



T.C.
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI CAM İYONOMER RESTORATİF
MATERYALLERİ ÜZERİNE YÜZEY ÖRTÜCÜ
UYGULANMASININ BİYOFİLM OLUŞUMU VE
SEKONDER ÇÜRÜK ÜZERİNE ETKİSİNİN
IN-VITRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

DIŞ HEKİMİ
AVŞAR ÖZTÜRK

İstanbul-2018



T.C.
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI CAM İYONOMER RESTORATİF
MATERYALLERİ ÜZERİNE YÜZEY ÖRTÜCÜ
UYGULANMASININ BİYOFİLM OLUŞUMU VE
SEKONDER ÇÜRÜK ÜZERİNE ETKİSİNİN
IN-VITRO OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ
AVŞAR ÖZTÜRK

DANIŞMAN
DOÇ. DR. DİDEM ÖZDEMİR ÖZENEN

İstanbul-2018

TEZ ONAYI FORMU

Kurum : Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü


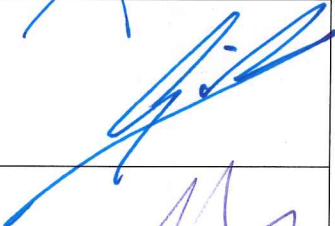

Program : Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Doktora Programı

Tez Başlığı : Farklı Cam İyonomer Restoratif Materyalleri Üzerine Yüzey Örtücü Uygulanmasının Biyofilm Oluşumu ve Sekonder Çürük Üzerine Etkisinin *in-vitro* Olarak Değerlendirilmesi

Tez Sahibi : Avşar Öztürk

Sınav Tarihi : 03.07.2018

Bu çalışma jürimiz tarafından kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı-Soyadı (Kurumu)	İmza
Jüri Başkanı:	Doç. Dr. Senem Selvi Kuvvetli (Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği AD)	
Tez danışmanı:	Doç. Dr. Didem Özdemir Özenen (Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği AD)	
Üye:	Doç. Dr. A. Kağan Gökçe (Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi AD)	
Üye:	Doç. Dr. Nursen Topçuoğlu (İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Bilimler AD)	
Üye:	Prof. Dr. Günseli Güven Polat (Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği AD)	

ONAY

Bu tez Yeditepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06/07/2018 tarih ve 2018/12-70 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Bayram YILMAZ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

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

03/07/2018

Dt. Avşar ÖZTÜRK



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca, bilgi ve tecrübelerini her zaman benimle paylaşan, desteğini ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen, bana kattıklarıyla hayatımda önemli bir yeri olan çok değerli danışman hocam, Sayın **Doç. Dr. Didem ÖZDEMİR ÖZENEN**' e,

Hem mesleki hem de hayattaki duruşunu kendime örnek aldığım, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum Sayın **Prof. Dr. Nüket SANDALLI**'ya,

İlk günden itibaren tüm deneyim ve bilgisiyle her gün daha iyi bir hekim olmamı sağlayan, anlayış ve sevgisini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı Başkanı Sayın **Doç. Dr. Senem SELVİ KUVVETLİ**'ye,

Tezimin laboratuvar kısmının yürütülmesindeki yardımlarını esirgemeyen, tecrübelerini ve bilgilerini içtenlikle benimle paylaşan Sayın **Doç. Dr. Nursen TOPÇUOĞLU**'na,

Doktora eğitimim ve tez çalışmalarım sırasında bana her zaman moral ve destek vererek, bilgi ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın **Doç. Dr. Elif SUNGURTEKİN EKÇİ**, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı'nın ve fakültemizin değerleri hocalarına,

Her zaman yanımda olan, yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen, tükenmeyen sevgisi ve sabrı ile hayatımda ve kalbimde çok değerli bir yeri olan Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Pınar KARATABAN**'a,

Doktora eğitimime başladığım günden beri her adımda beraber olduğumuz, beraberce tüm sorunlarımızın ve sorumluluklarımızın üstesinden keyifle gelebildiğimiz, **Dt. İrem BİRİNCİ, Dt. Şila SAATCİOĞLU, Dt. İdil AKMERİÇ, Dt. Pınar ÖZEKİCİ, Dt. Burcu TURAN, Dt. Dilara SALCIOĞLU, Dt. Bengü DOYURAN, Dt. Gözde GÜMÜŞ** ve tüm takım arkadaşlarıma,

Sevgi ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, bugünlere en iyi şekilde gelmemi sağlayan, bana benden fazla güvenen babam **Ferruh ÖZTÜRK**, annem **Perihan ÖZTÜRK**, abim **Volkan ÖZTÜRK**, kardeşlerim **Doğukan, Kaan ve Berat ÖZTÜRK**'e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLoların LİSTESİ	viii
GRAFİKLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
KISALTMALAR	xiii
SUMMARY	xvi
ÖZET	xvii
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Cam İyonomer Simanlar	3
2.1.1. Cam İyonomer Simanların Gelişimi	3
2.1.2. Cam İyonomer Simanların Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması	4
2.1.3. Cam İyonomer Simanların İçeriğine Göre Sınıflandırılması.....	4
2.1.3.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	5
2.1.3.2. Resin Modifiye Cam İyonomer Simanlar	10
2.1.3.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar	12
2.1.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Resinler (Kompomerler).....	13
2.1.3.5. Giomerler.....	14
2.1.3.6. Cam Karbomerler.....	15
2.2. Yüzey Örtücüler.....	16
2.2.1. Petrolüm Jeli (Vazelin)	16
2.2.2. Kakao Yağı	16
2.2.3. Kimyasal/Işıkla Sertleşen Bonding Ajanları.....	17
2.3. Bakteri Adezyonu	17
2.3.1. Biyofilm	18
2.3.2. Diş Plak Biyofilmi	19
2.3.2.1. Diş Plak Biyofilmi Oluşumu.....	20

2.3.2.2. Diş Plak Biyofilmi Mikroorganizmaları	23
2.3.3. Biyofilm Oluşumunun İncelenmesi	26
2.3.3.1. Laboratuvar Yöntemleri.....	27
2.3.3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Görüntüleme.....	27
2.4. Sekonder Çürük	28
2.4.1. Sekonder Çürük Değerlendirme Yöntemleri	29
2.4.1.1. Görsel Yöntem	29
2.4.1.2. Radyografik Değerlendirme.....	29
2.4.1.3. Kantitatif Işık Etkili Lazer Floresans Yöntemi (Quantitative Light-induced Fluorescence-QLF).....	30
2.4.1.4. Lazer Floresans Yöntemi (Laser Fluorescence-LF)	30
2.4.1.5. Stereomikroskop (Stereomicroscopy-SM) ile inceleme	31
2.4.1.6. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Micro CT-Mikro BT) ile inceleme	31
3. GEREÇ ve YÖNTEM	33
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.2. Biyofilm Oluşumunun Değerlendirilmesi.....	37
3.2.1. Biyofilm Oluşumunun Değerlendirilmesi için Örneklerin Hazırlanması.....	37
3.2.2. Biyofilm Oluşumu Deneyinin Yapılması	41
3.2.3. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Görüntülenmesi.....	46
3.3. Sekonder Çürük Oluşumunun Değerlendirilmesi.....	49
3.3.1. Sekonder Çürük Oluşumunun Değerlendirilmesi İçin Örneklerin Hazırlanması .	49
3.3.2. Sekonder Çürük Oluşumu Deneyi	52
3.4. İstatistiksel Değerlendirme	57
4. BULGULAR.....	58
4.1. Materyallerin Yüzeyinde Biyofilm Oluşumu Değerleri	58
4.1.1. Biyofilm Oluşumu Deneyindeki Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (Scannig Electron Microscope-SEM) Görüntüleri	61
4.2. Materyallerin Sekonder Çürük Oluşum Değerleri.....	64
4.2.1 Örneklerin Stereomikroskop Görüntüleri	71
5. TARTIŞMA.....	73
5.1. Materyallerin Yüzeyinde Biyofilm Oluşum Değerleri	77
5.2. Materyallerin Sekonder Çürük Oluşum Değerleri.....	82
6. SONUÇLAR.....	88
7. KAYNAKLAR	89



TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller.....	33
Tablo 2. Çalışmada kullanılan materyallerin içeriği, uygulama şekli ve sertleşme reaksiyonu.....	34
Tablo 3. Materyallerin alt gruplarının biyofilm oluşum değerlerinin karşılaştırılması..	59
Tablo 4. Materyallerin ikili gruplarının biyofilm oluşum değerlerinin karşılaştırılması	59
Tablo 5. Materyal gruplarının A grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması.....	64
Tablo 6. Materyal gruplarının B grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması.....	66
Tablo 7. Materyal gruplarının C grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması.....	68
Tablo 8. Materyal D grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması	69



GRAFİKLERİN LİSTESİ

- Grafik 1.** Materyallerin biyofilm oluşumuna ilişkin yoğunluk değerlerinin dağılımı ... 60
- Grafik 2.** Materyallerin sekonder çürük oluşumunda A grubu lezyon değerlerinin dağılımı 65
- Grafik 3.** Materyallerin sekonder çürük oluşumunda B grubu lezyon değerlerinin dağılımı 67
- Grafik 4.** Materyallerin sekonder çürük oluşumunda C grubu değerlerinin dağılımı ... 68
- Grafik 5.** Materyallerin D grubu lezyon (çatlak uzunluğu) değerlerinin dağılımı..... 70



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 1. Cam iyonomer simanın sertleşme mekanizması	7
Resim 2. Çürük gelişiminde rol oynayan faktörler	18
Resim 3. Biyofilm	19
Resim 4. Bakteri koagregasyonu.....	21
Resim 5. S.mutans'ın taramalı elektron mikroskobu altındaki görüntüsü	25
Resim 6. Biyofilm oluşum aşamaları	26
Resim 7. Sekonder çürüğün bölgeleri	29
Resim 8. Çalışmada kullanılan Ketac TM Easymix materyali.....	35
Resim 9. Çalışmada kullanılan Equia® Forte materyali.....	35
Resim 10. Çalışmada kullanılan ChemFil® Rock materyali	36
Resim 11. Çalışmada kullanılan Equia® Forte Coat materyali	36
Resim 12. Çalışmada kullanılan standart metal kalıp	37
Resim 13. Materyallerin hazırlanmasında kullanılan karıştırıcı.....	38
Resim 14. Çalışmada kullanılan ışık cihazı.....	39
Resim 15. Materyallerin sterilizasyon için paketlenmesi.....	40
Resim 16. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) sterilizasyon cihazı.....	40
Resim 17. S. mutans ekiminin yapılması	41
Resim 18. Hazırlanan insan tükürük örnekleri.....	42
Resim 19. Disklerin inkübe edilmesi.....	43
Resim 20. %5'lik sakkarozlu BHI'da hazırlanan bakteri süspansiyonunun diskler üzerine eklenmesi	43
Resim 21. Disklerin steril izotonik ile yıkanması	44
Resim 22. Örneklerin 20 sn süre ile vortekslenmesi	45
Resim 23. Sulandırılan örneklerin MSB agarı ekilmesi	45
Resim 24. Örneklerin %4'lük paraformadehit ile fikse edilmesi	46
Resim 25. Örneklerin altın nanopartikülleriyle kaplanması.....	47
Resim 26. Görüntülemenin yapıldığı SEM cihazı.....	47
Resim 27. SEM cihazından elde edilen görüntülerin bilgisayara aktarılması.....	48
Resim 28. Yapışkanlı kağıt ve kurşun kalem ile örnekler üzerinde kavite boyutlarının işaretlenmesi	49
Resim 29. Örnekler üzerinde sınıf V kavite hazırlanması.....	50
Resim 30. Örneklere cam iyonomer materyallerin uygulanması	51

Resim 31. Örneklere yüzey örtücü uygulanması.....	51
Resim 32. Çalışmada kullanılan termosiklus cihazı.....	52
Resim 33. Örneklerin tırnak cilası ile kaplanması.....	53
Resim 34. Çalışmada kullanılan demineralizasyon solüsyonu.....	54
Resim 35. Örneklerin demineralizasyon solüsyonunda bekletilmesi.....	55
Resim 36. Örneklerden paralel kesit elde edilmesi	55
Resim 37. Çalışmada kullanılan Stereomikroskop ve kamera sistemi.....	56
Resim 38. Stereomikroskop ile elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analiz edilmesi	56
Resim 39. Örneklerin analizinde değerlendirilen lezyon bölgelerinin sınıflandırılması.....	58
Resim 40. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü.....	62
Resim 41. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü	62
Resim 42. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000xbüyültme altındaki SEM görüntüsü	62
Resim 43. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000xbüyültme altındaki SEM görüntüsü	62
Resim 44. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü	63
Resim 45. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntü.....	63
Resim 46. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü.....	71
Resim 47. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü.....	71
Resim 48. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü.....	71
Resim 49. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü.....	71
Resim 50. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü.....	72

Resim 51. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü..... 72



KISALTMALAR

Al⁺³	: Alüminyum
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
ART	: Atravmatik restoratif tedavi
ASPA	: Alüminosilikat poliakrilik asit
<i>A. naeslundii</i>	: Actinomyces naeslundii
<i>A. viscous</i>	: Actinomyces viscous
Bis-GMA	: Bisfenol A glisid metakrilat
BHI	: Brain Heart Infusion
°C	: Santigrat derece
Ca⁺²	: Kalsiyum
CaCl₂	: Kalsiyum Klorid
CARS	: Caries Adjacent to Restoration and Sealents
CaF₂	: Kalsiyum fluorid
CBCT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (Cone Beam Computed Tomography)
cfu	: Colony forming unit
CİS	: Cam iyonomer siman
CLSM	: Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope)
cm²	: Santimetrekare
CO₂	: Karbondioksit
dk	: Dakika
DGGE	: Denature Gradyan Jel Elektrofrezisi
EPS	: Ekstrasellüler polisakkarit
FDA	: Amerikan Gıda Ve İlaç Dairesi (American Food and Drug Administration)
FDI	: Dünya Dış Hekimleri Birliği (World Dental Federation)
<i>F. nucleatum</i>	: Fusobacterium nucleatum
F-PRG	: Tamamı önceden reaksiyona girmiş cam (Full-Pre-Reacted Glass)
g	: Gram
GCİS	: Geleneksel cam iyonomer siman
GBP	: Glukan bağlı protein

