridli ürünlerden sağlanır. Maksimum seviyede çürükten korunma, floridin sistemik olarak diş sert dokularının gelişiminde tüm evrelere katılması ve sürdükten sonra yüzeyel etkiyle sağlanır (57).

Mine yüzeyindeki florid konsantrasyonu ile çürüğün önlenmesi arasında bir ilişkinin olduğu yapılan araştırmalar ile saptanmıştır. Özellikle okul dönemindeki çocuklara düzenli olarak uygulanan floridli jeller ile çürükleri önlemede başarılı olunabildiği bildirilmektedir (102). Birçok klinik çalışma sonucunda uygulanan yüzeyel florid ajanların (solüsyonlar, jeller, cilalar) çürük oluşumuna engel olduğu saptanmıştır (103). Florid, çürük oluşumu sırasında yüzeyel olarak etki ederek ya lezyonun durdurulmasını ya da geri döndürülmesini sağlamaktadır. Florid’ in çürüğü önleyici üç farklı etkisi vardır. Bunlar:

- 1) Antimikrobiyal etki
- 2) Demineralizasyonun önlenmesi
- 3) Remineralizasyonu arttırılması (102).

Günümüzde çürük gelişiminin önlenmesi için düzenli florid uygulamalarının yanısıra, florid salınımı yapabilen restoratif materyaller de klinik kullanımda önemli bir yer tutmaktadır (103).

2.6.1.Florid salınımı yapan dental materyaller

Restorasyonların yarısının ömrünün 10 ile 20 yıl arasında değiştiği bildirilmektedir (104). Sekonder çürükler, restorasyonların başarısızlık nedenleri arasında en sık rastlanılan problemlerdir. Ancak, restorasyonların içerisine eklenen florid ile floridin çürük önleyici etkisinden faydalanmak mümkündür (6). Bir restorasyon materyalinin sekonder çürük oluşumuna direnç gösterebilmesi, restorasyon öncesi tüm çürük dokunun uzaklaştırılmış olmasına, restorasyon ile kavite duvarlarının tam olarak temasta olmasına ve restoratif materyalden çürük önleyici ajanların (antimikrobiyaller, florid iyonları, metal iyonları, asidik iyonlar) salınmasına bağlıdır (6).

Günümüzde diş sert dokularına ve oral boşluğa florid salınımı yapabilen birçok restoratif materyal bulunmaktadır. Bir materyalin çürük önleyici etkisi florid salınımı miktarı ve salınım süresine bağlı olarak değişir. Florid salınım mekanizması, materyalin matrisine, sertleşme reaksiyonunun şekline ve florid içerikli doldurucu miktarına bağlıdır (105).

Florid salınımının, dental restoratif materyallerin sertleşme reaksiyonu sırasında açığa çıktığı bildirilmektedir. Ayrıca restoratif materyallerin formülasyonuna florid eklenebilmektedir. CİS'ler, RMCİS'ler, kompomerler, kompozit rezinler ve fissür örtücüler florid salınımı yapan dental materyallerdir (106). Bazı kompozit rezinlerde, salınım miktarlarının az olmasına karşın salınım süresinin oldukça uzun olduğu saptanmıştır. Restoratif materyallerin florid salınımı yapabilen bileşikleri; kalay florid (SnF_2), fluoroaluminosilikat cam (FAG), ytterbium florid (YbF_2) ve organik amin florid (CAFH) olarak bildirilmektedir (106).

Florid salınımı üç ayrı şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar; yüzeyden yıkanma, gözenek-çatlaklardan difüzyon ve hacimden difüzyon olarak sıralanmaktadır. Yüzeyden yıkanma; materyalin sertleşmesinden bir gün sonra oluşan ve yeniden floridle yüklenmesinden bir gün sonra görülen en yüksek düzeydeki florid salınımı

olarak tanımlanır. Gözenek ve çatlaklardan difüzyon yolu ile gerçekleşen salınımın daha düşük miktarda ancak daha sabit düzeyde ve ilk günden sonraki günlerde görülmektedir. Hacimden difüzyonun ise, restorasyonların olgunlaşması süresinde gerçekleştiği ve uzun dönem devamlılığı olan bir salınım olduğu bildirilmektedir. Fluorid içerikli dental materyallerin, yapılarında bulunan fluorid değerlerinin ve yüzey porozitelerinin fluorid salınım miktarını ve süresini doğrudan etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (89,90,107).

Bazı araştırmacılar, restorasyon materyallerine rezin ilavesinin, fluorid salınım miktarını olumsuz etkileyebileceğini ileri sürmüşlerdir. Buna karşın yapılan birçok araştırmada rezin esaslı restoratif materyallerin de fluorid salınımı yapabildikleri gösterilmiştir. Ancak her materyal sahip olduğu kimyasal özelliğine göre farklı fluorid salınımı yapmaktadır. Yapılan araştırmalar, kompozit rezinlerde de inorganik tuzlar, eriyebilir camlar ve organik fluorid gibi fluorid tiplerinin bulunduğunu göstermektedir (108). Buna bağlı olarak, yalnızca fluorid içeriğinin miktarı değil, rezin tipi ve porozite varlığı gibi etkenler de fluorid salınımını etkileyen faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Uzun dönem araştırmalarda, kompozitlerin, CİS'den, RMCİS'den ve PMKR'den daha düşük miktarda fluorid salınımı yaptıkları görülmüştür (89).

Fluorid salınımı karmaşık bir süreçtir. Restoratif materyallerden fluorid salınımı formülasyon ve doldurucular gibi birçok içsel değişkenden etkilenebilmektedir. Ayrıca toz-likit oranı, karıştırma prosedürü, sertleşme süresi, açıkta kalan yüzey miktarı, tükürüğün pH'sı ve kompozisyonu, plak ve pelikül varlığı, depolanma koşulları, saklama ortamının değiştirilme süresi gibi faktörler de fluorid salınımını etkilemektedir (89,109,110).

2.7. Fluorid Salınım Miktarının Tayini

Çalışmalarda, restoratif materyallerden fluorid salınımı ile minenin asit ataklarına karşı çözünürlüğünün azaldığı, komşu diş dokularında fluorid konsantrasyonunun ve minenin mikrosertliğinin yükseldiği tespit edilmiştir (111,112). Bunun yanında; CİS'lerden fluorid salımı ile plakta fluorid seviyesinin arttığı, S. Mutans'ın artışının engellendiği ve böylelikle karyostatik etki oluştuğu bildirilmektedir (113,114).

Cam iyonomer simanlar ile ilgili bir çok araştırma yapılmasına rağmen, dış çürüğü oluşumunu engellemek için materyalden salınması gereken optimal florid miktarı tam olarak bilinmemektedir (112,113). Materyalin karmaşık fizikokimyasal yapısının tam anlaşılabilmesi ve in-vitro çalışmalarda; materyalin moleküler bileşimi, geometrik yapısı, çözünürlüğü, porozitesi gibi materyalin iç yapısı bu durumun nedenleri olarak görülmektedir (115–117). Ayrıca; karıştırma esnasında toz/likit oranı, karıştırma şekli, örneğin miktarı, ortamın sıcaklığı, materyale vernik gibi yüzey uygulamaları, florid iyonunun salındığı ortamın pH'si, farklı ölçüm yöntemleri gibi çalışmalarda deneysel farklılıklar (tasarımlar) ve diğer bilinmeyen etkenlere bağlı olarak da birçok faktörün etkili olduğu düşünülmektedir (115,118–120).

Cam iyonomer simandan salınan florid ile ilgili laboratuvar çalışmalarında, deneysel birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Genellikle örnekler birkaç hafta su veya farklı solüsyonlarda bekletildikten sonra solüsyona salınan florid kümülatif olarak ölçülmektedir (109). Florid salımı ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalarda, sulu çözelti içerisinde materyallerden salınan florid iyonunun analizinde, yaygın olarak iyonmetreye bağlanan florid seçici elektrotlar (ISE) kullanılmaktadır (121). İyon seçici elektrot yöntemi, kolay kullanımı ve kurallarına uygun bir şekilde uygulandığında doğru sonuçlar vermesinden dolayı tercih edilmektedir. Bu yöntem basit ve florid salımını ölçmede uygun olmasına karşın, materyalden sadece iyonik florid salımını tespit edebilmektedir (118,122). Ayrıca, CİS'lerde florid analizi ile ilgili çalışmalarda, “total ionic strength adjustment buffer (TISAB)” tampon solüsyonu kullanılmaktadır. Tampon solüsyon, pH kontrolünü sağlamak ve florid kompleks yapısının oluşmasını engellemek için eklenmektedir (123,124).

2.8.Antimikrobiyal Etkinliğin Değerlendirilmesi

2.8.1.Agar Difüzyon Testi ile Antimikrobiyal Etkinliğin Değerlendirilmesi

Dişhekimliğinde kullanılan restoratif materyaller ve kombinasyonlarının Antimikrobiyal (AB) etkinliğinin incelendiği çalışmalarda agar difüzyon testi (ADT) kullanılmaktadır. ADT hem katı hem de sıvı materyalleri değerlendirmek için

kullanılabilen, bir çok örneğin aynı anda değerlendirildiği, ucuz, hızlı ve kolay bir testtir (125). Agar Difüzyon Testi' nin iki alt grubu mevcuttur. Bunlar; disk difüzyon ve çukur agar testleri olarak adlandırılır. Bu iki testte çalışma yöntemi açısından önemli bir fark olmamakla beraber sadece teste girecek olan materyallerin agar içerisine yerleştirilmeleri farklıdır. Çukur agar testinde materyal, agar içinde açılan standart boşluklara yerleştirilir. Disk difüzyon testinde ise materyaller emdirildikleri kâğıt diskle beraber agar yüzeyine yerleştirilir (126). Agar difüzyon testinin temel çalışma prensibi, test materyalinin agar içinde difüze olduktan sonra difüze olduğu mesafe kadar test mikroorganizmalarının çoğalmasını inhibe etme temeline dayanmaktadır. Ek olarak, test edilen materyalin yapısında bulunan antimikrobiyal ajanın moleküler yapısının agar içerisinde difüze olabilecek boyutlarda olması gerekmektedir. Antimikrobiyal ajanın agara difüzyon oranının test materyalinin yoğunluğuna, agarın akışkanlığına, ortamın sıcaklığına ve iyonik konsantrasyona bağlı olduğu bildirilmektedir (125,126).

Cam iyonomer simanların antimikrobiyal özelliklerinin, Flor salınım kapasiteleri ve sertleşme reaksiyonu sırasında meydana gelen düşük pH' ya bağlı olduğu bildirilmiştir. Simanın yapısında kaynaklanan bu özellikler sayesinde bakteriostatik yarar elde edilmektedir (127,128).

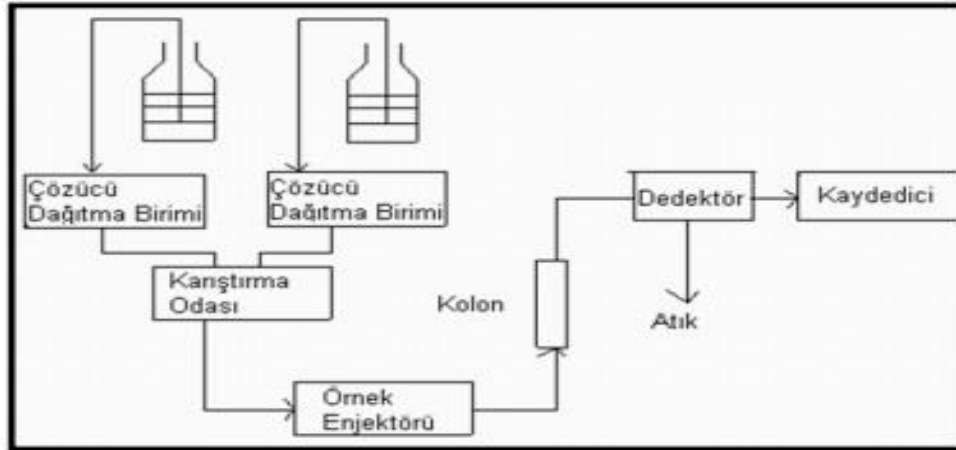
Yapılan bir çok çalışmada, dentin yüzeyinin el aletleri ile temizlendikten sonra CİS ile restore edilmesi sonucunda kavitede kalan mikroorganizmaların sayısı ve virülans faktörlerinde belirgin bir azalma olmaktadır (2,8-11,40,80). Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonundan kısa bir müddet sonra antimikrobiyal etki sağladıkları görülmüştür (110,128).

2.8.2.High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ve Dişhekimliğinde Kullanımı

Bir karışımda bulunan bileşenleri ayırmak için kullanılan tekniklerin genel adına kromatografi denir. Kromatografik yöntemlerde karışımdaki bileşenler, sıvı veya gaz haldeki hareketli fazın akışıyla sabit faz boyunca taşınmaktadırlar. Bileşenlerin ayrılması, bileşenlerin ilerleme hızlarındaki farklılığa, başka bir deyiş ile sabit faza olan ilgilerine dayanmaktadır. Kromatografik yöntemler, sıvı ve gaz kromatografisi olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Sıvı kromatografisinin ilk kez

1900 yılında Rus botanikçi Mikhail S.Tswett tarafından tanımlandığı belirtilmektedir (129).

Sıvı kromatografisi yönteminin özel bir uygulama şekli olan High Performance Liquid Chromatography (HPLC) yönteminde, sabit faz olarak kullanılan parçacıkların boyutları büyük ölçüde küçültülerek hareketli faz ile etkileşen sabit faz yüzey alanı büyütülmekte ve kolonun etkinliği artırılmaktadır (130). Oldukça sıkı olarak doldurulmuş kolondan hareketli fazın belirli bir hızla geçebilmesi için bir miktar basınç uygulanması gerekir. Bu yüksek verimdeki kolonların ve oldukça yüksek basınçların kullanıldığı HPLC, elementlerin türlendirilmesinde en yaygın uygulanan kromatografi türüdür. HPLC günümüzde, kimya, kimya mühendisliği, bitki kimyası, tarım, biyokimya, tıp kimyası, farmakoloji ve biyoteknolojiyi içeren alanlarda ayırma ve analiz için kullanılmaktadır (129,130). HPLC cihazında kullanılan kolon, yüksek basıncı sağlamak için paslanmaz çelikten üretilir. Düzgün bir iç çapa sahiptir. Dişhekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin içeriğinde bulunan iyonların antimikrobiyal etkilerini belirlemek için sıvı kromatografisi yönteminin özel bir uygulaması olan HPLC'den faydalanılmaktadır (131,132).



Şekil 12: HPLC cihazının temel bileşenleri

3.GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı; yüksek viskoziteli cam iyonomer siman, rezin esaslı cam iyonomer siman, kompomer ve geleneksel cam iyonomer simanların florid salınımı ve antimikrobiyal etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır.

3.1.Kullanılan materyaller

Çalışmamızda kullanılan restoratif materyaller; EQUIA (GC Corporation, Japan) yüksek viskoziteli bir cam iyonomer siman, Fuji II LC Capsule (GC Corporation, Japan) rezinle güçlendirilmiş cam iyonomer siman, Photac Fil Quick Aplicap (3M ESPE Deutschland GmbH, Germany) rezinle güçlendirilmiş cam iyonomer siman, Dyract XP (DENTSPLY, Germany) poliasit modifiye kompozit rezin, Freedom (SDI, Ireland) poliasit modifiye kompozit rezin, Ketac Molar Easymix (3M ESPE Deutschland GmbH, Germany) geleneksel cam iyonomer siman, Fuji II (GC Corporation, Japan) geleneksel cam iyonomer siman ve Best CHEX %2 (Spot Diş Deposu, Türkiye) klorhexidin jel preparatıdır (Tablo 3) (Resim:1-8).