GCİS	: Geleneksel cam iyonomer siman
GTF	: Glikoztransferaz
HEMA	: Hidroksi etil metakrilat
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
ICDAS	: Uluslararası Çürük Değerlendirme Sistemi (International Caries Assessment System)
IgA	: İmmüoglobulin A
IgG	: İmmüoglobulin G
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
ITR	: Interim Terapötik Restorasyon
K⁺	: Potasyum
keV	: Kilo elektron volt
KOH	: Potasyum hidroksit
La⁺³	: Lantanyum
LED	: Laser emission diode
LF	: Lazer floresans
M	: Mol
Micro-CT	: Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Micro-Computed Tomography)
ml	: Mililitre
mM	: Milimol
mm	: Milimetre
MPa	: Mega pascal
MS	: Mutans Streptokok
MSB	: Mitis Salivarius Basitrasin
Mmw	: Miliwatt
Na⁺	: Sodyum
Na₂O	: Sodyum oksit
NaH₂PO₄	: Monosodyum fosfat / Sodyum dihidrojen fosfat
NaN₃	: Sodyum azid
NCSS	: Number Cruncher Statistical System
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
nm	: Nanometre

QLF	: Kantitatif Etkili Lazer Floresans (Quantitative light-induced florescence)
<i>P. intermedia</i>	: <i>Provetella intermedia</i>
P₂O₅	: Fosfor pentaoksit
PBS	: Phosphate Buffered Saline
PRG	: Önceden Reaksiyona Girmiş Cam (Pre-Reacted Glass)
pH	: Power of hydrogen
ppm	: Milyonda Bir Birim (Parts Per Million)
RMCİS	: Rezin modifiye cam iyonomer siman
S-PRG	: Yüzeyi önceden reaksiyona girmiş cam
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
SiO₂	: Silikon dioksit
<i>S. mutans</i>	: <i>Streptococcus mutans</i>
SiO₂	: Silisyum dioksit
sn	: Saniye
Sr⁺²	: Stronsiyum
TEGDMA	: Trietilen glikol dimetakrilat
Zn⁺²	: Çinko

SUMMARY

Öztürk A. 2018. *In-vitro* Assessment of The Effect of Surface Coating on Different Glass Ionomer Restorative Materials on the Biofilm Formation and Secondary Caries. Yeditepe University Institute of Health Sciences, Doctorate Thesis, Istanbul.

The aim of this study was to *in vitro* evaluate the effect of applying surface coating agent (Equia Forte Coat/GC) on three different glass ionomer restorative materials (Ketac™ Molar Easymix/3M, ChemFil® Rock/Dentsplay, Equia® Forte/GC) on biofilm formation and secondary caries. For each of the two experiments carried out in the study, 3 surface coated experimental and 3 surface uncoated control groups were formed with 8 samples for each material. The *Streptococcus mutans* biofilm on the materials was measured by the colony forming unit (cfu) method. One tooth sample from each group was imaged with a Scanning Electron Microscope (SEM). For the secondary caries test, prepared teeth were placed in the demineralization solution and images were taken with a stereomicroscope for analysis. In this study statistical analysis was performed with Kruskal Wallis test, Dunn's multiple comparison test, Mann-Whitney-U test, chi-square test. The results were evaluated as $p < 0.05$ significance. The quantity of *S. mutans* biofilm formation of the coated subgroup of Equia® Forte material were statistically significantly lower than the coated subgroup of ChemFil® Rock material ($p < 0.05$). There was no statistically significant difference between the other study groups ($p > 0.05$). The B type lesion values of coated subgroup of ChemFil® Rock material was significantly higher than the other coated subgroups. There was no statistically significant difference between the A, C and D type lesion values of the groups in the evaluation of the secondary caries ($p > 0.05$). As a conclusion, it is determined that surface coating application on glass ionomer restorative materials does not have a significant effect on *S. mutans* biofilm formation and secondary caries. It is suggested that the surface coating agent should be applied on glass ionomer materials.

Key words: dental restoration, dental caries, tooth surface

ÖZET

Öztürk A. 2018. Farklı Cam İyonomer Restoratif Materyalleri Üzerine Yüzey Örtücü Uygulanmasının Biyofilm Oluşumu ve Sekonder Çürük Üzerine Etkisinin *in-Vitro* Olarak Değerlendirilmesi. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Bu çalışmanın amacı, üç farklı cam iyonomer restoratif materyal (Ketac™ Molar Easymix/3M, ChemFil® Rock/Dentsplay, Equia® Forte/GC) üzerine yüzey örtücü (Equia® Forte Coat/GC) uygulanmasının biyofilm oluşumu ve sekonder çürük üzerine etkisinin *in-vitro* koşullarda değerlendirilmesidir. Çalışmada yapılan her iki deneyde, her bir materyal için 8'er adet örnek içeren 3 adet yüzey örtücü uygulanmış deney ve 3 adet yüzey örtücü uygulanmamış kontrol grubu oluşturuldu. Materyallerin üzerinde oluşan *Streptococcus mutans* biyofilm oluşum miktarı colony forming unit (cfu) yöntemi ile ölçüldü. Her bir gruptan 1'er adet örnek taramalı elektron mikroskopunda (SEM) görüntüledi. Sekonder çürük deneyi için hazırlanan sıgır dişi örnekleri demineralizasyon solüsyonunda bekletildi ve stereomikroskop ile görüntüleri alındı. Bu çalışmada istatistiksel analizler Kruskal Wallis testi, Dunn's çoklu karşılaştırma testi, Mann-Whitney-U testi ve ki-kare testi ile yapıldı. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunun *S.mutans* biyofilm oluşum değerleri ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunun değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu ($p < 0,05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p > 0,05$). Sekonder çürük değerlendirilmesinde Chemfil® Rock materyalinin deney grubundaki B grubu lezyon değerleri diğer materyallerin deney gruplarından anlamlı derecede yüksek bulundu ($p < 0,005$). A, B ve C lezyon değerleri için gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p > 0,05$). Sonuç olarak, cam iyonomer restoratif materyallerin yüzeyine yüzey örtücü uygulanmasının *S.mutans* biyofilm oluşumu ve sekonder çürük üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı, fakat oluşumu önemli ölçüde azalttığı bu nedenle de uygulanması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: dental restorasyon, diş çürükleri, diş yüzeyi

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Çürük dişlerin restorasyonunun çocukların en önemli tedavi ihtiyaçlarından biri olduğu bilinmektedir (1). Günümüzde diş hekimliğinin yeni tedavi yöntemleri ve yeni restoratif materyaller ile sürekli bir değişim içerisinde olduğu görülmektedir. Çocuk diş hekimliği için en ideal restorasyon materyalinin arayışı devam etmektedir (2).

Cam iyonomer simanlar (CİS) iyonlarla çapraz bağlanmış polimer matriksin camla güçlendirilmiş partiküllerle etkileşiminden elde edilen materyaller olarak tanımlanmıştır (3). Fluorid salınımı yapabilmeleri, biyouyumlu olmaları, dentin ve mine dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri ve diş yapısına benzer ısıl genleşme katsayısına sahip olmaları cam iyonomer simanların avantajları arasında gösterilmektedir (4). Ayrıca CİS'nin in nem ve kan kontaminasyonunun bulunduğu ve mine-sement sınırının altına inen derin çürüklerde pulpa iyileştirme potansiyeline sahip bir materyal olduğu bildirilmiştir (5). Ancak aşınma direnci, çiğneme kuvveti gibi mekanik etkilere karşı direncinin düşük olması, ikincil sertleşme reaksiyonuna kadar neme karşı hassasiyet göstermeleri ve translüsent olmamaları cam iyonomer simanların başlıca dezavantajları arasında gösterilmektedir (6).

CİS'lerin zayıf özelliklerini güçlendirmek ve klinik kullanımdaki başarısını arttırmak amacıyla yapısındaki bileşenlerin değiştirilmesiyle farklı CİS çeşitleri üretilmiştir (7). 1990'lı yılların başında cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini arttırmak için toz:likit oranları ve partikül boyutlarında yapılan değişikliklerle yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların geliştirildiği bildirilmiştir (7).

Cam iyonomer restorasyonların ikincil sertleşmesi tamamlanana kadar restorasyonun nemli ortamla temasını engellemek ve materyali korumak amacıyla restorasyon yüzeyine yüzey örtücü uygulaması önerilmektedir. Kimyasal ve ışıkla sertleşen ajanlar, petrolüm jeli (vazelin) ve kakao yağı yüzey örtücü alternatifleri arasında gösterilmektedir (8, 9).

Diş plak biyofilmi, konak ve bakteriyel kökenli bir polimer matriks içerisine gömülmüş olan ve diş yüzeyinde biyofilm olarak bulunan mikroorganizmalar topluluğu olarak tanımlanmıştır (10, 11). Cam iyonomer simanların florid salınımı yaparak bakteri enzimlerini inhibe ederek antimikrobiyal aktiviteyi olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (12, 13).

Varolan restorasyon marjinde gözlenen çürük lezyonları sekonder çürük olarak tanımlanmıştır (14). Sekonder çürük lezyonlarının dış lezyon ve duvar lezyonu olmak üzere iki farklı çürük bölgesinden oluştuğu bildirilmiştir (15).

Sekonder çürük oluşumu deneylerinin kimyasal ve bakteriyel yöntemlerle yapıldığı ve oluşan çürük lezyonlarının değerlendirilmesinde stereomikroskop ile inceleme, lazer floresans inceleme, radyografi ile değerlendirme gibi birçok farklı yöntemin kullanıldığı bilinmektedir (16-18).

Cam iyonmer restorasyonlarda sekonder çürük oluşumunu inceleyen sınırlı sayıda çalışma olmakla birlikte bu restorasyonlara yüzey örtücü uygulanmasının sekonder çürük oluşumuna etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı farklı cam iyonmer restoratif materyalleri üzerine yüzey örtücü uygulanmasının biyofilm oluşumu ve sekonder çürük oluşumuna etkisinin *in-vitro* koşullarda değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cam İyonomer Simanlar

Yapısında silikat ve çinko polikarboksilat bulunduran cam iyonomer simanlar ilk olarak 1971 yılında Wilson ve Kent tarafından ASPA (alüminosilikat poliakrilik asit) adıyla tanıtılmıştır (19). Cam iyonomer simanlar florid iyon salınımı yapabilme ve dirençli olma özelliklerine sahip silikat siman ile diş dokularına adezyon özelliğine sahip poliakrilik asidin birleştirilmesi sonucu elde edilmiştir (20).

2.1.1. Cam İyonomer Simanların Gelişimi

Geliştirilen ilk cam iyonomer simanlar, fluoralüminosilikat cam ve poliakrilik asidin sulu ortamda gerçekleştirdiği asit-baz reaksiyonunun ürünü olduğu bilinmektedir (19). Yapısında polikarboksilik asit ve iyon salınımı yapabilen camlara bağlı su molekülleri bulunduğu belirtilmiştir (13). Üretilen bu siman ASPA (Alüminosilikat poliakrilik asit) olarak isimlendirilmiştir (19). CİS'in "G 200" olarak isimlendirilen tozu, bazik fluoro-alümino silikat taneciklerinden, likidi ise orijinal olarak aközpoliakrilik asitten oluşmaktadır. Toz kısmı ek olarak büyük miktarlarda kalsiyum ve florid ile küçük miktarlarda sodyum ve fosfat içermektedir. Asit kısmında ise alkenoik asitlerin homo veya kopolimerleri bulunduğu ve bu iki yapının değişik versiyonları kullanılarak ASPA'nın değişik türlerinin elde bildirilmiştir (21).

ASPA I'in uzun sertleşme süresi, çalışma gücü ve opak renk gibi dezavantajları sebebiyle klinik kullanıma uygun bulunmadığı belirtilmiştir. İçeriğine bir miktar tartarik asit ilave edilmesiyle ASPA II elde edildiği içeriğinde %50 oranında poliasit içerdiği ve zamanla hidrojen molekülleri arasında oluşan bağların jelleşmeye neden olduğu bildirilmiştir. Bu hidrojel yapı materyalin estetik ve mekanik direncini olumsuz olarak etkilediği, bu jelleşmeyi önlemek amacıyla solüsyona metil alkol ilave edilerek ASPA III'ün geliştirildiği belirtilmiştir. ASPA III'ün ağız içerisinde renkleşmeye uğramasının oluşturduğu sorunun çözümü için de likide itakonik asit ilave edilerek ASPA IV geliştirildiği bilinmektedir (22, 23).

ASPA IV ince granüllü yapısından dolayı simantasyon ajanı olarak tanıtılmıştır. ASPA V asidin kurutulmasıyla cam tozuna katılmasıyla meydana geldiği, böylece, donma süresinin kısaltıldığı ve dayanıklılığın artırıldığı belirtilmiştir (24).

ASPA'nın sahip olduğu özelliklerin polikarboksilat simanla dental silikat simanların özelliklerinin kombinasyonu şeklinde olduğu bilinmektedir (19). Adezyon özelliğinin polikarboksilat simanla benzer özellik gösterdiği ve CİS'lerin saydam olmasının estetik açıdan avantaj oluşturduğu bildirilmiştir. CİS ve dental silikat simanların kimyasal olarak farklı yapıda olsalar bile birçok benzer özellik gösterdiği, bununla birlikte dayanıklılıkların benzer olmasına rağmen CİS'lerin asit atakları karşısında daha dirençli ve pupaya olan etkisinin daha az olduğu belirtilmiştir (22).

2.1.2. Cam İyonomer Simanların Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

CİS'ler diş hekimliğinde kullanım alanlarına göre 4 grupta sınıflandırıldığı bilinmektedir. Bu sınıfların kimyasal yapıları aynı olmasına karşın gerekli fonksiyonu kazanabilmeleri amacı ile simanın toz:likit oranında ve toz partiküllerinin boyutlarında çeşitli modifikasyonlar yapıldığı bildirilmiştir (25).

Tip I: Yapıştırıcı siman olarak kullanılan Cam İyonomer Simanlar

Tip II: Restoratif materyal olarak kullanılan Cam İyonomer Simanlar

a) Estetik restoratif simanlar

b) Güçlendirilmiş restoratif simanlar

Tip III: Hızlı sertleşen kaide materyali ve fissür örtücü olarak kullanılan Cam İyonomer Simanlar

Tip IV: Kanal dolgu patı olarak kullanılan Cam İyonomer Simanlar (25).