Tablo 3: Çalışmamızda kullanılan materyaller

MATERYAL	CİNSİ	ÜRETİCİ FİRMA	LOT NO
EQUIA	Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman	GC Corporation, Japan	160827A
Fuji II LC	Rezin modifiye cam iyonomer siman	GC Corporation, Japan	170529A
Photac Fil Quick Aplicap	Rezin modifiye cam iyonomer siman	3M ESPE Deutschland GmbH, Germany	670575
Dyract XP	Poliasit modifiye kompozit rezin	DENTSPLY, Germany	1703000221
Freedom	Poliasit modifiye kompozit rezin	SDI, Ireland	1085520
Ketac Molar Easymix	Geleneksel cam iyonomer siman	3M ESPE Deutschland GmbH, Germany	654042
Fuji II	Geleneksel cam iyonomer siman	GC Corporation, Japan	1709041



Resim 1: Çalışmada kullanılan EQUIA materyali



Resim 2: Çalışmada kullanılan Fuji II LC Capsule materyali



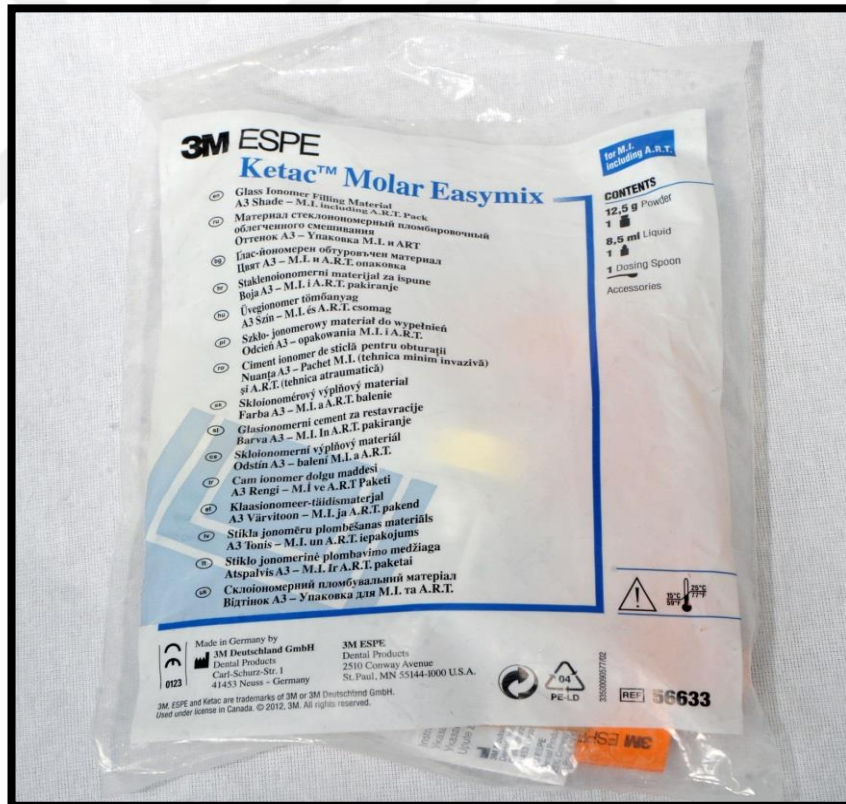
Resim 3: Çalışmada kullanılan Photac Fil Quick Aplicap materyali



Resim 4: Çalışmada kullanılan Dyract XP materyali



Resim 5: Çalışmada kullanılan freedom materyali



Resim 6: Çalışmada kullanılan Ketac Molar Easymix materyali



Resim 7: Çalışmada kullanılan Fuji II materyali



Resim 8: Çalışmada kullanılan BEST klorhexidin materyali

3.2.Fluorid Salınımı Değerlerinin Ölçülmesi

3.2.1.Örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda bulunan restoratif materyallerin her birinden 10'ar adet olmak üzere toplam 70 adet örnek hazırlandı. Örnekler 7 mm çapında ve 5 mm yüksekliğinde standart plastik kalıp kullanılarak hazırlandı. Yüzeyi asetat ile kaplanmış bir adet camın üzerine plastik kalıplar (Resim 9) yerleştirildi.



Resim 9: 7 mm çapında 5 mm yüksekliğinde plastik kalıplar

Materyaller üretici firmaların önerdiği şekilde hazırlandıktan sonra kalıpların içerisine taşırılarak dolduruldu. Sonrasında selofan bant ile kalıbın üzerine bastırılarak fazla malzemenin kenarlardan çıkması sağlandı. Malzemeler üretici firmaların direktiflerine uyularak polimerize edildi.



Resim 10: Hazırlanmış disk şeklinde örnekler

Tablo 4: Kullanılan materyallerin uygulama şekli ve polimerizasyon süreleri

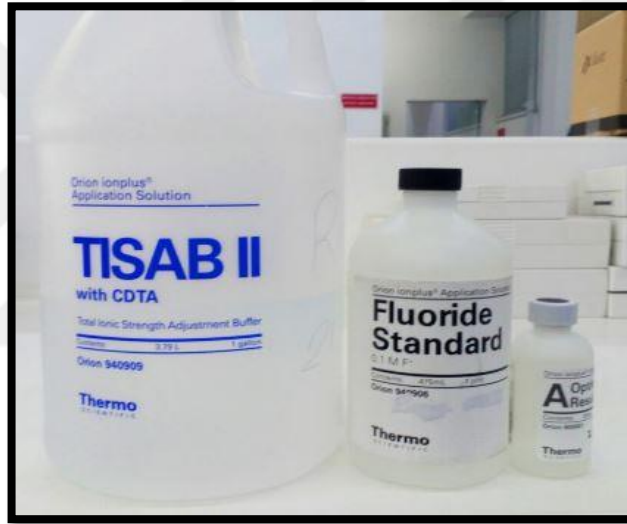
MATERYAL	UYGULAMA ŞEKLİ	POLİMERİZASYON SÜRESİ
EQUIA	10 sn. boyunca kapsülün karıştırıcı ile karıştırılması ve uygulama tabancasına yerleştirilmesi	2 dakika
Fuji II LC	10 sn. boyunca kapsülün karıştırıcı ile karıştırılması ve uygulama tabancasına yerleştirilmesi	20 saniye ışınlama
Photac Fil Quick Aplicap	10 sn. boyunca kapsülün karıştırıcı ile karıştırılması ve uygulama tabancasına yerleştirilmesi	20 saniye ışınlama
Dyract XP	Karpülün uygulama tabancasına yerleştirilmesi	10 saniye ışınlama
Freedom	Karpülün uygulama tabancasına yerleştirilmesi	20 saniye ışınlama
Ketac Molar Easymix	1 birim toz: 1 damla likitin 30 sn. boyunca karıştırılması	5 dakika
Fuji II	1 birim toz: 1 damla likitin 30 sn. boyunca karıştırılması	5 buçuk dakika

3.2.2.İyon seçici elektrot (İSE) testi

Deneysel çalışma Süleyman demirel ünivesitesi mühendislik fakültesi jeoloji mühendisliği bölümü jeotermal enerji, yer altı suyu ve mineral kaynakları araştırma laboratuvarında yapıldı. Analizler, Thermo Orion 720 A+ marka iyonmetre cihazında Orion marka olan florür elektrodu(9609 BNWP)(Resim 11), Orion tarafından üretilen 0.1 M F standardı(Orion ionplus-aplication solution-940906) ve florür elektrodun içine konulan özel dolum sıvısı (Orion ionplus-filling solution-900061) (Resim 12) kullanılarak (standart methods 2005 21st ed. 4550 F-C) yapıldı.



Resim 11: Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı



Resim 12: TISAB II çözeltisi, Orion ionplus-application/filling solution

Bunun yanında, elektrot ile florür iyonu analizinde, girişim önleyici tampon olarak TISAB II çözeltisi (Orion ionplus-application solution-940909) kullanıldı. TISAB II tampon çözeltisi, standart hazırlama ve numune analiz aşamalarında bire bir oranda kullanıldı. Kullanılan elektrot her çalışmaya başlamadan önce kalibre edildi, çalışma aralarında da kalibrasyonun doğruluğu kontrol edildi, gerektiği durumlarda kalibrasyon yeniden yapıldı. Elektrotun kalibrasyonu için, çalışılacak olan konsantrasyon aralığına bağlı olarak dört adet (1-10-50-100 ppm) kalibrasyon standardı kullanıldı.

Her bir numunenin ağırlığı hassas terazi ile tartıldı, not edildi ve üzerine 5 ml saf su ve 5 ml TISAB II ilave edilerek 37 °C de etüve konuldu (Resim 13).



Resim 13: 37 °C de etüv ve hassas terazi

Örnek, saf su ve TISAB II bulunan kap içine elektrot 1. Gün, 3. Gün, 7.gün, 14. Gün ve 30. Gün sonlarında daldırıldı, okuma yapıldı ve ekranda görülen değer kaydedildi (Resim 14). Ölçüm yapılırken her örnek için 3 ölçüm yapıldı, bunların ortalaması alındı. Her ölçümden önce ve sonra elektrodun uç kısmı kalıntı florür iyonu kalmaması için distile su ile yıkandı ve hafifçe kurutuldu.



Resim 14: Thermo Orion 720 A+ iyonmetre cihazı ve iyon seçici elektrod



Resim 15: Solüsyon içinde bekletilen örnekler

3.3.Agar Difüzyon Testi ile Antimikrobiyal Etkinliğin Değerlendirilmesi

3.3.1.Örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda bulunan restoratif materyallerin her birinden 20'şer adet olmak üzere toplam 140 adet örnek hazırlandı. Her 20 örnek ikiye ayrılarak 10' arlı gruplar oluşturuldu. Örnekler 7 mm çapında ve 5 mm yüksekliğinde standart plastik kalıp kullanılarak hazırlandı. Yüzeyi asetat ile kaplanmış bir adet cam hazırlandı. Plastik kalıplar, camın üzerine yerleştirildi. Materyaller üretici firmaların önerdiği şekilde hazırlandıktan sonra kalıpların içerisine taşıyarak dolduruldu.

Sonrasında selofan bant ile kalıbın üzerine bastırılarak fazla malzemenin kenarlardan çıkması sağlandı. Malzemeler üretici firmaların direktiflerine uyularak polimerize edildi.

3.3.2.Agar Difüzyon Testi

Örneklerin antimikrobiyal etkilerinin incelenmesi için yapılan testler ve ön hazırlıkları Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji A.D'da gerçekleştirildi. Cam malzemeler kağıt ambalajlar içerisinde paketlenerek Pasteur fırınında 160°C'de 2 saat süreyle bekletilerek steril edildi. Sterilizasyon kontrolü için sıcaklığa duyarlı renk değiştiren sterilizasyon kontrol bantları kullanıldı. Sıvı besiyerlerinin hazırlanması için gerekli miktardaki toz besiyeri tartılarak balon jojeye bırakıldı. Üzerine üretici önerisi doğrultusunda distile su eklenerek sıcak su banyosunda tamamen çözüldükten sonra balon jojenin kapağı pamuklu steril spanç ile kapatıldıktan sonra 121°C, 1 atmosfer basınçta 15 dakika süreyle sterilizasyonu

sağlandı. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılan sıvı besiyerleri bek alevi etrafında steril vidalı kapaklı tüplere 5'er ml konuldu.

Streptococcus mutans ATCC® 25175 (RSHM NO:7038) ve *Lactobacillus acidophylus* ATCC® 11975 (RSHM NO:6029) standart bakteri izolatları Türkiye Halk Sağlığı Kurumu (THSK) Ulusal Tip Kültür Koleksiyonu Laboratuvarı'ndan temin edildi. İzolatların sulandırımı ve ekimi THSK önerileri doğrultusunda gerçekleştirildi. Liyofilize haldeki *Streptococcus mutans* izolatı 0,5 ml tripticase soy broth sıvı besiyeri ile sulandırıldıktan hemen ve 4 saatlik inkübasyondan sonra %5 Koyun Kanlı Agar (KKA) (ThermoScientific Oxoid, İngiltere) besiyerine yoğun ekimi yapıldı. Liyofilize *Lactobacillus acidophylus* izolatları 0,5 ml MRS (Man, Ragosa&Sharpe) broth ile sulandırıldıktan sonra hemen ve 4 saatlik inkübasyon sonrasında MRS agar katı besiyerine ekildi.

Ekim yapılan besiyerleri, Anoxomat II (Mart Microbiology, Hollanda) cihazı ile mikroaerofilik (%5-6 oksijen) ortam sağlanan Anoxomat jar (Mart Microbiology, Hollanda)(Resim 16) içerisinde 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakıldı.

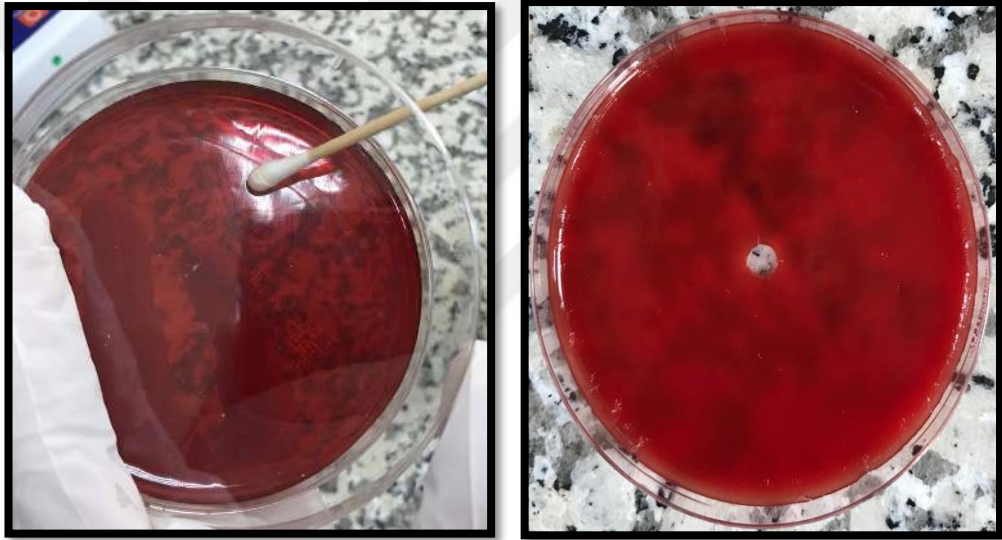


Resim 16: Anoxomat II ve Jar

Bakteri izolatlarının antimikrobiyal duyarlılık testlerinin çalışılacağı besiyeri ve ortamlar EUCAST 2018 klavuzunun viridans Streptokoklar (EUCAST 2018, syf 40) ve Gram pozitif anaerob bakteriler (EUCAST, syf 62) için belirlediği standartlar

doğrultusunda seçildi. İnkübasyon sonrası besiyerinde üreyen saf bakteri kolonilerinden steril pamuklu çubuk ile 4-5 adet alınarak için Brain Heart Infusion Broth içine bırakıldı ve 0.5 McFarland bulanıklığında (1×10^8 CFU/ml) bakteri süspansiyonu hazırlandı. Hazırlanan bakteri süspansiyonları steril % 0.9'luk NaCl içinde 1/100 oranında seyreltilerek 10^6 CFU/ml bakteri konsantrasyonu elde edildi.

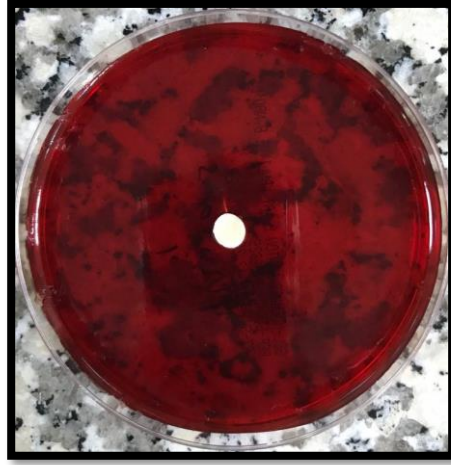
S. mutans ve *L. acidophilus* süspansiyonları steril eküvyonlu çubuk yardımıyla disk difüzyon metodu uyarınca için %5 defibrine at kanı ve 20 mg/L β -NAD içeren Mueller Hinton-Fastidious Agar (MH-F Agar) besiyerlerinin tüm yüzeyine ekildi (EUCAST 2018). Test edilecek her cam iyonomer için ikişer besiyeri kullanıldı; birine *S. mutans* diğerine *L. acidophilus* süspansiyonu ekildi (Resim 17).



Resim 17: Besiyerine bakteri ekimi ve örnekler için oluşturulan boşluk

Besiyerlerinin kurumasının beklendiği 15 dakika içerisinde cam iyonomer diskleri hazırlandı. Cam iyonomer disklerinin yerleştirileceği boşlukları oluşturmak için bek alevinden geçirilen Pasteur pipetlerinin(Socorex, İngiltere) geniş yüzeyleri ile besiyerleri içinde 7 mm çapında ve 4 mm kalınlığında boşluklar oluşturuldu.

Besiyerlerinin kontaminasyonu önlemek için ekim, cam iyonomer hazırlama ve besiyerlerinde boşluk oluşturma işlemleri bek alevinin çevresindeki 50 cm çaplı alanda gerçekleştirildi. Hazırlanan disk şeklindeki örnekler besiyerindeki boşluklara steril bir şekilde yerleştirildi (Resim 18).



Resim 18: Disk şeklindeki örneğin besiyerine yerleştirilmesi

Besiyerleri 37 °C’ de 48 saat inkübasyona bırakıldı. 2., 4. ve 6. günler disk çevresindeki inhibisyon çapı dijital olarak ölçüldü ve kaydedildi. Ölçümler disk etrafında oluşan inhibisyon halkasının en dış iki noktasından yapıldı (disk çapı+inhibisyon zonu). Sonuçların homojenitesini sağlayabilmek için işlem üç kez tekrarlandı. İnhibisyon alanının oluşması materyalin antimikrobiyal özelliğini gösterirken, inhibisyon alanının oluşmaması materyalin antimikrobiyal özelliği olmadığı anlamına gelmektedir.

3.4.İstatistik

Bu çalışmada istatistiksel analizler SPSS 24 paket programı ile yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemlerin (ortalama, standart sapma, median, interquartil range) kullanıldı. Yedi farklı grubun beş kere tekrarlayan ölçümlerinde Friedman testi kullanıldı. Yedi ayrı grubun karşılaştırılmasında ise Kruskal Wallis testi kullanıldı. Gruplar arası fark gözlendiğinde, ikişerli karşılaştırmalarda Mann-Whitney-U testi kullanılmıştır. Sürekli ölçüm değişkenleri arasındaki korelasyonların hesaplanmasında Pearson r korelasyon katsayısı kullanıldı ve test edildi. Sonuçlar anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4.BULGULAR

4.1.İyon Seçici Elektrot (İSE) Testi Bulguları

Çalışmamızda yer alan restoratif materyallerin florid salınımlarının birbirleriyle karşılaştırılması ve istatistiksel olarak değerlendirmesi Tablo 5’ te gösterilmiştir. Materyaller arası florid salınım değerleri arasındaki fark tüm ölçüm günlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$).

Tablo 5: Materyallerin florid salınım değerlerinin ölçüm günlerine göre değerlendirilmesi ve karşılaştırılması

Gruplar	Farklı zamanlardaki Florid salınımı (ortalama $\pm$ SS, mg/lt)					
	1.gün	3.gün	7.gün	14.gün	28.gün	Ortalama
Equia	12,66 $\pm$ 0,98	83,53 $\pm$ 2,52	40,27 $\pm$ 6,17	35,91 $\pm$ 1,06	35,59 $\pm$ 0,85	41,59 $\pm$ 0,57
Photac fill	39,27 $\pm$ 5,91	63,13 $\pm$ 2,63	52,83 $\pm$ 7,11	42,27 $\pm$ 6,21	35,67 $\pm$ 4,68	46,63 $\pm$ 2,78
Fuji II LC	19,08 $\pm$ 4,62	48,27 $\pm$ 7,70	67,98 $\pm$ 2,50	61,86 $\pm$ 2,10	47,50 $\pm$ 1,89	48,93 $\pm$ 2,26
Freedom	1,40 $\pm$ 0,12	2,52 $\pm$ 0,19	3,17 $\pm$ 0,22	3,85 $\pm$ 0,25	5,15 $\pm$ 0,33	3,22 $\pm$ 0,19
Dyract	7,42 $\pm$ 2,78	17,56 $\pm$ 3,49	23,53 $\pm$ 3,75	31,62 $\pm$ 3,89	43,92 $\pm$ 2,99	24,81 $\pm$ 2,97
Ketac Molar Easymix	32,57 $\pm$ 1,33	26,53 $\pm$ 0,90	24,36 $\pm$ 0,45	22,41 $\pm$ 0,41	22,17 $\pm$ 0,48	25,60 $\pm$ 0,33
Fuji II	48,14 $\pm$ 5,08	40,06 $\pm$ 6,17	34,53 $\pm$ 3,56	31,46 $\pm$ 3,29	30,46 $\pm$ 2,53	36,93 $\pm$ 2,13
Kruskal Wallis	Ki kare=65,95 P=,000	Kikare=66,73 P=,000	Kikare=66,47 P=,000	Kikare=63,33 P=,000	Kikare=64,10 P=,000	Ki kare= 65, 67 P=,000

Materyallerin florid salınım değerleri ölçüm günlerine göre karşılaştırıldığında 1. günde en yüksek florid salınımını Fuji II toz-likit materyalinin gösterdiği saptanırken; 3. Gün ölçümünde en yüksek florid salınımını Equia materyalinin gösterdiği saptanmıştır. Geri kalan tüm ölçüm günlerinde en yüksek florid salınımını gösteren materyal, Fuji II LC materyali olmuştur. Bütün ölçümlerde

Freedom en düşük sonuçlara ulaşmıştır. Rezin içerikli materyallerin florid salınım değerlerinin düşük başlayıp yükseldiği, daha sonra düşüş gösterdiği; geleneksel cam iyonomer simanların ise yüksek değerlerle başlayıp gitgide düştüğü görülmüştür (Şekil 13).

Materyallerin 1., 3., 7., 14. ve 28. günlerdeki florid salınım değerlerinin çoklu karşılaştırmaları Tablo 6’ da gösterilmiştir. Tüm materyallerin florid salınım değerlerinin ölçüm günlerine göre çoklu karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır.

Mann-Whitney U ikişerli karşılaştırma testine göre bulgular:

Tablo 6: Materyallerin florid salınım değerlerinin ikili olarak karşılaştırılması

Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,803 ^c	-2,807 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^d	-2,803 ^d	-2,803 ^d	-2,805 ^d	-2,805 ^d	-2,077 ^d
α	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,038
	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı	anlamlı
a. Kodlanmış Grup = Equia										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										

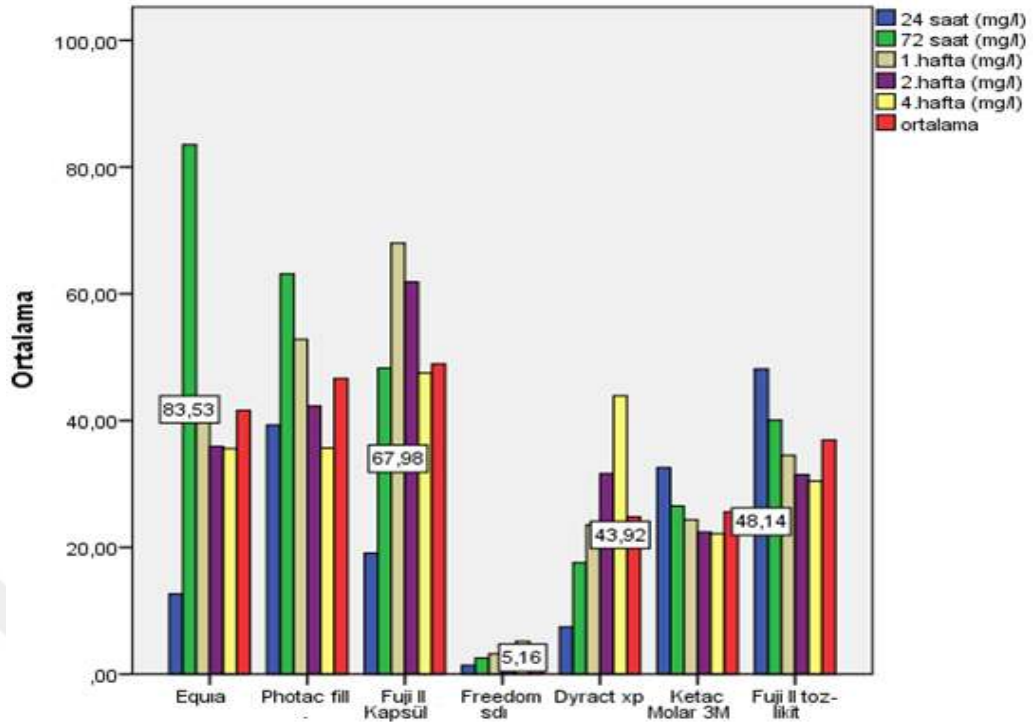
Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,803 ^c	-2,395 ^c	-,663 ^c	-1,173 ^d	-2,701 ^d	-2,803 ^d	-2,803 ^d	-2,805 ^d	-2,803 ^d	-2,805 ^d
α	,005	,017	,508	,241	,007	,005	,005	,005	,005	,005
a. Kodlanmış Grup = Photac fill										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										

Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-,459 ^d	-2,803 ^d	-2,803 ^d	-2,807 ^d
Asymp. Sig. (2- tailed)	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,646	,005	,005	,005
a. Kodlanmis_Grup = Fuji II LC										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										
Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,805 ^c	-2,805 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,807 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c
Asymp. Sig. (2- tailed)	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005
a. Kodlanmis_Grup = Freedom sdi										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										
Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c
Asymp. Sig. (2- tailed)	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005
a. Kodlanmis_Grup = Dyract xp										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										

Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,805 ^c	-2,810 ^c	-2,821 ^c	-2,810 ^c	-2,810 ^c	-2,812 ^c	-2,692 ^c
α	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,007
a. Kodlanmis_Grup = Ketac Molar 3M										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										

Test Statistics ^{a,b}										
	72 saat (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 24 saat (mg/l)	1.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 72 saat (mg/l)	2.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 1.hafta (mg/l)	4.hafta (mg/l) - 2.hafta (mg/l)
Z	-1,988 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,803 ^c	-2,805 ^c	-2,803 ^c	-2,810 ^c	-2,803 ^c	-2,666 ^c
α	,047	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,005	,008
a. Kodlanmis_Grup = Fuji II toz-likit										
b. Wilcoxon Signed Ranks Test										

Materyallerin florid salınım miktarlarının beş ölçüm gününde değişimi ve ortalama değerleri Şekil 13’ de gösterilmektedir.



Şekil 13: Materyallerin florid salınım değerlerin günlere göre dağılımı

4.2. Agar Difüzyon Testi bulguları

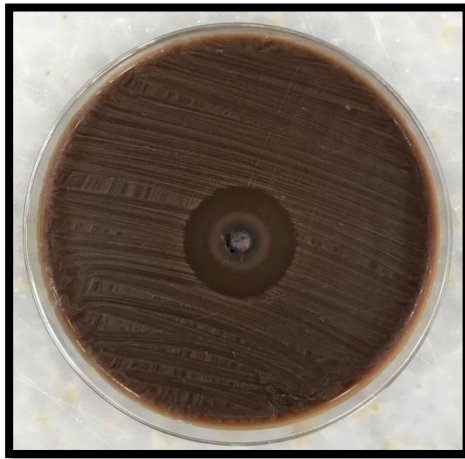
4.2.1. S. Mutans

Tablo 7’ de tüm gruplara ait S.mutans’a karşı oluşan inhibisyon zonu değerleri, antimikrobiyal etkinlik ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Kontrol grubu Klorhexidin ile deney grupları arasında S. Mutans’ a zamana bağlı olarak meydana gelen antimikrobiyal etkinlik değerleri, Kruskal Wallis ve çoklu karşılaştırma için kullanılan Bonferroni testi ile değerlendirildiğinde, tüm ölçüm günlerinde gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık saptandı ($p < 0.01$).

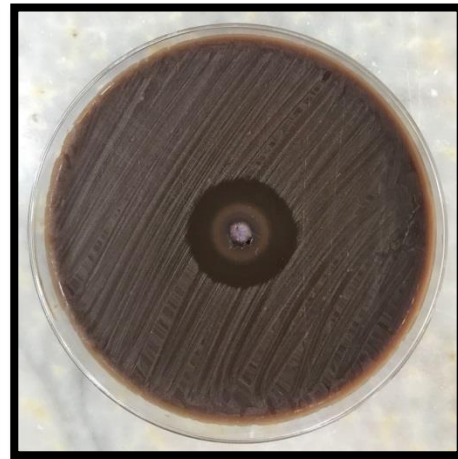
Tablo 7: S. Mutans' a karşı antimikrobiyal etkinliğin 2., 4., 6. gün ve ortalama karşılaştırılması

Gruplar	S.Mutans' a karşı antimikrobiyal etkinlik (mm)			
	2.gün	4.gün	6.gün	Ortalama
Equia	15,85±1,21	15,16±1,36	14,83±1,52	15,28±1,33
Photac fill	13,04±0,54	11,73±0,86	10,97±1,18	11,91±0,74
Fuji II LC	17,25±0,67	16,12±0,60	15,58±0,77	16,31±0,74
Freedom	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,0
Dyract	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,0
Ketac Molar Easymix	13,16±0,66	11,50±0,85	10,30±0,95	11,65±0,64
Fuji II	12,84±0,40	12,19±0,17	10,48±0,78	11,83±0,28
Klorhexidin	24,19±0,39	23,70±0,44	22,72±0,65	23,53±0,42
Kruskal Wallis	Ki kare=62,28 P=,000	Ki kare=62,62 P=,000	Ki kare=62,52 P=,000	Ki kare=62,37 P=,000

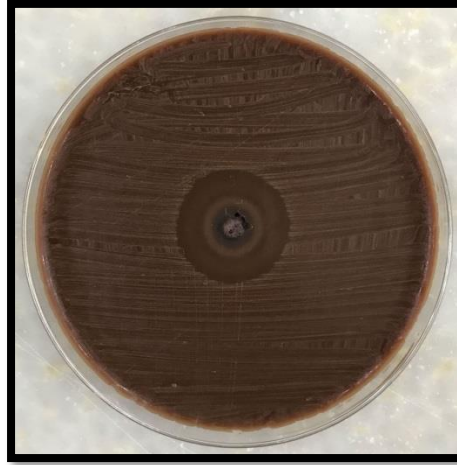
Kontrol grubu olan klorhexidinin Streptokokus Mutans' a karşı olan etkinliği 2., 4. ve 6. Günlerde dijital olarak ölçülmüş ve inhibisyon alanının zamanla daraldığı görülmüştür (Resim 19).



a



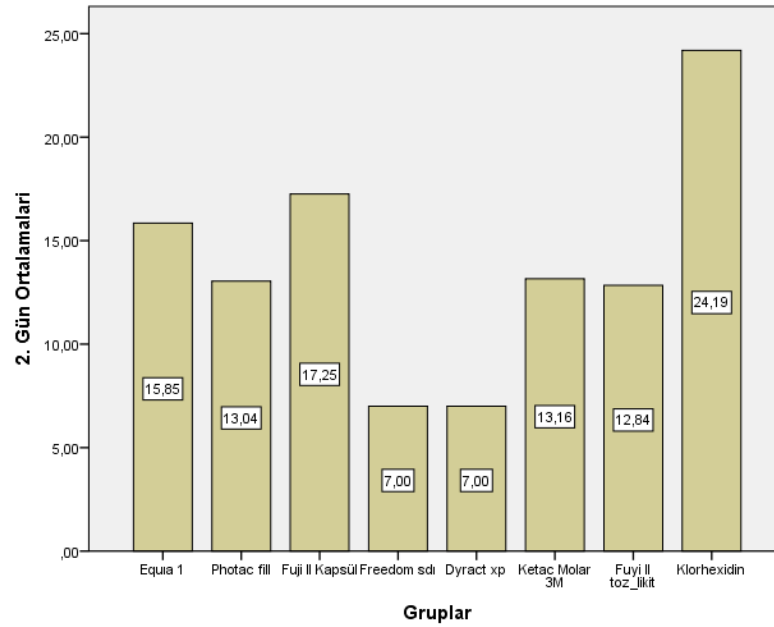
b



C

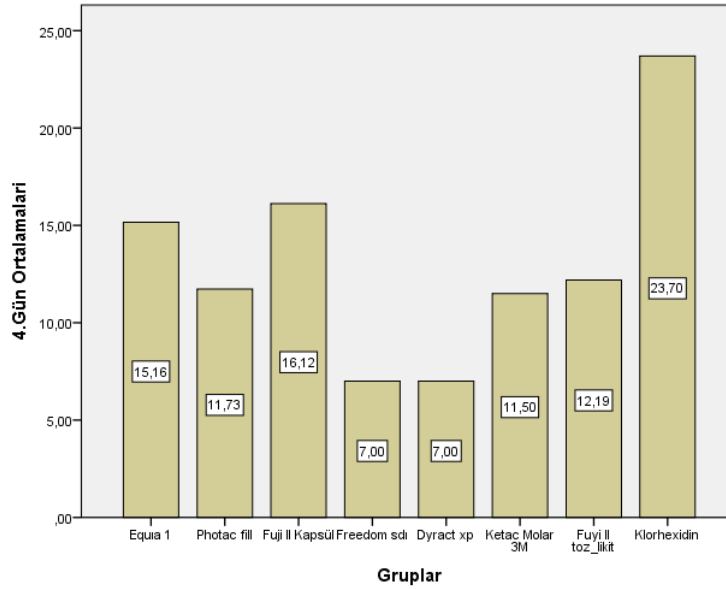
Resim 19: Klorhexidin'in *S. Mutans*' a karşı 2.(a), 4.(b) ve 6. gün(c) antimikrobiyal etkisi

2. gün sonunda yapılan ölçümlerde kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi göstermiştir. Daha sonra Fuji II LC' de en yüksek antimikrobiyal etki görülürken, bunu sırasıyla Equia, Ketac Molar Easymix, Photacfil, Fuji II izlemiştir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (Şekil 14).