CİS'lerin çocuk diş hekimliğinde; süt dişlerinin sınıf I, II, III, IV, V restorasyonlarında, sürekli dişlerin sınıf III ve V restorasyonlarında, kaide plağı olarak, yer tutucuların, paslanmaz çelik kuron, ortodonti bant ve braketlerin yapıştırılmasında, fissür örtücü olarak, İnerim Terapötik Restorasyon (ITR)'larda ve Atravmatik Restoratif Tedavi (ART)'de kullanıldığı belirtilmiştir (26).

2.1.3. Cam İyonomer Simanların İçeriğine Göre Sınıflandırılması

Cam iyonomer simanların içerdikleri maddelere göre;

Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Cam İyonomer Sermet Simanlar

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Poliasit Modifiye Rezinler (Kompomerler)

Gimoerler

Cam Karbomerler olarak sınıflandırıldığı bildirilmiştir (23).

2.1.3.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel Cam İyonomer Simanların (GCİS) toz kısmı fluoroaminosilikat taneciklerinden, likit kısmı ise poliakrilik asitten oluştuğu, toz kısmında ayrıca kalsiyum, florid, fosfat ve sodyum içerdiği bildirilmiştir (21).

CİS'lerin asit-baz reaksiyonu ile sertleştiği bilinmektedir. Likit kısmı oluşturan asidin (pH:1), silikat cam partiküllerinin etrafını çözererek kalsiyum, amonyum, florid ve stronsiyum iyonlarının salımını sağladığı bildirilmiştir. Asitlerin iyonize karboksil gruplarının, kalsiyum iyonlarına deflasyon reaksiyonu ile bağlandığı, bu reaksiyon sonucunda bağlayıcı matriks rolü oynayan hidrojen tuzunun oluştuğu belirtilmiştir. Cam partiküllerinin yüzey kısmı reaksiyona girerken ana yapının sağlam kaldığı belirtilmiştir. Çapraz iyonik bağ yapmış olan ağın hidrolik stabilizesi sertleşmeden sonra oluşmaktadır. Hidrojenin sertleşme reaksiyonu tamamlandıktan sonra da varlığını devam ettirerek iyon alışverişini sağladığı, devam eden 24-72 saatlik süreçte kalsiyum iyonları alüminyum iyonları ile yer değiştirerek güçlü çapraz bağlar oluşturduğu böylece CİS'in daha dayanıklı bir yapı kazandığı bildirilmiştir (21, 27).

Alüminyum iyonlarının çapraz bağlanmalarını içeren maturasyon sırasında, silikon iyonlarının ve bağlanmamış suyun inorganik matriks oluşumuna katılması olayına hidrat silikat denildiği bilinmektedir. Bu aşamada klinik uygulamalardaki oluşabilecek problemler sonucunda simanın su ile kontaminasyonu ve dehidrasyonu ile hem su emilimi hem de su kaybı oluşabildiği, bu nedenle ilk 24 saatte su dengesini korumak oldukça önemli olduğu bildirilmiştir (28).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Toz Yapısı

Cam tozunun 1100°C-1300°C sıcaklıkta erimiş alüminyum oksit (Al_2O_3), silisyum dioksit (SiO_2), alüminyum fosfat ve alüminyum floridin hazırlanmasıyla oluştuğu bilinmektedir. Kalsiyum florid (CaF_2) floridin rezervuarı görevi görmek için yapıya dâhil edildiği belirtilmiştir. Ayrıca toz yapının içeriğinde sodyum oksit (Na_2O) ve fosfor pentaoksit (P_2O_5), metal iyonları olarak alüminyum (A^{+3}), kalsiyum (Ca^{+2}),

Potasyum (K^+), lantanyum (La^{+3}), çinko (Zn^{+2}) ve stronsiyum (Sr^{+2}) bulunduğu bildirilmiştir (29, 30).

Alüminyum oksit ve silisyum dioksitin camın iskelet yapısını oluşturduğu, lantanyum oksit ve stronsiyum oksitin ise radyoopasiteyi sağladığı bildirilmiştir. Fosfat ve floridin erime sıcaklığını düşürdüğü ve sertleşme özelliklerini modifiye eden cam bileşimine katıldığı belirtilmiştir. Baryum sülfat, inatunyum oksit, stronsiyum oksit ve çinko oksit de cam bileşimi içinde olmamak kaydıyla cam tozuna ilave edilebildiği belirtilmiştir (31).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Likit Yapısı

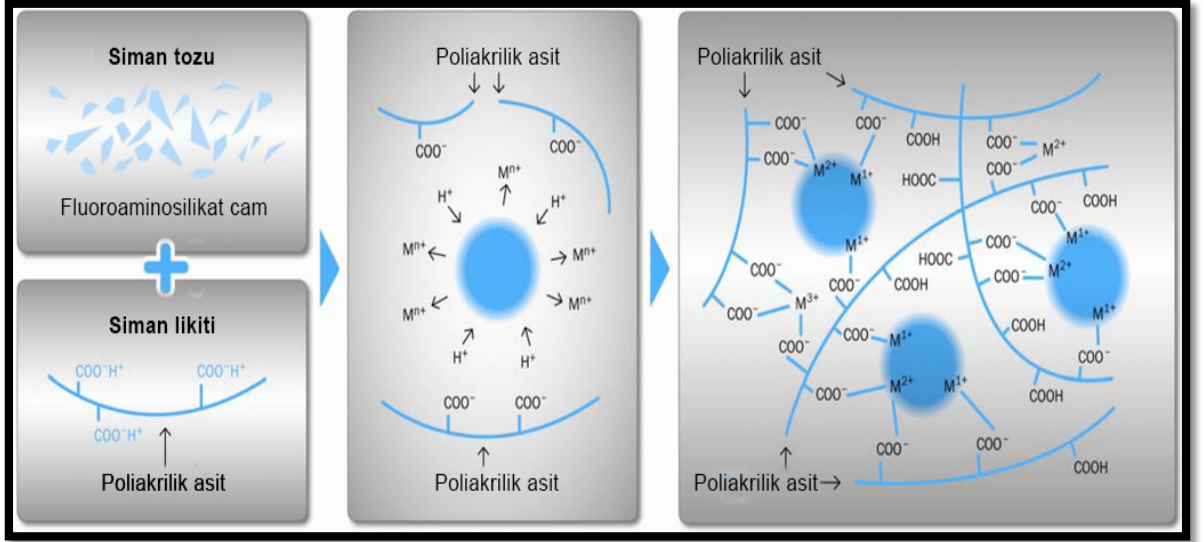
Cam iyonomer simanın içeriğindeki poliasitin bir polikarboksilik asit olduğu ve fluoroalümina silikat cam ile reaksiyona girdiği bildirilmiştir. Cam iyonomer simana katılan asitlerin, poliakrilik asit, polmaleik asit, akrilik asit-ikatonik asit kopolimeri, akrilik asit-maleik asit kopolimeri, akrilik asit-2büten dikarboksilik asit kopolimeri ve polivinil fosforik asit olduğu belirtilmiştir. Moleküler ağırlık, konsantrasyon ve kopolimerin içeriği poliasidin reaktivitesini etkileyen faktörler olduğu, moleküler ağırlığın ya da konsantrasyonun artması sonucu artmış viskozite problemi oluşacağı bildirilmiştir. Bunu engellemek amacıyla likit olarak su ya da dilue tartarik asit, poliakrilik asidin dehidrate formu kullanılarak toz içine katıldığı belirtilmiştir (31).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonu

Cam iyonomer simanların sertleşmesinin su varlığında toz ve likidin karıştırılması sonucu asit-baz reaksiyonu ile olduğu bilinmektedir. Cam iyonomer simanların reaksiyonları sırasıyla;

1. Toz ve likidin teması
2. Cam partikülleri üzerine asit atağı
3. Matriksin şelasyonu
4. Sertleşme olarak bildirilmiştir (32).