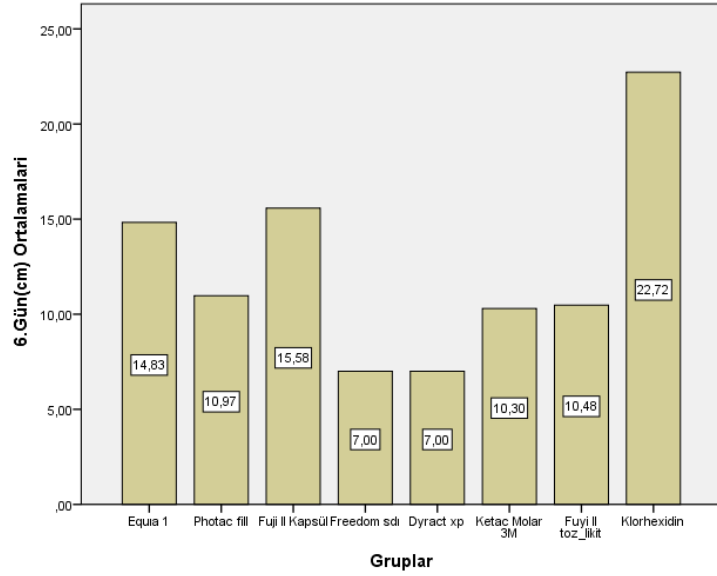
Şekil 14: 2. gün sonunda materyallerin *S. Mutans*' a karşı etkinliği

4.gün sonunda yapılan ölçümlerde tüm gruplarda antimikrobiyal etkinlik azalmıştır. kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi gösterirken, sırasıyla Fuji II LC, Equia, Fuji II, Photacfil, Ketac Molar Easymix izlemiştir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (Şekil 15).



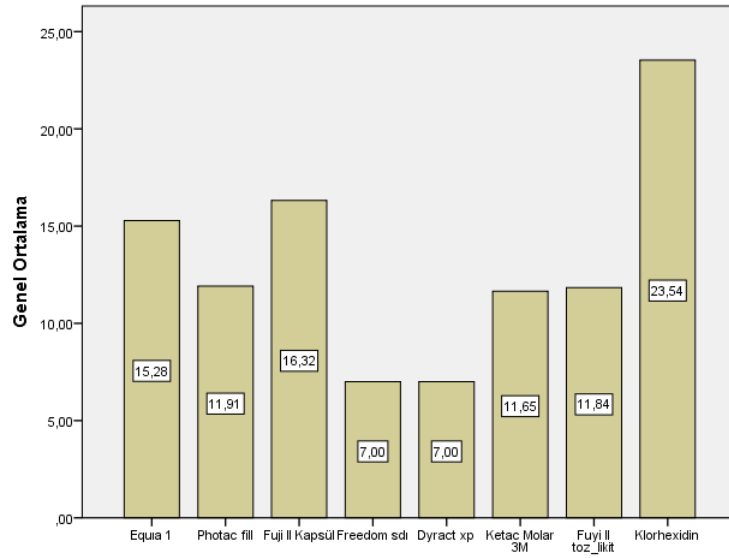
Şekil 15: 4. gün sonunda materyallerin S. Mutans' a karşı etkinliği

6.gün sonunda yapılan ölçümlerde tüm gruplarda antimikrobiyal etkinlik azalmaya devam etmiştir. kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi göstermiştir. Daha sonra Fuji II LC' de en yüksek antimikrobiyal etki görülürken, bunu sırasıyla Equia, Photacfil Fuji II, , Ketac Molar Easymix izlemiştir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (Şekil 16).

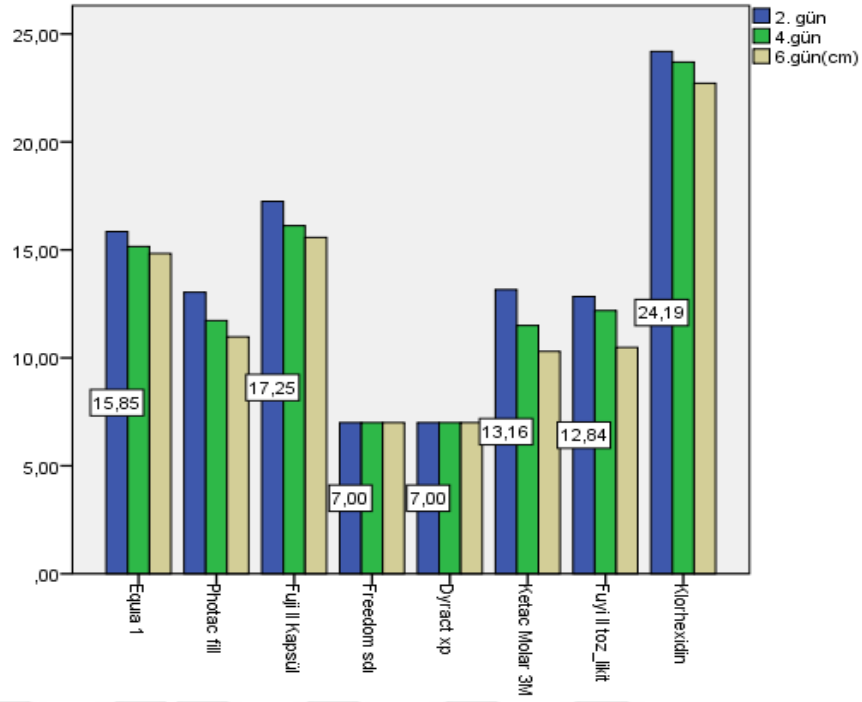


Şekil 16: 6. gün sonunda materyallerin *S. Mutans'* a karşı etkinliği

Tüm ölçümlerin genel ortalamasına bakıldığı zaman kontrol grubu(klorhexidin) en yüksek etkiyi göstermiştir. Sırasıyla Fuji II LC, Equia, Photacfil, Fuji II, Ketac Molar Easymix takip etmiştir. Freedom sdı ve Dyract xp hiç antimikrobiyal etkinlik göstermemişlerdir(Şekil 17). Her materyalde, inhibisyonun alanının günden güne değişimi Şekil 18' de gösterilmektedir.



Şekil 17: Materyallerin *S. Mutans'* a karşı ortalama etkinliği



Şekil 18: Materyallerin *S. Mutans*' a karşı etkinliklerinin günden güne değişimi

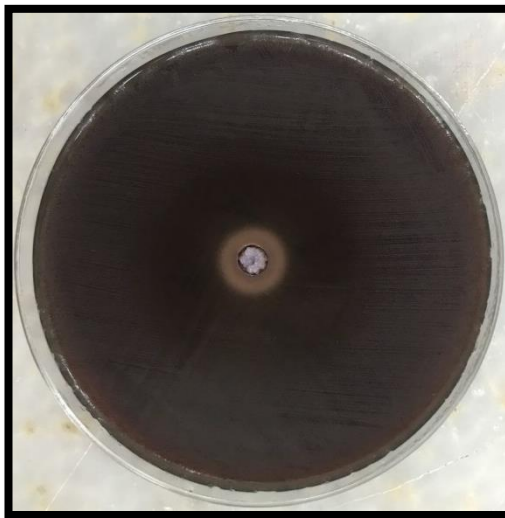
4.2.2. L. Acidophylus

Tablo 8' de tüm gruplara ait *Lactobacillus Acidophylus*'a karşı oluşan inhibisyon zonu değerleri, antimikrobiyal etkinlik ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. Kontrol grubu Klorhexidin ile deney grupları arasında *Lactobacillus acidophylus*' a karşı zamana bağlı olarak meydana gelen antimikrobiyal etkinlik değerleri, Kruskal Wallis ve çoklu karşılaştırma için kullanılan Bonferroni testi ile değerlendirildiğinde, tüm ölçüm günlerinde gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel farklılık saptandı ($p<0.01$).

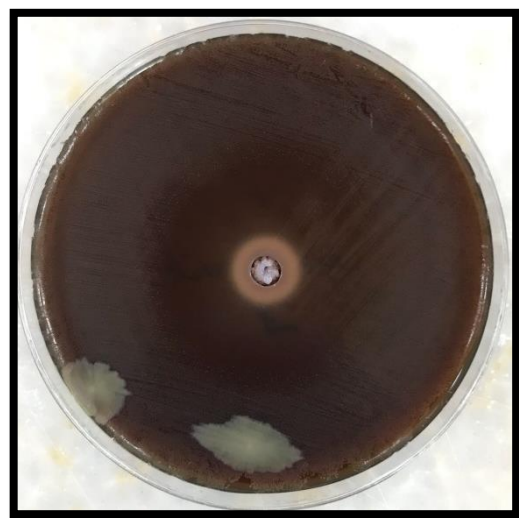
Tablo 8: *L. Acidophylus*' a karşı antimikrobiyal etkinliğin 2., 4., 6. gün ve ortalama karşılaştırılması

Gruplar	L. Acidophylus' a karşı antimikrobiyal etkinlik (mm)			
	2.gün	4.gün	6.gün	Ortalama
Equia	13,36±1,17	11,52±0,50	10,69±0,51	11,85±0,49
Photac fill	10,50±0,52	8,95±0,31	8,58±0,41	9,34±0,27
Fuji II LC	16,37±0,97	10,28±1,35	9,51±0,71	12,05±0,90
Freedom	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00
Dyract	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00	7,00±0,00
Ketac Molar Easymix	9,07±0,67	7,34±0,22	7,02±0,04	7,81±0,21
Fuji II	12,23±0,39	11,86±0,40	11,71±0,41	11,93±0,37
Klorhexidin	19,85±0,84	19,08±0,55	17,66±1,39	18,86±0,78
Kruskal Wallis	Ki kare=67,32 P=,000	Ki kare=65,42 P=,000	Ki kare=65,69 P=,000	Ki kare=63,11 P=,000

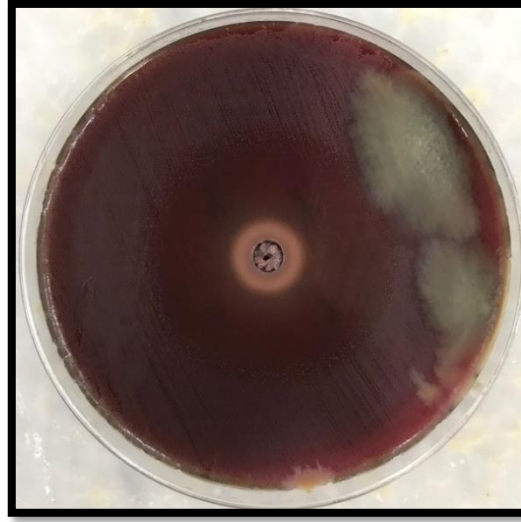
Kontrol grubu olan klorhexidin *Lactobacillus acidophylus*' a karşı olan etkinliği 2., 4. ve 6. günlerde dijital olarak ölçülmüş ve inhibisyon alanının zamanla daraldığı görülmüştür (Resim 20).



a



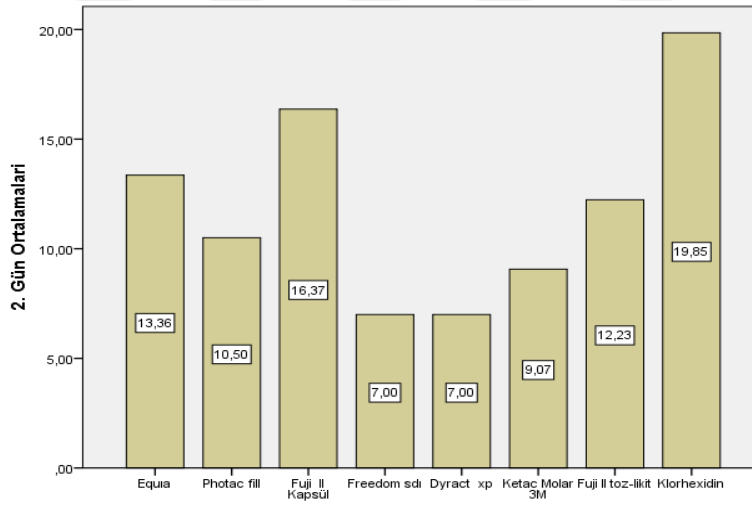
b



C

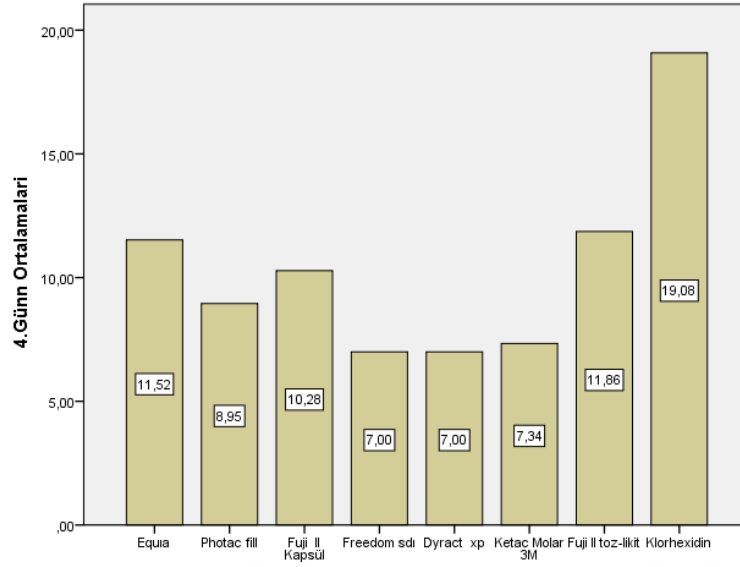
Resim 20: Klorhexidin'in *L. Acidophylus*'a karşı 2.(a), 4.(b) ve 6. gün(c) antimikrobiyal etkisi

2. gün sonunda yapılan ölçümlerde kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi göstermiştir. Daha sonra Fuji II LC' de en yüksek antimikrobiyal etki görülürken, bunu sırasıyla Equia, Fuji II, Photacfil, Ketac Molar Easymix, izlemiştir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (Şekil 19).



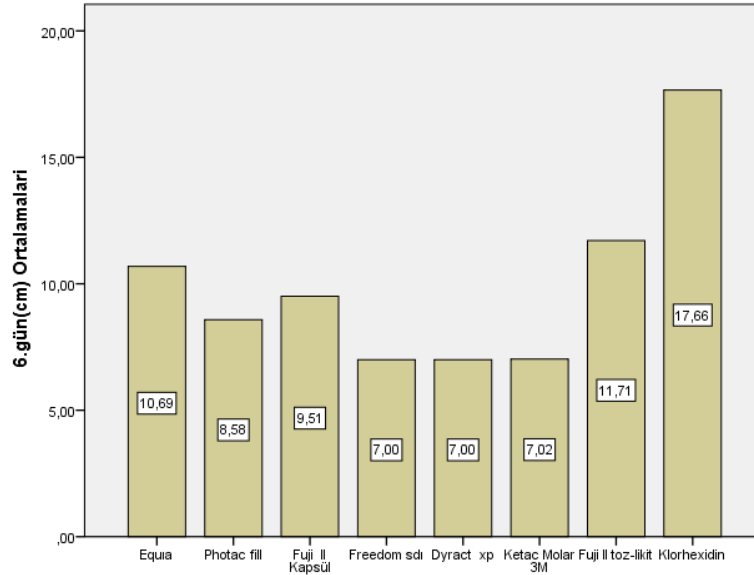
Şekil 19: 2. gün sonunda materyallerin *L. Acidophylus*' a karşı etkinliği

4.gün sonunda yapılan ölçümlerde tüm gruplarda inhibisyon alanında azalma görülmüştür. kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi göstermiştir. Daha sonra Fuji II' de en yüksek antimikrobiyal etki görülürken, bunu sırasıyla Equia, Fuji II LC, Photacfil, Ketac Molar Easymix izlemiştir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (Şekil 20).