Polialkenoik asidin sulu solüsyonu ile çözünebilir alümina silikat cam arasında asit- baz reaksiyonu olduğu (32), asidin, alümina-silikat cam yapıyı çözererek kalsiyum, sodyum ve alüminyum katyonlarının (Ca^{+2} , Na^+ , A^{+3}) salınmasını sağladığı belirtilmiştir (33, 34). Daha sonra bu katyonlar karboksilat grupları tarafından şelasyona uğrayarak polialkenoik asit zincirine çapraz bağlandığı bildirilmiştir (35, 36).



Resim 1. Cam iyonomer simanın sertleşme mekanizması (38)

Cam iyonomer simanların sertleşme fazı iki aşamada gerçekleştiği bildirilmiştir (**Resim1**) (37). İlk aşamanın CİS karıştırıldıktan sonraki ilk 10 dakikalık klinik sertleşme süreci, ikinci aşamanın ise ortamda su varlığında asidin hidrojen iyonlarının cam partiküllerine yapışması sonucu kalsiyum, stronsiyum ve alüminyum iyonlarının salınması ile başlayıp yavaş ve uzun süre ilerleyen evre olduğu bildirilmiştir. CİS polimerizasyonunun 24 saat sonunda tamamlandığı belirtilmiştir. Simanın sertleşme reaksiyonu tamamlanmadan önce siman yüzeyi su ile temas ederse kalsiyum ve alüminyum iyonlarının yüzeyden uzaklaştığı ve simanın sertleşmesini engellediği, bu durumun da simanın translüsent özelliğini kaybetmesine ve yüzeyin zayıflayarak kolay aşınabilir hale gelmesine neden olduğu bildirilmiştir. CİS'lerin optimal fiziksel özelliklere ulaşmasının bir hafta sürdüğü, bu nedenle bitirme işlemlerinin en az bir hafta sonra tamamlanması gerektiği belirtilmiştir (25, 31, 34, 38).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Diş Dokusuna Adezyonu

Cam iyonomer restorasyon materyallerinin dental dokulara fiziksel ve kimyasal olarak bağlandığı bilinmektedir. Materyalin diş yüzeyindeki düzensizliklere mikro mekanik tutunması sonucu fiziksel bağlanmanın olduğu, yüzeyden Smear tabakasının uzaklaştırılması ile cam iyonomer siman ve dentin arasında hemen bir iyon değişiminin başladığı bildirilmiştir. CİS içerisindeki silika partiküllerinin dentin tübüllerine girecek kadar küçük olduğu bilinmektedir. Adezyonun olası mekanizması araştırmacılar tarafından hem difüzyon hem adsorbsiyon ile açıklanabilmektedir. CİS yapısındaki

polialkenoik asit diş yapısına penetre olurken, fosfor iyonlarının açığa çıktığı ve bunların diş yüzeyinden kalsiyum iyonlarının salınmasını sağlayarak elektriksel nötrallite oluşturduğu bildirilmiştir (39, 40). Bu olay “difüzyona bağılı adezyon” olarak tanımlanmaktadır. Bu adezyonun, CİS içerisindeki poliakrilik iyonlarının hidroksiapatitin fosfat iyonları ile yer değıştirmesiyle ve cam iyonomerin amino ve karboksilik grupları arasında hidrojen bağı meydana gelmesi ile oluştuğı belirtilmiştir. Bu esnada hidroksiapatit ve cam iyonomerden çıkan metalik iyonlar yüzeydeki serbest karboksil grupları ile deflasyon yaparak adezyona katkıda bulunduğı bildirilmiştir (41, 42).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Avantajları

- Kalsiyum ve metal iyonları ile çapraz bağı oluşturarak mine ve dentin gibi kalsifiye dokulara kimyasal olarak bağlanmaları,
- Fluorid salımı yapabilir, florid ile yeniden yüklenebilir olmaları ve buna bağılı olarak antikaryojenik özellik göstermeleri,
- Biyoyumlu olmaları,
- Diş dokularıyla benzer termal ekspansiyon katsayısına sahip olmalarına bağılı olarak mine ve dentine termal uyumluluk göstermeleri,
- Mine yüzeyindeki büzülmesinin düşük olmasına bağılı olarak minimum mikro sızıntı göstermeleri,
- Düşük oranda monomer içermelerine bağılı olarak sitotoksitelerinin az olması,
- Uygulamanın kolay olması
- Sertleştikten sonra ağız sıvılarında çözünürlüklerinin düşük olması,
- Sekonder çürük açısından değışlendirildiğinde rezin esaslı materyallere göre daha başarılı olmaları geleneksel cam iyonomer simanların başlıca avantajları arasında gösterilmektedir (43-45).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Dezavantajları

- Çalışma sürelerinin kısa, sertleşme sürelerinin uzun olması,
- Uygulama esnasında nem kontaminasyonuna, sertleşme esnasında ise dehidratasyona duyarlılıklarının yüksek olması,
- Aşınma direnci, basma dayanımı, esneme katsayısı ve kırılma noktasının düşük olması,

- Yüksek teknik hassasiyet gerektirmeleri,
- Renk stabilitesi düşük olduğu için kompozit rezin restorasyonlar kadar estetik olmamaları geleneksel cam iyonomer simanların başlıca dezavantajları arasında gösterilmektedir (44, 45).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Mekanik Özellikleri

Çiğneme esnasında hem diş hem de restoratif materyallerin gerilme ve basma kuvvetlerine maruz kaldıkları, bu nedenle restoratif materyallerin klinik başarısını değerlendirebilmek için mekanik özelliklerini iyi bilmek gerektiği belirtilmiştir (46).

Cam iyonomer simanların elastisite modülü uygulanan test şartlarına bağlı olarak 1-10 MPa gibi geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. CİS'lerin özellikle ilk sertleşme esnasında maruz kaldığı aşırı nem kontaminasyonunun, simanın elastisite modülünün ve kırılma direncinin azalmasına neden olduğu belirtilmektedir (33, 37).

CİS ile yapılan restorasyonlar tamamlandıktan sonra restorasyonun su emiliminin ilk altı ay %5 oranında gerçekleştiği ve su emiliminin yüksek olmasının CİS'lerin genişlemesinin kompozit rezinlere göre daha fazla olduğunu gösterdiği bildirilmiştir (47).