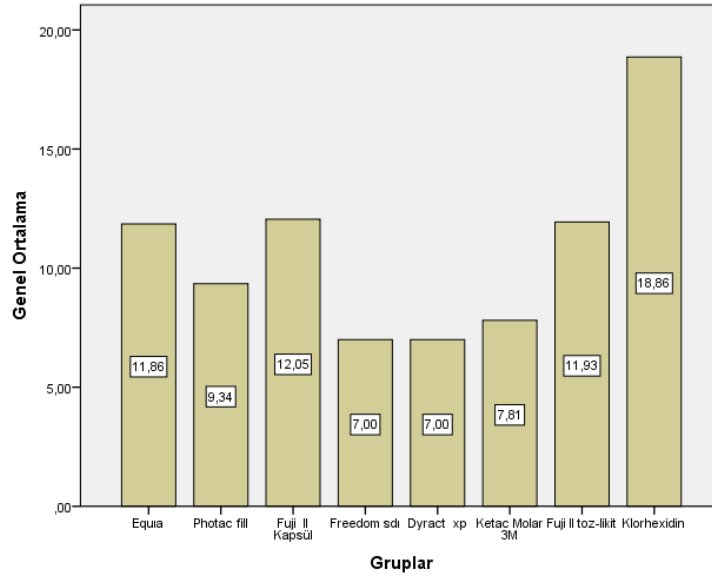
Şekil 20: 4. gün sonunda materyallerin *L. Acidophylus*' a karşı etkinliği

6.gün sonunda yapılan ölçümlerde tüm gruplarda inhibisyon alanında azalma g r lm   t r. kontrol grubu olan klorhexidin en yüksek etkiyi g stermi  tir. Daha sonra Fuji II' de en yüksek antimikrobiyal etki görülürken, bunu sırasıyla Equia, Fuji II LC, Photacfil, Ketac Molar Easymix izlemi  tir. Freedom ve Dyract xp antimikrobiyal etkinlik g stermemi  tir ( ekil 21).



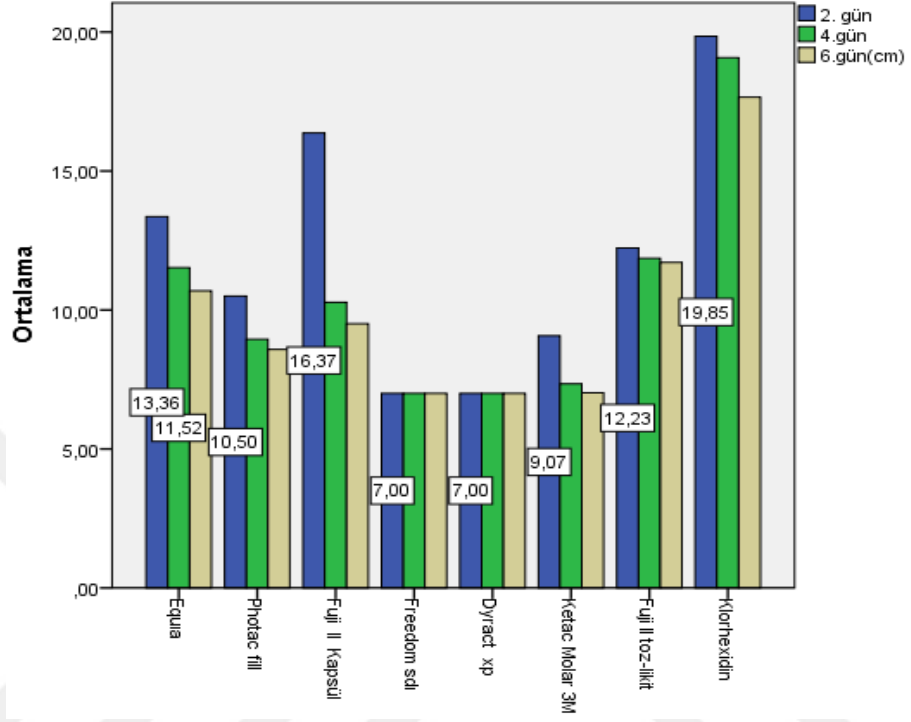
Şekil 21: 6. gün sonunda materyallerin *L. Acidophylus*' a karşı etkinliği

Tüm ölçümlerin genel ortalamasına bakıldığı zaman kontrol grubu(klorhexidin) en yüksek etkiyi göstermiştir. Sırasıyla Fuji II LC, Fuji II, Equia, Photac fil, Ketac Molar Easymix takip etmiştir. Freedom sdı ve Dyract xp hiç antimikrobiyal etkinlik göstermemişlerdir (Şekil 22).



Şekil 22: Materyallerin *L. Acidophylus*' a karşı ortalama etkinliği

Her materyalde, inhibisyonun alanının günden güne değişimi Şekil 22’ de gösterilmektedir.



Şekil 23: Materyallerin *L. Acidophylus*’ a karşı etkinliklerinin günden güne değişimi

5.TARTIŞMA

Bu çalışmada dişhekimliği materyalleri arasında bulunan ve diğer materyaller içerisinde nispeten daha iyi özelliklere sahip geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve kompomerlerin florid salınımı ve antimikrobiyal etkinliği değerlendirildi.

1940'lı yıllarda içme sularına florid eklenmeye başlanması ile etkili çürük önleyici yöntemlerin geliştirilmesi ve dişhekimliğinde kullanımları ön plana çıkmıştır (133). 1994 ve 2004 yılları arasında özellikle yüzeysel florid uygulamaları ile ilgili çok sayıda çalışma yayımlanmıştır (134). Günümüzde çürük önleyici etkisinden yararlanmak amacı ile dişhekimliğinde florid salınımı yapabilen restoratif materyaller de kullanılmaktadır (89,135,136). CİS' lerin ve kompomerlerin florid salınımı yapabiliyor olmaları kullanım sıklıklarını arttıran bir faktördür (135). Florid salınımı yapabilen materyallerin çürük önleyici etkileri, yaptıkları florid salınım miktarı ile doğru orantılıdır (137). Günümüzde florid salınımı yapabilen restoratif materyallerin florid salınım değerlerinin incelendiği çalışmalarda en çok kullanılan materyaller geleneksel cam iyonomer simanlardır. Bunların yanısıra florid salınımı yapabilen RMCİS' ler ve kompomerler de florid salınımı bakımından incelenen materyaller arasındadır (138). Bizim çalışmamızda da geleneksel CİS, RMCİS, yüksek viskoziteli CİS ve kompomer materyallerinin florid salınım değerleri incelenmiştir.

Verbeeck RMH ve ark. çalışmalarında, kapsülle ve elle karıştırılan geleneksel cam iyonomer simanlardan salınan florid değerinde bir değişiklik olup olmadığını incelemişlerdir. 14 günlük deney süresi sonunda kapsülle karıştırılan cam iyonomer simanların daha fazla florid salınımı yaptıklarını bildirmişlerdir. Araştırmacılar aynı kimyasal bileşimde materyaller olmalarına rağmen, cam iyonomer simanların florid salınımları arasındaki bu farklılığın karıştırma tekniğindeki farklılıktan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir (139). Çalışmamızda kullanılan geleneksel cam iyonomer materyaller toz-likit, RMCİS materyalleri ise kapsül formundadır.

Materyallerin polimerizasyonları üreticinin direktifleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığında yapılan çalışmalarda kimyasal yolla sertleşen materyallerin ilk sertleşme reaksiyonlarının tamamlanabilmesi için 8-15 dk. arasında değişen sürelerde beklenilmesi gerektiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (111). Bu nedenle çalışmamızda kimyasal yolla sertleşen materyaller kalıplardan çıkarılmadan önce 10 dk. süreyle sertleşmeye bırakılmıştır.

Materyallerin florid salınımı ölçümlerinin gerçekleştirilebilmesi için hazırlanan örnek disklerin boyutlarının aynı olması gerektiği bildirilmektedir. Çalışmalarda çeşitli boyutlardaki standart metal, teflon veya plastik kalıplar kullanılmaktadır (140). Bunlar arasında en yaygın kullanımda olan kalıplar standart metal kalıplardır. Bizim çalışmamızda, uygulama kolaylığı, ucuz olması ve kolay erişilebilirliği nedeniyle plastik kalıplar kullanılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, florid camla etkileşime gireceğinden, örneklerin hazırlanmasında camdan oluşan gereçler kullanılmadığı gibi, plastik kalıplar içerisindeki materyalin taşan kısmının giderilmesi amacıyla kullanılan iki siman camının materyalle temasını engellemek için araya asetat kağıdı konulmuştur (141). Bizim çalışmamızda da tüm örneklerin hazırlanmasında cam ile materyaller arasında asetat kağıdı ve selüloid bantlar yerleştirilmiştir.

Restoratif materyallerin florid salınım ölçümleri için deiyonize su solüsyonları veya yapay tükürük kullanılmaktadır. Çoğu çalışmada, salınımın deiyonize suda anlamlı derecede daha fazla olduğu bildirilmiştir (135). Bununla birlikte ElMallakh BF ve Sarkar NK, deiyonize suyun oral kavitenin karmaşık kimyasını bütünüyle yansıtmadığını ve buna bağlı olarak gerçek salınım miktarını göstermeyeceği sonucuna ulaşmışlardır (141). Ancak yapay tükürük her ne kadar kliniğe daha yakın sonuçlar verse de, elde edilen sonuçların tam olarak kliniğe uygun olduğunu söylemek güçtür. Çünkü oral kavitedeki plak ve pelikül birikimi de floridin difüzyonunu değiştiren faktörlerdir (142). Bizim çalışmamızda hazırlanan örneklerin florid salınım değerleri, birçok in vitro çalışmada olduğu gibi deiyonize suda ölçülmüştür.

Materyallerden florid salınımı mekanik çalkalama, ısı gibi etkenlerle değişkenlik gösterdiğinden yapılan birçok in-vitro çalışmada örneklerin 37°C'lik

etüvde bekletilmesi önerilmiştir (143). Bu etkenlerin bulgularımızı etkilememesi için çalışmamızda örnekler, ölçüm saatleri dışında 37°C'lik etüvde bekletilmiş ve deneyler süresince her gün çalkalanmıştır.

Fluorid salınım değerlerinin belirlenmesinde iyon analizörü ve spesifik fluorid elektrodu kullanılmaktadır (144). Bu çalışmada Orion 720A+ ve Orion Fluorid elektrodu kullanılmıştır. Solüsyonun pH'sının düzenlenmesi ve sudaki fluoridin iyonize edilmesi için solüsyona TISAB solüsyonunun belirli konsantrasyonlarda eklenmesi gerektiği bildirilmiştir (145,146). Çalışmamızda da deiyonize suya ölçümlerden hemen önce %5 konsantrasyonunda TISAB II solüsyonu ilave edilmiştir. Fluorid salınım değerlerinin ölçümünden hemen önce, standart fluorid solüsyonlarından farklı yoğunluklarda solüsyonlar hazırlayarak elektrodun kalibre edilmesi gerektiği bildirilmiştir (145,147). Çalışmamızda kalibrasyon için hazırlanan standart fluorid solüsyonları her ölçüm gününde yeniden hazırlanmıştır. Cihazın kalibrasyonu her ölçüm gününde belirli aralıklarla tekrarlanarak yapılmıştır.

Materyallerden salınan fluorid değerlerinin miktarını ifade etmek için birim olarak ppm, F/mg, µg/ml veya mg/l kullanılabilir (145,148). Çalışmamızda literatür karşılaştırması yapılabilmesi için “mg/l” birimi kullanılmıştır. Ayrıca örneklerin içinde bulunduğu deiyonize su ölçümünden hemen sonra değiştirilerek kümülatif olmayan fluorid ölçüm değerleri elde edilmiştir. Bazı çalışmalarda ise kümülatif değerlerin kullanıldığı görülmüştür (146,148). Ancak kümülatif olan fluorid değerlerinin gerçek fluorid miktarını göstermediği bildirilmektedir (149).

Materyallerin fluorid salınımlarının araştırıldığı çalışmalarda, ölçümlerin çalışma süresi içerisinde belirlenen bazı günlerde yapıldığı görülmektedir. Ölçüm zamanının çoğunlukla ilk hafta her gün ya da ilk üç gün ve daha sonra haftada bir kez şeklinde olduğu görülmüştür (139,150). Bizim çalışmamızda da literatüre uygun olarak fluorid salınım ölçüm günleri 1., 3., 7., 14. ve 28. günler olarak belirlenmiştir.

Fluorid salınımı yapan restoratif materyallerin fluorid salınım özelliklerinin incelendiği çalışmalarda salınımın ilk hafta özellikle ilk 24 saatte en yüksek olduğu görülmüştür. Bu etkiye fluoridin patlama etkisi “bursting effect” denilmekte ve en çok geleneksel cam iyonomer simanlarda görülmektedir (151). Çalışmamızda da bu etki Fuji II ve Ketac Molar Easymix materyallerinde görülmüştür.

Arısu HD ve ark., iki geleneksel CİS (Ionofil Molar, Fuji IX), bir RMCİS (Vitrabond), bir güçlendirilmiş cam iyonomer (Argion) ve üç kompomer (Dyract Extra, F2000, Hytac) materyalinin florid salınım özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda materyallerden salınan toplam florid miktara bakıldığında geleneksel CİS'ların en yüksek florid salınım değerlerine sahip olduğu ve bunu sırasıyla RMCİS, güçlendirilmiş CİS ve kompomer materyallerinin takip ettiği gösterilmiştir. Ayrıca çalışmada bulunan tüm materyallerin en yüksek florid salınımını 1. günde yaptıkları ve bu salınımın izleyen günlerde aşamalı olarak azaldığını bildirmişlerdir (152). Kompomer materyaller olan Dyract XP ve Freedom SDI, yaptığımız testlerde en az florid salınımı yapan materyallerdir. Florid salınım değerleri diğer materyallerden farklı olarak oldukça düşük seviyelerde kalmış olup, daha önce yapılan çalışmalarla da uyumlu olduğu görülmüştür.

Shashibhushan KK ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada Fuji II (Geleneksel CİS), Fuji IX (Geleneksel CİS) ve Fuji II LC (RMCİS) kullanılarak materyallerin florid salınım miktarları karşılaştırılmıştır. En yüksek salınımı Fuji II LC gösterirken sırasıyla Fuji II ve Fuji IX takip etmiştir (153). Yaptığımız çalışmada da Fuji II LC, Fuji II'ye kıyasla daha fazla florid salınımı gerçekleştirmiştir.

Basso GR ve ark., Vitremer (rezin modifiye cam iyonomer), Rely-X luting 2 (rezin modifiye cam iyonomer), Ketac Molar Easymix (geleneksel cam iyonomer) ve Filtek Z250 (kompozit rezin) kullanarak materyallerin florid salınım değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada; resin modifiye cam iyonomer siman olan Rely-X luting 2' nin en yüksek miktarda florid salınımı yaptığını, ardından bir diğer resin modifiye cam iyonomer siman olan Vitremer' in geldiğini ve Filtek Z250 dışında tüm materyallerin florid salınımı yaptığını belirtmişlerdir (154). Çalışmamızda Ketac Molar Easymix resin modifiye cam iyonomer simanlardan daha az florid salınımı yapmıştır.