Cam iyonomer simanların oklüzal olarak aşınmasının, kompozit rezinden üç kat, amalgamdan beş kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Yüzey aşınma direnci düşük olan restoratif materyallerin, mekanik yorulmaya bağlı olarak partikül kopması, çatlak yayılımı ve boşluk oluşumu gibi olumsuzluklar gösterebildiği, ayrıca materyallerin ağız içi sıvılarda bekletilmesi ve materyallere döngüsel yorulma testlerinin uygulanmasının restoratif materyallerin zamanla yorulmaya ve aşınmaya uğradığını gösterdiği belirtilmiştir (31, 48).

Cam iyonomer restorasyonların basma dayanımının kompozit rezinlere göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (49).

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Tozuna Yapılan İlaveler

Geleneksel cam iyonomer simanların mekanik ve estetik özelliklerinin artırılabilmesi için tozuna metal (amalgam, gümüş, altın), poliasit, rezin ve seramik gibi materyaller katıldığı belirtilmiştir (43).

Cam Sermet Simanlar 1980'li yıllarda CİS tozuna amalgam eklenmesi ile elde edilmiştir. Toz kısmının özellikleri GCİS ile hemen hemen aynı olduğu bildirilmiştir.

Cam İyonomer Sermet Simanın 1983 yılında “Miracle Mix” (GC Corporation, Tokyo, Japan) adı ile piyasaya sürüldüğü, daha sonra gümüş partikülleriyle camın birlikte yüksek ısı altında eritilmesi ile elde edilen “Ketac Silver” (ESPE, Seefeld, Germany) isimli simanın kullanıma sunulduğu bildirilmiştir. Sermet simanların süt dişlerinde amalgam restorasyonlara alternatif olarak düşünüldüğü bilinmektedir (43, 45).

Cam iyonomer sermet simanlar içeriğindeki titanyum oksit nedeniyle gri renkte olduğu, bu nedenle de estetik olarak yetersiz olduğu belirtilmiştir. Estetik problemler nedeniyle cam sermet simanların süt dişlerinde kullanımı arka dişler ile sınırlandırıldığı bilinmektedir. Fluorid salınımının GCİS'lere göre daha düşük olması, yüzeyinin pürüzlü olması, kırılma ve abrazyon direncinin düşük olması Cam Sermet Simanların başlıca dezavantajları olarak belirtilmiştir (44). Bu nedenle cam sermet simanlar Black Sınıf II, III, IV kaviteleden çok Sınıf I kaviteelerde daha başarılı olduğu bildirilmiştir (50).

Amalgamın dayanıklılığı ve CİS'lerin estetik ve diğer olumlu özelliklerinin bir araya getirilmesi amacıyla, GCİS'lere seramik ilave edilerek “Amalgomer CR” (Advanced Health, UK) isimli ürün piyasaya sürüldüğü bilinmektedir. Amalgomer CR'nin toz kısmını, fluoralüminosilikat cam, poliakrilik asit tozu, tartarik asit tozu ve seramikle güçlendirilmiş toz oluştururken, likit kısmını distile su ve poliakrilik asit oluşturduğu bildirilmiştir. Toz kısımdaki partiküllerin boyutlarının ayarlanabilir olması ve likit kısımdaki poliakrilik asit sebebiyle bu materyalin diş dokusuna adezyonu başarılı olduğu bildirilmiştir (51).

2.1.3.2.Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Rezin Modifiye Cam iyonomer simanlar (RMCİS) 1991 yılında GCİS'lerin mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla piyasaya sürülmüştür. RMCİS'in yapısında GCİS'lerdeki cam tozu, su ve poliasite ek olarak rezin monomer ve ilgili başlatıcı sistem bulunduğu bildirilmiştir (7).

RMCİS'lerin içeriğini %80 oranında cam iyonomer siman, %20 oranında da rezinden oluştuğu bilinmektedir. Hidroksi etil metakrilat (HEMA), metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve su likit kısmı oluştururken, toz kısmını ise fluoralüminosilikat taneciklerinin oluşturduğu belirtilmiştir (2, 52).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonu

RMCİS'lerde sertleşme mekanizması üç farklı aşamada gerçekleştiği bilinmektedir. Bu aşamalar nötralizasyon (asit-baz reaksiyonu), ışıkla polimerizasyon ve kimyasal aktivasyon olarak belirtilmiştir. Toz ve likit karıştırıldığı zaman asit-baz reaksiyonunun başladığı ve eğer kimyasal başlatıcılar var ise HEMA polimerizasyonunun olduğu bildirilmiştir. Işıkla polimerizasyonda ise mavi ışık aktivasyonu ile sadece HEMA polimerizasyonunun olduğu bildirilmiştir. Her iki durumda da başlangıcın HEMA polimerizasyonu ile olduğu ve daha yavaş ilerleyen asit-baz reaksiyonu ile güçlendirilen bir matriks meydana geldiği belirtilmiştir (53, 54).

RMCİS'lerin ışıkla polimerizasyon tek başına kullanıldığında ikili sertleşme (dual cure), hem kimyasal hem ışıkla polimerizasyon kullanıldığında ise üçlü sertleşme (triple-cure) reaksiyonu gerçekleştiren RMCİS'ler olarak sınıflandırıldığı belirtilmiştir (49, 55).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Adezyonu

RMCİS'lerin dental dokulara hem mikro mekanik hem de kimyasal olarak bağlandığı bilinmektedir. RMCİS içeriğinde bulunan HEMA'nın ıslanabilme özelliğinin ve materyalin dişe penetrasyonunu arttırmasının asit-baz reaksiyonuyla gerçekleşen kimyasal bağlanmanın oluşmasını desteklediği bildirilmiştir. RMCİS'lerin mikro mekanik bağlanmasının ise materyalin içeriğinde bulunan poliakrilik asidin dentin dokusunda oluşturduğu demineralizasyona bağlı olduğu belirtilmiştir. RMCİS'lerin diş yüzeyine adezyonunun GCİS'lerden iyi olduğu bildirilmiştir (56).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Mekanik Özellikleri

Rezin modifiye cam iyonomer simanların içeriğindeki rezin sayesinde kontaminasyona karşı dirençleri ve mekanik dayanımlarının arttırıldığı belirtilmiştir. Bu simanların basma dayanımlarının hibrit kompozitlerden daha düşük, geleneksel cam iyonomerlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (49, 55, 57). Rezin modifiye cam iyonomer simanların florid, sodyum, alüminyum, fosfat ve kalsiyum salınımlarının GCİS'ler ile benzer olduğu bildirilmiştir (2).

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Avantaj ve Dezavantajları

Rezin modifiye cam iyonomer simanların yapısındaki doldurucu partiküller daha küçük olduğu için RMCİS'lerin GCİS'lere göre daha estetik olduğu belirtilmiştir. Çalışma sürelerinin daha uzun olması, manipülasyonunun kolay olması, ağız içerisinde çözünürlüğünün düşük olması ve renk seçeneklerinin daha fazla olması RMCİS'lerin diğer avantajları arasında gösterilmektedir. RMCİS'lerin biyouyumluluğu GCİS'lerden daha az olduğu, bunun sebebinin ise materyalin içeriğindeki HEMA monomerleri olduğu bildirilmiştir. Materyalin HEMA salınım miktarı ışıkla polimerizasyon süresine bağlı olup, pulpa için sitotoksik etki gösterebildiği bildirilmiştir (58). Ayrıca sertleşme sırasında polimerizasyon büzülmesi sonucu oluşan mikro sızıntı ve buna bağlı gelişen postoperatif hassasiyet ve renkleşme görülmesi RMCİS'lerin olumsuz özellikleri arasında gösterilmektedir (59).