Sumitha U ve ark., birer adet resin modifiye cam iyonomer (Ketac100/3M), nanoiyonomer ve geleneksel cam iyonomer siman(Fuji II/GC) kullanarak florid salınım miktarlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında; 1., 2. ve 7.günde geleneksel cam iyonomer simanın florid salınımını diğerlerine kıyasla yüksek bulmuşlardır. Buna karşın 15.ve 30. günde resin modifiye cam iyonomer simanın geleneksel cam

iyonomer simana kıyasla daha yüksek florid salınımı yaptığını belirtmişlerdir (155). Çalışmamızda 1. gün florid salınımında geleneksel cam iyonomer simanlar yüksek sonuçlar verirken, ilerleyen günlerde RMCİS' lar daha fazla florid salınımı göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada rezin modifiye cam iyonomer simanların, geleneksel cam iyonomer simanlara yakın değerlerde florid salınımı yaptığı, farklı ölçüm günlerinde daha üstün sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durum farklı çalışmalarla da desteklenmektedir. Munoz CRD ve ark. geleneksel cam iyonomer siman olan Fuji IX ve Ketac Molar Easymix' i kullanarak yaptıkları araştırmada materyallerin florid salınım değerlerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar iki materyalin de benzer miktarlarda florid salınımı yapabildiklerini, atravmatik restoratif teknik ve koruyucu dental tedaviler için cam iyonomer simanların ideal materyal olduğunu belirtmişlerdir (156).

B Saketh RR ve ark.' nın, iki geleneksel cam iyonomer siman (Fuji VII ve Fuji II), bir rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC), bir kompozit (Tetric Ceram) ve bir kompomer (F2000) kullanarak yapmış oldukları çalışmada 1., 7. ve 28. günlerde florid ölçümlerini yapmışlardır. En fazla florid salınımını geleneksel cam iyonomer simanlar olan Fuji II ve Fuji XII' nin yaptığını belirtmişlerdir. Sonrasında sırasıyla Fuji II LC, F2000 ve Tetric Ceram' ın florid salınımı yaptığını, kompomer ve kompozit ile hazırlanan örneklerin florid ile yeniden yüklenemediğini bildirmişlerdir (157).

Yaptığımız çalışmada bir yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (EQUIA/GC), iki farklı rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC/GC, Photac Fil Quick Aplicap/3M), iki farklı geleneksel cam iyonomer siman (Ketac Molar Easymix/3M, Fuji II/GC) ve iki farklı poliasit modifiye kompozit rezinin (Freedom/SDI, Dyract XP/Dentsply) kullanılmıştır.

Materyallerin florid salınım değerleri ölçüm günlerine göre karşılaştırıldığında 1. günde en yüksek florid salınımını Fuji II toz-likit materyalinin gösterdiği saptanırken; 3. Gün ölçümünde en yüksek florid salınımını Equia materyalinin gösterdiği saptanmıştır. Geri kalan tüm ölçüm günlerinde en yüksek florid salınımını gösteren materyal, Fuji II LC materyali olmuştur. Bütün ölçümlerde

Freedom en düşük sonuçlara ulaşmıştır. Rezin içerikli ve yüksek viskoziteli materyallerin florid salınım değerlerinin düşük başlayıp yükseldiği, daha sonra düşüş gösterdiği; geleneksel cam iyonomer simanların ise yüksek değerlerle başlayıp gitgide düştüğü görülmüştür. Geleneksel cam iyonomer simanların yüksek florid salınımı yapabilmelerine karşın toz ve likitin elde karıştırılması sonucu florid değerlerinde farklılıklar olabileceği, kapsülle karıştırılan cam iyonomer simanların daha başarılı sonuçlar verebildiği yapılan çalışmalarda görülmektedir (139).

Cam iyonomer simanın iki mekanizma ile laktik asit ataklarına karşı dişleri koruduğu öngörülmektedir (158,159). Bu mekanizmalardan biri kimyasal tamponlama etkisi, diğeri ise florid salım özelliğidir. Simanın aşınmasıyla bu reaksiyonlar artış göstermekte ve asidik ortamda hızlı bir değişimi sağlamaktadır. Asidik yapıdaki bu değişimle birlikte demineralizasyon azalırken, çürük oluşumunun da önüne geçilmektedir. Rezk-Lega ve ark. yaptıkları çalışmada pH'nin asidik yönde ilerlemesiyle CİS'lerden salınan florid iyonun arttığını göstermişlerdir. CİS' in kontrollü olarak düşük seviyede florid iyonu salması çürük oluşumunun önüne geçilmesinde etkili olmaktadır (160). CİS'lerde reaksiyona girmemiş zayıf asit (poliakrilik asit) ve onun tuzundan (kalsiyum poliakrilat) meydana gelen kombinasyon, kimyasal tamponu meydana getirmektedir (160,161).

Ağız boşluğunda, dental plakta ve tükürükte devamlı olarak florid varlığı sekonder çürük oluşumunu engeller ve hatta oluşmakta olan lezyonların ilerlemesini engelleyebilir (162).

Patel ve ark. CİS' in sekonder çürük oluşumunu engellemek için, laktik asit pH'sini 5.7 değerine çıkardığını belirtmektedirler (163). Nicholson ve ark. CİS ile restorasyonu yapılan dişlerde, simanın asiti nötralize edici (tamponlama) etkisinden kaynaklanan, sekonder çürüğü önleyebilme etkisinin yeterli düzeyde olduğunu bildirmektedirler (158,160). Bu sebeple, yüksek çürük riski bulunan hastarın tedavisinde, asidik ağız ortamını tamponlayıcı etkisinden dolayı CİS'ler en çok kullanılan restoratif materyal olarak rapor edilmektedir (158,159).

Rezin modifiye cam iyonomer simanların asit ataklarının etkili olduğu yüzeyel mine lezyonlarında demineralizasyonu önemli bir oranda azalttığı görülmüştür. RMCİS' ler ile yapılan restorasyonun etrafındaki demineralize alanda azalma materyalden florid salınımla oluşmaktadır. Çünkü çürük oluşumu esnasında mine kristalleri etrafındaki akışkan florid varlığı demineralizasyonu azaltır ve remineralizasyonu artırır (164).

Antimikrobiyal aktivitesi olan restoratif materyallerin çürük tedavisinde kullanılmasının bir çok sebebi bulunmaktadır. Materyallerin kimyasal bileşimi, florid ve diğer iyonları salabilmesi ve bağlanırken düşük pH' si gibi özellikleri büyük öneme sahiptir. Florid salabilme kabiliyetinin çürüğe sebep olan bakterileri engellemede etkili olabileceği düşünülmektedir. Materyallerden florid salınımı bazı bakterilerin üremesini yavaşlatmada yetersiz olabilir. Bunun nedeni farklı bakteri türlerinin florid iyonuna karşı farklı seviyelerde hassasiyet göstermeleri olabilir. Yotis ve Brennan yaptıkları çalışmada, bakteri hücrelerinin farklı hassasiyeti ve ortamdaki farklı iyon seviyelerinden dolayı bakteriler tarafından bağlanan floridin miktarında önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir (165). Marczuk-Kolada ve ark.' nın yaptığı çalışmaya göre; bakteri hücreleri üzerindeki florid aktivitesi sadece iyon miktarına değil aynı zamanda yapışma anında materyalden salınan pH' ye de bağlıdır. CİS' ler birkaç dakikadan 24 saate kadar diş sert dokularına bağlanırken düşük pH gösterirler. Florid iyonu salınımı ve düşük pH' nin antimikrobiyal aktivite ile ilişkisi bulunmaktadır (166).

Restorasyon ve kavite marjinleri, ağız florasında bulunan karyojenik bakterilerin geçmesi için potansiyel bir yoldur. Bu nedenle dental simanların antimikrobiyal kabiliyetlerinin bulunması çok önemlidir. Dental simanların antimikrobiyal aktivitesiyle ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar CİS' lerin antimikrobiyal olarak en etkili simanlar olduğu anlaşılmıştır (166–169).

Nakajo ve ark. yaptıkları çalışmada floridin oral streptokoklara bakteristatik ve bakterisit etkisi olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada şeker fermentasyonundan elde edilen bakteri asidinin, düşük florid konsantrasyonu ile

inhibe edildiğini gözlemlemişlerdir. Bu sonuç düşük miktarlarda floridin antimikrobiyal etkisinin olduğunu desteklemektedir. Bunun yanında CİS' ler üzerindeki plak örneklerinde hayatta kalabilen S.mutans oranının düşük ve florid miktarının yüksek olduğunu bildirmişlerdir (170).

Cam iyonmer simanların antimikrobiyal özelliklerinin değerlendirildiği en önemli yöntemlerden biri, dişhekimliğinde yaygın olarak kullanılan Agar Difüzyon Testi (ADT) yöntemidir. Birçok örneğin aynı anda değerlendirildiği, kolay, hızlı ve ucuz olan bir testtir. Özellikle dental materyallerin antimikrobiyal özelliklerinin değerlendirilmesi açısından birçok avantajı bulunmaktadır (171,172). Aynı agar üzerine konulan farklı materyaller arasındaki antimikrobiyal etkinliğin karşılaştırılmasına izin vermesi, tekrar edilebilir olması ve elde edilen sonuçların standart hale getirilmesi, materyallerde gözlenen antimikrobiyal aktivitenin belirlenen zamanlarda devam edip etmediğinin takip edilebilmesi bu metodun sıkça tercih edilmesini sağlamaktadır (121,131).

Testin diğer avantajları ise, farklı mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmesi ve objektif bir şekilde ölçülen inhibisyon bölge çapları ile hangilerinin mikroorganizmalara karşı daha etkin olduğunun belirlenebilmesidir. Ancak bu yöntemin bazı eksik noktaları bulunmaktadır. Örneğin, ADT ile dental materyallerin bakterisit mi bakteriyostatik mi etki gösterdiği bilinmemektedir. Ayrıca deney bakterilerinin canlılık düzeyleri açısından herhangi bir bilginin elde edilememesi bir diğer dezavantajdır. Bunun yanında; ADT ile materyallerin sadece başlangıçtaki antimikrobiyal özelliklerinin sorgulandığı, oral kavitede restorasyon üzerine kolonize olmuş veya restorasyon ara yüzüne invaze olmuş bakterilerle ilgili bilginin elde edilemeyeceği bildirilmektedir (117,187). Çalışmamızda tüm bu özellikler göz önüne alınarak Agar Difüzyon Testi kullanılmıştır.

Agar difüzyon testlerinde uygun agarın kullanımı, hem test mikroorganizmalarının gelişim düzeyini hem de besiyerindeki mikroorganizmaların boyutlarını etkilediğinden dolayı oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalarda, bakteri suşları Triptik Soy Kanlı Agar, Mitis Salivaris Agar, Müller-Hinton Agar, Beyin Kalp İnfüzyon Agarı içerisinde 37°C' lik etüvde farklı

sürelerde bekletilerek hazırlanmıştır (173,174). Çalışmamızda Streptokokus Mutans izolatı Koyun Kanlı Agar (KKA) (ThermoScientific Oxoid, İngiltere) besiyerine liyofilize Lactobacillus acidophylus izolatları MRS (Man, Ragosa&Sharpe) besiyerine ekilmiştir.

İnhibisyon testlerinin doğru sonuçlar verebilmesi için önem verilmesi gereken diğer bir nokta da agarın petrideki kalınlığının standart olmasıdır (186). Agar difüzyon testinde diskler petri kutusunun merkezine yerleştirilmelidir. Test sonuçlarının standart ve tekrarlanabilir olması için inokulasyon sıcaklığının 37°C olması gerekmektedir (117,187). Mevcut çalışmalarda, simanların antimikrobiyal özellikleri siman örneklerinin taze karıştırılmasından hemen sonra incelenmiştir (175,176). Kozai K ve ark, yaptıkları antimikrobiyal çalışmalarda, Streptococcus mutans, Streptococcus sobrinus, Lactobacillus casei, Actinomyces naeslundii, Actinomyces viscosus, Enterococcus faecalis, Candida albicans, Staphylococcus aureus gibi bakteri suşları kullanmışlardır (177). Araştırmamızda da, antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi örneklerin taze olarak karıştırıldıktan sonra yapılmıştır ve American Type Culture Collection (ATCC) kayıtlı suşlardan Streptococcus mutans ATCC® 25175 (RSHM NO:7038) ve Lactobacillus acidophylus ATCC® 11975 (RSHM NO:6029) standart bakteri izolatları kullanılmıştır.

Yadiki ve ark. yaptıkları çalışmada Fuji II ve Fuji IX' u kullanarak S. Mutans' a karşı olan antimikrobiyal etkinliği araştırmışlardır. Ölçümler 1., 7. ve 14. gün yapılmış olup, sadece 1. gün geleneksel cam iyonmer siman olan Fuji II' nin rezin modifiye cam iyonmer siman olan Fuji IX' a kıyasla daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. 7. ve 14. gün yapılan ölçümlerde her iki materyalde de S. Mutans' a karşı herhangi bir etkinlik gözlenmediğini bildirmişlerdir (178). Çalışmamızda 2. ve 6. günlerde S. Mutans' a karşı rezin modifiye cam iyonmer simanlar Fuji II' den daha fazla antimikrobiyal etkinlik göstermiştir.

Suzana ve ark. yaptıkları bir araştırmada Vitremer (RMCİS), Ketac Nano, Ketac Molar Easymix (Geleneksel CİS) ve Fuji IX (Geleneksel CİS) materyallerini kullanarak antimikrobiyal etkinlikleri karşılaştırılmıştır. S. Mutans' a karşı etkinin değerlendirildiği çalışmada Vitremer' in en yüksek etkiyi gösterdiği, daha sonra sırasıyla Ketac Nano, Fuji IX ve Ketac Molar Easymix'in olduğunu belirtmişlerdir

(179). Çalışmamızda da Ketac Molar Easymix en az antimikrobiyal etkinlik gösteren cam iyonomer siman olmuştur.

Tiwari S ve ark. yaptıkları çalışmada Fuji II (Geleneksel CİS), Fuji IX (RMCİS), Compoglass(Kompomer) ve Zirconomer (Zirkonyum ile güçlendirilmiş CİS) kullanarak, materyallerin antimikrobiyal etkinliklerini karşılaştırmışlardır. En yüksek etkiyi gösteren Zirconomer' i Fuji IX takip etmiştir. Compoglass ise antimikrobiyal etkinlik göstermemiştir (180). Çalışmamızda da rezin modifiye cam iyonomer simanlar geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla etkinlik gösterirken, kompomerler antimikrobiyal etkinlik göstermemişlerdir.

Shashibhushan KK ve ark.' nın yaptığı bir çalışmada Fuji II (Geleneksel CİS), Fuji IX (Geleneksel CİS) ve Fuji II LC (RMCİS) kullanılarak materyallerin S. Mutans' a karşı antimikrobiyal etkinlikleri karşılaştırılmıştır. En yüksek etkiyi Fuji II LC gösterirken sırasıyla Fuji II ve Fuji IX takip etmiştir (153). Yaptığımız çalışmada da Fuji II LC, Fuji II' ye kıyasla daha fazla antimikrobiyal etkinlik göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada S. Mutan' a karşı kontrol grubu(klorhexidin) en yüksek etkiyi göstermiştir. Daha sonra sırasıyla Fuji II LC, Equia, Photacfil, Fuji II, Ketac Molar Easymix antimikrobiyal etkinlik göstermektedir. Freedom sdı ve Dyract Xp hiç antimikrobiyal etkinlik göstermemişlerdir. L. Acidopyhlus' a karşı kontrol grubu(klorhexidin) en yüksek etkinliği göstermektedir. Sırasıyla Fuji II LC, Equia, Photacfil, Fuji II, Ketac Molar Easymix takip etmiştir. Freedom sdı ve Dyract xp hiç antimikrobiyal etkinlik göstermemişlerdir. Cam iyonomer simanların hem S. Mutan' a karşı hem L. Acidopyhlus' a karşı antimikrobiyal etkinliğinin olduğu görülmektedir. Resin modifiye cam iyonomer siman ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre bakterilere karşı daha etkili olduğu, kompomerlerin ise hiçbir etki göstermediği sonuçlarına ulaşılmaktadır.

6.SONUÇ

Farklı cam iyonomer siman ve kompomerlerin florid salınımlarını ve antimikrobiyal etkinliklerini karşılaştırdığımız çalışmamızda elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla florid salınımı yapmıştır.

- Kompomerler cam iyonomer simanlara kıyasla daha düşük miktarlarda florid salınımı yapmıştır.

- Materyallerin florid salınımları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Florid salınım miktarı uzun dönemde azalma göstermektedir.

- Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların antimikrobiyal etkinliği benzer sonuçlar vermiştir.

- Kompomerlerin antimikrobiyal etkinliği gözlenmemiştir.

- Cam iyonomer simanların *S. Mutans*' a karşı antimikrobiyal etkinliği *L. Acidophylus*' a göre daha yüksektir.

- Materyallerin florid salınımı *S. Mutans*' a karşı antimikrobiyal etkinliğin %80 'ini açıklamaktadır. *L. Acidophylus*' a karşı etkinliğin ise %75' ini açıklamaktadır.

- Materyallerin antimikrobiyal etkinliği uzun dönemde azalma göstermektedir.

Elde edilen bu verilerin ışığında florid salınımının çürük oluşumunu önlemede, birincil çürük bakterilerini azaltarak, etkisinin olduğunu söyleyebiliriz. Derin dentin kavitelerinde yüksek viskoziteli cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar kullanılabilir. Yaygın çürük görülen hastalarda kompomer kullanılması uygun değildir. Ancak bu in-vitro çalışmadan elde edilen sonuçların uzun dönem klinik çalışmalarla takip edilmesi ve yeni bulgularla desteklenmesi gerektiği kanaatindeyiz.

7.KAYNAKLAR

1. Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. (5th ed.) Mosby Elsevier, Missouri, 2011. s. 67-220.
2. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. J Appl Oral Sci. 2006;14 Suppl(1):3-9.
3. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials? - Properties, limitations and future trends. Materials (Basel). 2010;3(1):76-96.
4. Burke FJT, Fleming GJP, Owen FJ, Watson DJ. Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. Dent Update. 2002;29(1):10-4, 16-7.
5. Kolenbrander PE. Oral Microbial Communities: Biofilms, Interactions, and Genetic Systems. Annu Rev Microbiol. 2000;54(1):413-37.
6. Hicks J, Garcia-Godoy F, Donly K, Flaitz C. Fluoride-releasing restorative materials and secondary caries. J Calif Dent Assoc. 2003;31(3):229-45.
7. Kamay IC. Diş çürüğü ve tarihteki öyküsü. Ankara Üniversitesi Dil ve Tar Coğrafya Fakültesi Antropoloji Derg. 2015;29:17-28.
8. Autio-Gold JT, Tomar SL. Dental students' opinions and knowledge about caries management and prevention. J Dent Educ. 2008;72(1):26-32.
9. Cate JM "Bob" ten. The Need for Antibacterial Approaches to Improve Caries Control. Sage journals. 2009; 21: 1: 8-12
10. Fejerskov O, Kidd E. Dental caries: the disease and its clinical management. Vasa. 2008. 641 s.

11. Zero DT, Fontana M, Martínez-Mier EA, Ferreira-Zandoná A, Ando M, González-Cabezas C, vd. The Biology, Prevention, Diagnosis and Treatment of Dental Caries. J Am Dent Assoc. 2009;140:25–34.
12. Touger-Decker R, van Loveren C. Sugars and dental caries. C. 78, The American journal of clinical nutrition. 2003.
13. Moynihan P, Petersen PE. Diet, nutrition and the prevention of dental diseases. Public Health Nutr. 2004;7(1A):201–26.
14. O'Mullane D. Can prevention eliminate caries? Adv Dent Res. 1995;9(2):106–9.
15. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of selected caries prevention and management methods. Community Dent Oral Epidemiol . 2001;29(6):399–411.
16. Çakır YF, Gürkan S AN. Çürük Mikrobiyolojisi. Hacettepe Diş Hek Fak Derg. 2010;34(3–4):78–91.
17. Motisuki C, Lima LM, Spolidorio DMP, Santos-Pinto L. Influence of sample type and collection method on Streptococcus mutans and Lactobacillus spp. counts in the oral cavity. Arch Oral Biol. 2005;50(3):341–5.
18. Beighton D. The complex oral microflora of high-risk individuals and groups and its role in the caries process. Community Dentistry and Oral Epidemiology. 2005. s. 248–55.
19. de Soet JJ, de Graaff J. Microbiology of carious lesions. Dent Update. 1998;25(8):319–24.
20. Whiley RA, Beighton D. Current classification of the oral streptococci. C. 13, Oral Microbiology and Immunology. 1998. s. 195–216.

21. Marthaler TM, Brunelle J, Downer MC, König KG, Turin GJ, Künzel W, vd. The Prevalence of Dental Caries in Europe 1990-1995. *Caries Res.* 1996;30(4):237–55.
22. Van Houte J. Role of Micro-organisms in Caries Etiology. *J Dent Res.* 1994;73(3):672–81.
23. Marsh PD. Are dental diseases examples of ecological catastrophes? *C. 149, Microbiology.* 2003. s. 279–94.
24. Bowen WH. Nature of plaque. *Oral Sci Rev.* 1976;9:3–21.
25. Rölla G, Cıardı JE, Schultz SA. Adsorption of glucosyltransferase to saliva coated hydroxyapatite Possible mechanism for sucrose dependent bacterial colonization of teeth. *Eur J Oral Sci.* 1983;91(2):112–7.
26. Trahan L. Xylitol: a review of its action on Mutans streptococci and dental plaque-its clinical significance. *Int Dent J.* 1995;45:77–92.
27. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1). *J Clin Pediatr Dent .* 2004;28(1):47–52.
28. Lenander-Lumikari M, Loimaranta V. Saliva and Dental Caries. *Adv Dent Res.* 2000;14(1):40–7.
29. Riccelli AE, Kelly LS. Prevention strategies for dental caries in the adolescent. *Dent Clin North Am.* 2006;50(1):33–49.
30. Reich E, Lussi a, Newbrun E. Caries-risk assessment. *Int Dent J.* 1999;49(1):15–26.
31. Zero DT. In Situ Caries Models. *Adv Dent Res.* 1995;9(3):214–30.
32. Burgess JO, Cakir D. Material Selection for Direct Posterior Restoratives. Erişim tarihi:16 Kasım 2017;
https://www.dentalacademyofce.com/courses/2067/pdf/1108cei_dentsply_restoratives.pdf

33. Friberg L. Status que and perspectives of amalgam and other dental materiale. Stuttgart: Thieme; 1995.
34. Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. J Dent. Kasım 1997;25(6):459–73.
35. Hickel R, Manhart J, Garcia-Godoy F (2000). Clinical results and new developments of direct posterior restorations. Am J Dent, 13:41-54.
36. Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. J Appl Oral Sci. 2006 ;14 Suppl:3–9.
37. Nicholson JW. Glass ionomer dental cements: update. Mater Technol. 2010;25(1):8–13.
38. Yip KHK, Smales RJ, Gao W, Peng D. The effects of two cavity preparation methods on the longevity of glass ionomer cement restorations: an evaluation after 12 months. J Am Dent Assoc. 2002;133(6):744–51.
39. CADTH. Composite Resin and Amalgam Dental Filling Materials: a Review of Safety, Clinical Effectiveness and Cost-effectiveness. Can Agency Drugs Technol Heal [Internet]. 2012; Erişim tarihi: 20 Kasım 2017 [https://www.cadth.ca/media/pdf/htis/june-2012/RC0358 Dental amalgam Final.pdf](https://www.cadth.ca/media/pdf/htis/june-2012/RC0358%20Dental%20amalgam%20Final.pdf)
40. Browning WD, Johnson WW, Gregory PN. Clinical performance of bonded amalgam restorations at 42 months. J Am Dent Assoc. 2000;131(5):607–11.
41. Belcher MA, Stewart GP. Two-year clinical evaluation of an amalgam adhesive. J Am Dent Assoc. 1997;128(3):309–14.
42. Bellinger DC, Trachtenberg F, Daniel D, Zhang A, Tavares M a, McKinlay S. A dose-effect analysis of children’s exposure to dental amalgam and neuropsychological function: the New England Children’s Amalgam Trial. J Am Dent Assoc. 2007;138(9):1210–6.

43. Peumans M, Van Meerbeek B, Asscherickx K, Simon S, Abe Y, Lambrechts P, vd. Do condensable composites help to achieve better proximal contacts? *Dent Mater.* 2001;17(6):533–41.
44. Suliman AH, Boyer DB, Lakes RS. Polymerization shrinkage of composite resins: Comparison with tooth deformation. *J Prosthet Dent.* 1994;71(1):7–12.
45. Soh MS., Yap AUJ. c, Yu T., Shen ZX. Analysis of the degree of conversion of LED and halogen lights using micro-raman spectroscopy. *Oper Dent.* 2004;29(5):571–7.
46. Asmussen E, Peutzfeldt A. Polymer structure of a light-cured resin composite in relation to distance from the surface. *Eur J Oral Sci.* 2003;111(3):277–9.
47. Marghalani HY, Al-Jabab AS. Compressive creep and recovery of light-cured packable composite resins. *Dent Mater.* 2004;20(6):600–10.
48. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc.* 1998;129(5):567–77.
49. Civelek A, Ersoy M, L'Hotelier E, Soyman M, Say EC. Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. *Oper Dent.* 2003;28(5):635–41.
50. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(4):353–61.
51. Imazato S, McCabe JF. Influence of incorporation of antibacterial monomer on curing behavior of a dental composite. *J Dent Res.* 1994;73(10):1641–5.
52. Wilson SJ, Wilson HJ. The release of chlorhexidine from modified dental acrylic resin. *J Oral Rehabil.* 1993;20(3):311–9.
53. Craig RG. *Restorative dental materials.* 2002. 212 s.

54. White CE, Daemen LL, Hartl M, Page K. Intrinsic differences in atomic ordering of calcium (alumino)silicate hydrates in conventional and alkali-activated cements. *Cem Concr Res*. 2015;67:66–73.
55. Darling M, Hill R. Novel polyalkenoate (glass-ionomer) dental cements based on zinc silicate glasses. *Biomaterials*. 1994;15(4):299–306.
56. Upadhyaya NP. Glass Ionomer Cement – The Different Generations. *Trends Biomater Artif Organs*. 2005;18(2):158–65.
57. Williams J a, Billington RW, Pearson GJ. Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil*. 1998;25(7):535–40.
58. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements, a clinicians guide. Martin Dunitz, New York. 2002;3rd edn:1–73.
59. Onal B, Pamir T. The two-year clinical performance of esthetic restorative materials in noncarious cervical lesions. *J Am Dent Assoc*. 2005;136(11):1547–55.
60. Hatton P V., Brook IM. Characterisation of the ultrastructure of glass-ionomer (poly-alkenoate) cement. *Br Dent J*. 1992;173(8):275–7.
61. Lohbauer U. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials? – Properties, Limitations and Future Trends. *Materials (Basel)*. 2009;3(1):76–96.
62. Crisp S, Lewis BG, Wilson AD. Characterization of glass-ionomer cements 5. The effect of the tartaric acid concentration in the liquid component. *J Dent*. 1979;7(4):304–12.
63. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass-ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res*. 1980;59(6):1055–63.

64. Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater.* 2004;20(1):45–50.
65. Nicholson JW, Amiri MA. The interaction of dental cements with aqueous solutions of varying pH. *J Mater Sci Mater Med.* 1998;9(10):549–54.
66. Wasson EA, Nicholson JW. Studies on the setting chemistry of glass-ionomer cements. *Clin Mater.* 1991;7(4):289–93.
67. Nicholson JW, Wilson AD. The effect of storage in aqueous solutions on glass-ionomer and zinc polycarboxylate dental cements. *J Mater Sci Mater Med.* 2000;11(6):357–60.
68. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil.* 1998;25(7):535–40.
69. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass-ionomer Cement Formulations. II. The Synthesis of Novel Polycarboxylic Acids. *J Dent Res.* 1980;59(6):1055–63.
70. Griffin SG, Hill RG. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part I: Influence of aluminium to silicon ratio. *Biomaterials.* 1999;20(17):1579–86.
71. Yoldas BE. Nature of the coexistence of four- and six-coordinated Al^{3+} in glass. *Phys Chem Glas.* 1971;12(1):28–32.
72. De Barra E, Hill RG. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part III: Influence of fluorite content. *Biomaterials.* 2000;21(6):563–9.
73. Wilson AD, Crisp S, Prosser HJ, Lewis BG, Merson SA. Aluminosilicate Glasses for Polyelectrolyte Cements. *Ind Eng Chem Prod Res Dev.* 1980;19(2):263–70.

74. Wood D, Hill R. Structure-property relationships in ionomer glasses. *Clin Mater.* 1991;7(4):301–12.
75. Billington RW, Hadley PC, Towler MR, Pearson GJ, Williams JA. Effects of adding sodium and fluoride ions to glass ionomer on its interactions with sodium fluoride solution. *Biomaterials.* 2000;21(4):377–83.
76. Griffin S, Hill R. Influence of poly(acrylic acid) molar mass on the fracture properties of glass polyalkenoate cements. *J Mater Sci.* 1998;33(22):5383–96.
77. Nicholson JW, Brookman PJ, Lacy OM, Wilson AD. Fourier Transform Infrared Spectroscopic Study of the Role of Tartaric Acid in Glass-ionomer Dental Cements. *J Dent Res.* 1988;67(12):1451–4.
78. Cattani-Lorente MA, Godin C, Meyer JM. Mechanical behavior of glass ionomer cements affected by long-term storage in water. *Dent Mater.* 1994;10(1):37–44.
79. Naasan MA, Watson TF. Conventional glass ionomers as posterior restorations: A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 1998;11(1):36–45.
80. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater.* 2008;24(12):1702–8.
81. Small ICB, Watson TF, Chadwick A V., Sidhu SK. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: An in vitro comparison with other materials. *Biomaterials.* 1998. s. 545–50.
82. Hill RG. The fracture properties of glass polyalkenoate cements as a function of cement age. *J Mater Sci.* 1993;28(14):3851–8.
83. Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Clinical relevance of laboratory fatigue studies. *J Dent.* 1994;22(2):97–102.

84. Mioche L, Hiimae KM, Palmer JB. A postero-anterior videofluorographic study of the intra-oral management of food in man. *Arch Oral Biol*. 2002;47(4):267–80.
85. Wilson a D, Prosser HJ, Powis DM. Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res*. 1983;62(5):590–2.
86. Erickson RL, Glasspoole EA. Bonding to Tooth Structure: A Comparison of Glass-Ionomer and Composite-Resin Systems. *J Esthet Restor Dent*. 1994;6(5):227–44.
87. Yesilyurt C, Bulucu B, Sezen O, Bulut G, Celik D. Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater J*. 2008;27(5):695–701.
88. Mak YF, Lai SCN, Cheung GSP, Chan AWK, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater*. 2002;18(8):609–21.
89. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials-Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. C. 23, *Dental Materials*. 2007. s. 343–62.
90. Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. *Biomaterials*. 1998;19(6):503–508.
91. Momoi Y, McCabe JF. Fluoride release from light-activated glass ionomer restorative cements. *Dent Mater*. 1993;9(3):151–4.
92. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int*. 1994;25(9):587–9.
93. Sidhu SK. Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. *Dent Mater*. 2010;26(1):7–12.

94. Ribeiro a P, Serra MC, Paulillo L a, Rodrigues Júnior a L. Effectiveness of surface protection for resin-modified glass-ionomer materials. *Quintessence Int.* 1999;30(6):427–31.
95. Miyazaki M, Moore BK, Onose H. Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(5–6):600–4.
96. Al-Naimi OT, Itota T, Hobson RS, McCabe JF. Fluoride release for restorative materials and its effect on biofilm formation in natural saliva. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(3):1243–8.
97. Scholtanus JD, Huysmans MCDNJM. Clinical failure of class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: A retrospective study. *J Dent.* 2007;35(2):156–62.
98. Crowley CM, Doyle J, Towler MR, Hill RG, Hampshire S. The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent.* 2006;34(8):566–73.
99. Dowling AH, Fleming GJP. Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? *J Dent.* 2009;37(2):133–40.
100. Hse KM, Leung SK, Wei SH. Resin-ionomer restorative materials for children: a review. *Aust Dent J.* 1999;44(1):1–11.
101. Berg JH. The continuum of restorative materials in pediatric dentistry-a review for the clinician. *Pediatr Dent.* 1998;202:93–100.
102. Affairs ADAC on S. Professionally applied topical fluoride: evidence-based clinical recommendations. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(8):1151–9.
103. Ten Cate JM. Contemporary perspective on the use of fluoride products in caries prevention. *C. 214, British Dental Journal.* 2013. s. 161–7.
104. Downer MC, Azli N a, Bedi R, Moles DR, Setchell DJ. How long do routine dental restorations last? A systematic review. *Br Dent J.* 1999;187(8):432–9.

105. Moreau JL, Xu HHK. Fluoride releasing restorative materials: Effects of pH on mechanical properties and ion release. *Dent Mater.* 2010;26(11):e227-35.
106. Burke FM, Ray NJ, Mcconnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J.* 2006;56:33–43.
107. Grobler SR, Rossouw RJ, Van Wyk Kotze TJ, Kotze TJVW, Van Wyk Kotze TJ, Kotze TJVW. A comparison of fluoride release from various dental materials. *J Dent.* 1998;26(3):259–65.
108. A.U. Y, E. K. Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. C. 24, *Operative dentistry.* 1999. s. 297–305.
109. P. K, M. H-A, S. T-P. Fluoride release from three glass ionomers, a compomer, and a composite resin in water, artificial saliva, and lactic acid. C. 25, *Operative dentistry.* 2000. s. 20–5.
110. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil.* 2001;28(1):26–32.
111. Lucas ME, Arita K, Nishino M. Toughness, bonding and fluoride-release properties of hydroxyapatite-added glass ionomer cement. *Biomaterials.* 2003;24(21):3787–94.
112. Khouw-Liu VHW, Anstice HM, Pearson GJ. An in vitro investigation of a poly(vinyl phosphonic acid) based cement with four conventional glass-ionomer cements. Part 1: Flexural strength and fluoride release. *J Dent.* 1999;27(5):351–7.
113. Shaw AJ, Carrick T, McCabe JF. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *J Dent.* 1998;26(4):355–9.
114. Itota T, Carrick TE, Rusby S, Al-Naimi OT, Yoshiyama M, McCabe JF. Determination of fluoride ions released from resin-based dental materials using ion-selective electrode and ion chromatograph. *J Dent.* 2004;32(2):117–22.

115. Takahashi K, Emilson CG, Birkhed D. Fluoride release in vitro from various glass ionomer cements and resin composites after exposure to NaF solutions. *Dent Mater.* 1993;9(6):350–4.
116. DeSchepper EJ, Berr EA, Cailleteau JG, Tate WH. A comparative study of fluoride release from glass-ionomer cements. *Quintessence Int.* 1991;22(3):215–9.
117. Mousavinasab SM, Meyers I. Fluoride release by glass ionomer cements, compomer and giomer. *Dent Res J (Isfahan).* 2009;6(2):75–81.
118. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. The glass ionomer cement: The sources of soluble fluoride. *Biomaterials.* 2002;23(10):2191–200.
119. Shahid S, Hassan U, Billington RW, Hill RG, Anderson P. Glass ionomer cements: Effect of strontium substitution on esthetics, radiopacity and fluoride release. *Dent Mater.* 2014;30(3):308–13.
120. De Moor RJ, Verbeeck RM. Effect of acetic acid on the fluoride release profiles of restorative glass ionomer cements. *Dent Mater.* 1998;14:261–8.
121. Hoszek A, Ericson D. In vitro fluoride release and the antibacterial effect of glass ionomers containing chlorhexidine gluconate. *Oper Dent.* 2008;33(6):696–701.
122. Geraldo-Martins VR, Robles FRP, Matos AB. Chlorhexidine's effect on sealing ability of composite restorations following Er:YAG laser cavity preparation. *J Contemp Dent Pract.* 2007;8(5):026–33.
123. Tüzüner T, Kuşgöz A, Er K, Taşdemir T, Buruk K, Kemer B. Antibacterial activity and physical properties of conventional glass-ionomer cements containing chlorhexidine diacetate/cetrimide mixtures. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(1):46–55.
124. Luo J, Billington RW, Pearson GJ. Kinetics of fluoride release from glass components of glass ionomers. *J Dent.* 2009;37(7):495–501.

125. Du X, Huang X, Huang C, Frencken JE, Yang T. Inhibition of early biofilm formation by glass-ionomer incorporated with chlorhexidine in vivo: A pilot study. *Aust Dent J.* 2012;57(1):58–64.
126. Frencken JE, Imazato S, Toi C, Mulder J, Mickenautsch S, Takahashi Y, vd. Antibacterial effect of chlorhexidine- containing glass ionomer cement in vivo: A pilot study. *Caries Res.* 2007;41(2):102–7.
127. Topcuoglu N, Ozan F, Ozyurt M, Kulekci G. In vitro antibacterial effects of glassionomer cement containing ethanolic extract of propolis on *Streptococcus mutans*. *Eur J Dent.* 2012;6(4):428–33.
128. Weerheijm KL, Kreulen CM, De Soet JJ, Groen HJ, Van Amerongen WE. Bacterial Counts in Carious Dentine under Restorations: 2-Year in vivo Effects. *Caries Res.* 1999;33(2):130–4.
129. Dong MW. Modern HPLC for Practicing Scientists. *Modern HPLC for Practicing Scientists.* 2006. 1-286 s.
130. Neue. HPLC Columns, Theory, Technology, and Practice [Internet]. C. 26, Instrumentation Science Technology. 1998. 439-440 s.
131. Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro A V., Ebisu S, Frencken JE, Tay FR. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dent Mater.* 2006;22(7):647–52.
132. Palmer G, Jones FH, Billington RW, Pearson GJ. Chlorhexidine release from an experimental glass ionomer cement. *Biomaterials.* 2004;25(23):5423–31.
133. Rozier RG. Effectiveness of methods usedby dental professionals for the primary prevention of dental caries. *J Dent Educ.* 2001;Oct;65(10):1063–72.
134. J.M. ten C. Fluoride mechanisms [Internet]. C. 43, Dental clinics of North America. 1999. s. 713–7.

135. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. A long term study of fluoride release from metal-containing conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2001;28(1):41–7.
136. Qvist V, Poulsen A, Teglers PT, Mjör IA. Fluorides leaching from restorative materials and the effect on adjacent teeth. *Int Dent J.* 2010;60:156–60.
137. Moreau JL, Xu HHK. Fluoride releasing restorative materials: Effects of pH on mechanical properties and ion release. *Dent Mater.* 2010;26(11):227–35.
138. Erickson RL, Glasspoole EA. Model Investigations of Caries Inhibition by Fluoride-Releasing Dental Materials. *Adv Dent Res.* 1995;9(3):315–23.
139. Verbeeck RMH, Van Even DFJ, de Moor RJG, Martens LC. The Short-term Fluoride Release of a Hand-mixed vs. Capsulated System of a Restorative Glass-ionomer Cement. *J Dent Res.* 1993;72(3):577–81.
140. Gill NC, Pathak a. Comparative evaluation of the effect of topical fluorides on the microhardness of various restorative materials: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2010;28(3):193–9.
141. El Mallakh BF, Sarkar NK. Fluoride release from glass-ionomer cements in de-ionized water and artificial saliva. *Dent Mater.* 1990;6(2):118–22.
142. Marks LAM, Verbeeck RMH, De Maeyer EAP, Martens LC. Effect of maturation on the fluoride release of resin-modified glass ionomer and polyacid-modified composite resin cements. *Biomaterials.* 2000;21(13):1373–8.
143. Markovic DL, Petrovic BB, Peric TO. Fluoride content and recharge ability of five glassionomer dental materials. *BMC Oral Health.* 2008;8(1).
144. Delbem AC, Pedrini D, França JG MT. Fluoride release/recharge from restorative materials--effect of fluoride gels and time. *Oper Dent.* 2005;30(6):690–5.

145. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Pataridou A. Fluoride release and uptake by four new fluoride releasing restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2003;30(9):866–72.
146. Tam LE, Chan GP, Yim D. In Vitro Caries Inhibition Effects by Conventional and Resin-modified Glass-Ionomer Restorations. *Oper Dent.* 1997;22(1):4–14.
147. Rodrigues E, Delbem ACB, Pedrini D, Oliveira MSR. pH-cycling Model to Verify the Efficacy of Fluoride-releasing Materials in Enamel Demineralization. *Oper Dent.* 2008;33(6):658–65.
148. Yap AU, Tham SY, Zhu LY, Lee HK. Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. *Oper Dent.* May-Jun;27(3):259-65, 2002.
149. Gao W, Smales RJ. Fluoride release/uptake of conventional and resin-modified glass ionomers, and compomers. *J Dent.* May;29(4):301-6, 2001.
150. Bayrak S, Tunc E Sen, Aksoy A, Ertas E, Guvenc D, Ozer S. Fluoride release and recharge from different materials used as fissure sealants. *Eur J Dent.* 2010;4:245–50.
151. Bell A, Creanor SL, Foye RH, Saunders WP. The effect of saliva on fluoride release by a glass-ionomer filling material. *J Oral Rehabil.* 1999;26(5):407–12.
152. Arısu HD, Bala O, ÜçtaşlıMB, Kalaycı Ş. Cam iyonomer simanla ve poliasit modifiye kompozit rezinlerin fluorid salma özellikleri. *GÜ DişHek Fak Derg.* 24(3):157-161, 2007.
153. Shashibhushan KK, Basappa N, Subba Reddy V V. Comparison of antibacterial activity of three fluorides- and zinc-releasing commercial glass ionomer cements on strains of mutans streptococci: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2008;26 Suppl 2:S56-61.
154. Basso GR, Della Bona a, Gobbi DL, Cecchetti D. Fluoride release from restorative materials. *Braz Dent J.* 2011;22(5):355–8.

155. Upadhyay S, Rao A, Shenoy R. Comparison of the amount of fluoride release from nanofilled resin modified glass ionomer, conventional and resin modified glass ionomer cements. *J Dent LOCAL Tehran MES MARCH*. 2013;10(2):134–40.
156. Munoz CRD, Ortega JPR, Nagano AY. Fluoride release of two glass-ionomer cements: in vitro study. *Revista Odontologica Mexicana*. 2014; 18(2): 84-88.
157. Rao RS, Moosani KD, Shanmugaraj M, Kannapan B, Shankar S, Ismail MS. Fluoride Release and Uptake of Five Dental Restoratives from Mouthwashes and Dentifrices. *J Int Oral Heal*. 2015;7(1):1–5.
158. Nicholson JW, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. The interaction of glassionomer cements containing vinylphosphonic acid with water and aqueous lactic acid. *J Oral Rehabil*. 2003;30(2): 160-164.
159. Wang L, Cefaly DFG, dos Santos JL, dos Santos JR, Lauris JRP, Mondelli RFL, Atta MT. In vitro interactions between lactic acid solution and art glass-ionomer cements *J Appl Oral Sci* 2009;17(4):274-279.
160. Nicholson JW, Aggarwal A, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. The rate of change of pH of lactic acid exposed to glass-ionomer dental cements. *Biomater* 2000;21(19):1989-1993.
161. Czarnecka B, Nicholson JW . Ion release by resin -modified glass-ionomer cements into water and lactic acid solutions. *J Dent* (2006)34:539–543.
162. Okida RC, Mandarino F, Sundfeld RH, de Alexandre RS, Sundefeld MLMM. In vitro-evaluation of secondary caries formation around restoration. *Bull Tokyo Dent Coll [Internet]*. 2008;49(3):121–8.
163. Patel M, Tawfik H, Myint Y, Brocklehurst D, Nicholson JW. Factors affecting the ability of dental cements to alter the pH of lactic acid solutions. *J Oral Rehabil*. 2000;27:1030–3.

164. Lobo MM, Pecharki GD, Tengan C, da Silva DD, da Tagliaferro EPS, Napimoga MH. Fluoride-releasing capacity and cariostatic effect provided by sealants. *J Oral Sci.* 2005;47(1):35–41.
165. Yotis WW, Brennan PC. Binding of fluoride by oral bacteria. *Caries Res.* 1983;17:444-54.
166. Marczuk-Kolada G, Jakoniuk P, Mystkowska J, Luczaj-Cepowicz E, Waszkiel D, Dabrowski JR ve ark. Fluoride release and antibacterial activity of selected dental materials. *Postepy Hig Med Dosw.* 2006;60:416-20.
167. Turkun LS, Turkun M, Ertugrul F, Ates M, Brugger S. Long -term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent.* 2008;20:29-44.
168. Davidovich E, Weiss E, Fuks AB, Beyth N. Surface antibacterial properties of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Am Dent Assoc.* 2007;138:1347-52.
169. Silva RC, Zuanon AC, Esberard RR, Candido MS, Machado JS. In vitro microhardness of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med.* 2007;18:139-42.
170. Nakajo K, Imazato S, Takahashi Y, Kiba W, Ebisu S, Takahashi N. Fluoride released from glassionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries -related oral streptococci. *Dent Mater.* 2009;25:703-8.
171. Tüzüner T, Kuşgöz A, Er K, Taşdemir T, Buruk K, Kemer B, Saray O. Title antibacterial activity and physical properties of conventional glass-ionomer cements containing chlorhexidine diacetate/cetrimide mixtures. *J Esthet Rest Dent.* 2011; 23 (1):46-55.
172. Yesilyurt C, Er K, Tasdemir T, Buruk K, Celik D. Antibacterial Activity and Physical Properties of Glass-ionomer Cements Containing Antibiotics. *Oper Dent.* 2009;34(1):18–23.

173. Matalon S, Slutzky H, Mazor Y, Weiss EI. Surface antibacterial properties of fissure sealants. *Pediatr Dent*. 2003;25(1):43–8.
174. Beyth N, Domb AJ, Weiss EI. An in vitro quantitative antibacterial analysis of amalgam and composite resins. *J Dent*. 2007;35(3):201–6.
175. Mirjana V, Branka R. Antimicrobial activity of root canal sealers. *Serbian Dental J* 2006; 53: 104-112.
176. Lewinstein I, Matalon S, Slutzkey S, Weiss EI. Antibacterial properties of aged dental cements evaluated by direct-contact and agar diffusion tests. *J Prosthet Dent*. 2005;93(4):364–71.
177. Kozai K, Suzuki J, Okada M, Nagasaka N. In vitro study of bacterial and antiadhesive activities of fluoride-containing light-cured fissure sealants and a glass ionomer liner/base against oral bacteria. *J Dent Child* 2000; 67(2): 117-22, 82-3.
178. JV Y, SR J, Konda S, HC I, Chimata VK. Comparative Evaluation of the Antimicrobial Properties of Glass Ionomer Cements with and without Chlorhexidine Gluconate. *Jaypees Int J Clin Pediatr Dent*. 2016;9(2):99–103.
179. Fucio SBP, Paula AB de, Sardi JCO, Duque C, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Streptococcus Mutans Biofilm Influences on the Antimicrobial Properties of Glass Ionomer Cements. *Braz Dent J*. 2016;27(6):681–7.
180. Tiwari S, Kenchappa M, Bhayya D, Gupta S, Saxena S, Satyarth S, vd. Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. *J Clin Diagnostic Res*. 2016;10(4):90-93.

8.ÖZGEÇMİŞ

Adı	Savaş	Soyadı	Sağmak
Doğum Yeri	Adıyaman	Doğum Tarihi	01.01.1992
Uyruğu	T.C.	Tel	546 449 1200
E-posta	dr.savas@hotmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Tezli Yüksek Lisans		
Tezsiz Yüksek Lisans		
Lisans	Kocaeli Üniversitesi	2014
Lise	Kahta Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
	Diş Hekimi	Özel Kurum	2014-2015
	Araştırma Görevlisi	Dicle Üniversitesi	2016- 2018

Yabancı Dil Sınav Notu

KPDS/ÜDS/YDS	YÖKDİL	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	66,25							

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı			
(Diğer) Puanı			

9.EKLER

1. Orijinallik Raporu



UZMANLIK TEZİ

ORIJINALLIK RAPORU

% **16**
BENZERLIK ENDEKSI

% **11**
İNTERNET
KAYNAKLARI

% **9**
YAYINLAR

% **7**
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1 dishekdergi.hacettepe.edu.tr %**2**
İnternet Kaynağı

2 KANIK, Özgür and TÜRKÜN, L Şebnem. %**2**
"Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel
Yaklaşımlar", Ege Üniversitesi Diş Hekimliği
Fakültesi, 2016.
Yayın

3 geo.ff.uni-lj.si %**1**
İnternet Kaynağı

4 www.duraliecoal.com.au %**1**
İnternet Kaynağı

5 Submitted to Dicle University %**1**
Öğrenci Ödevi

6 Submitted to Beykent Üniversitesi %**1**
Öğrenci Ödevi

7 ŞİRİNOĞLU ÇAPAN, Belen and AKYÜZ, Serap. %**1**
"Çocuk Diş Hekimliğinde Fluorid Salınımı
Yapan Güncel Restoratif Materyaller", AVES