2.1.3.3. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların kullanımının 1990'larda ART'nin yaygınlaşmasıyla arttığı belirtilmiştir. CİS'lerin nem hassasiyetini azaltmak ve aşınma direncini arttırmak amacıyla; partikül boyutları ve dağılımı değiştirildiği, yüksek viskoziteli toza poliakrilik asit eklenmesiyle CİS'lerin güçlendirildiği ve Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar'ın piyasaya sürüldüğü bildirilmiştir. GCİS'lerde toz:likit oranı 3:1 ve ya 4:1 iken, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda bu oranın 6:1 ya da 7:1 olduğu belirtilmiştir. Yüksek viskoziteli CİS'lerin sertleşme mekanizmalarının geleneksel cam iyonomer simanlardaki gibi asit-baz reaksiyonu ile gerçekleştiği bildirilmiştir. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların florid salınımları GCİS'lere benzer olduğu fakat abrazyon, aşınma ve gerilme dirençlerinin GCİS'lere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (44, 60, 61). Yüksek viskoziteli CİS'lerin sertleşme reaksiyonlarını kısa sürede tamamladığından, erken dönemde suyla temaslarında fiziksel özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmediği belirtilmiştir. Buna rağmen yüksek viskoziteli CİS'lerin yüzey koruyucu rezinlerle birlikte uygulanmalarının üretici firmalar tarafından önerildiği bilinmektedir (62).

Bu materyallerin daha yüksek viskoziteye sahip olmalarının nedeninin toz kısımları içerisindeki partikül boyutunun ve dağılımının değiştirilmesi ve içeriğine poliakrilik asit eklenmesi olduğu bildirilmiştir. Yüksek viskozitelerinden dolayı kavite içerisindeki kondansasyonunu amalgama benzeten Yüksek viskoziteli CİS'lerin arka

bölgedeki dişlerdeki amalgam restorasyonlara alternatif olarak geliştirildiği belirtilmiştir (63). Bu materyallerle yapılan restorasyonlarda elde edilen estetiğin kabul edilebilir düzeyde olduğu bildirilmiştir (44).

2.1.3.4. Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomerler)

Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomerler), ilk olarak 1994 yılında Dentsply firması tarafından Dyract adı altında tanıtılmıştır. Hem kompozitlerin estetik özelliklerini hem de CİS'lerin florid salınım özelliğini barındırdıkları için üretici firmalar tarafından her iki materyalin de isimlerini içerecek şekilde kısaca "Kompomer" olarak isimlendirildiği bilinmektedir. Yapısının %30'unu cam iyonomer, %70'ini kompozit rezinin oluşturduğu bildirilmiştir (12, 64).

Kompomerlerin kimyasal içeriğinde kompozitlerdeki gibi monomer ve CİS'lerdeki gibi iyon alışverişi yapabilen (ion-leachable) stronsiyum fluorosilikat cam partiküllerinin bulunduğu belirtilmiştir (65). Kompomerlerde tuz matriks, hidrojen oluşmadığı için florid iyonunun tekrar yüklenebilme özelliği yoktur ve bu sebeple florid iyon salınımlarının da sınırlı olduğu bildirilmiştir. Kompomerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin kompozit rezinler ile cam iyonomer simanların arasında ve kompozitlere daha yakın olduğu ve kompozeler kompozit rezinler gibi küçük çaplı doldurucular içerdiği bildirilmiştir (66, 67). Kompomerlerin rezin bazlı materyaller olmalarına rağmen su içermediği bildirilmiştir (68). Işıkla polimerizasyon sonrasında, materyalin ağız ortamından absorbe ettiği tükürük (su) ile asidik monomer ve bazik cam partikülleri arasında asit-baz reaksiyonu gerçekleştiği ayrıca Absorbe edilen tükürüğün florid salınımını da başlattığı belirtilmiştir (65).

Yapısı ve özellikleri sebebiyle kompomerlerin sınıflandırılmasında tanım kargaşası ortaya çıktığı belirtilmiştir. Başlarda "Hibrit cam iyonomerler", "Işıkla Sertleşen CİS" ve "Rezin-modifiye CİS" gibi isimlerin kullanıldığı bilinmektedir (12). McLean ve arkadaşlarının 1994 yılında bu materyallere "Poliasit-modifiye Kompozit Rezin" adını vermesiyle bu materyallerin RMCİS'lerden farklı materyaller olduğu kabul edilmiştir (22).

Kompomerler diş sert dokularına tek başına bağlanamadığı için materyalin dokulara adezyonunu sağlamak amacıyla özel bir primer-adeziv sistemi geliştirildiği

belirtilmiştir. Ayrıca materyalin içeriğinde rezin momomerleri bulunduğu için sertleşmesi ışık aktivasyonu ile olduğu bildirilmiştir (69).

Poliasit Modifiye Kompozit Rezinlerin Avantaj ve Dezavantajları

Poliasit modifiye kompozit rezinlerin mekanik, fiziksel ve estetik özelliklerinin geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlardan daha güçlü olduğu belirtilmiştir. Uygulama sırasında asit gerektirmemesinin kullanım avantajı sağladığı ve diş dokuları ile biyouyumlu olduğu bildirilmiştir (70).

Kompomerlerin florid salınımlarının CİS'lere göre daha düşük olduğu belirtilmiştir (71). Florid salınımı yapabilmesi, ışıkla sertleşmesi ve kaviteye uygulanmasının kolay olması kompomerlerin olumlu özellikleri arasında gösterilmektedir (27). Işığın ulaşmadığı bölgelerde sertleşme reaksiyonun gerçekleşmemesi, polimerizasyon büzülmesi, fiziksel özelliklerinin kompozitlere göre daha düşük olması ve florid salınımlarının GCİS ve RMCİS'lere göre daha düşük olması kompomerlerin dezavantajları olarak belirtilmiştir (72). Kompomerlerin sürekli dişlerin Black Sınıf V, süt dişlerinin Black Sınıf I ve II restorasyonlarında kullanımı önerilmektedir (27).

2.1.3.5. Giomerler

GCİS ve RMCİS materyallerinin zamanla aşınması ve buna bağlı olarak da fiziksel restorasyon yüzeyinin aşınması ve bakteri kolonizasyonunun artması sebebiyle yeni bir materyal arayışına girildiği bilinmektedir (73). Giomer yeni bir "fluorid salınımı yapabilen rezin esaslı restoratif materyal" olarak piyasaya sürülmüştür (74).

Giomerlerin diğer florid salınımı yapan materyallerden farklı olarak içeriğinde önceden reaksiyona girmiş cam (Pre-reacted glass-PRG) doldurucular bulunduğu bildirilmiştir. PRG doldurucuların, florid içeren cam ile poliakrilik asit arasında gerçekleşen asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan hidrojen ile elde edildiği belirtilmiştir. Dondurma-kurutma işleminden sonra nemi uzaklaştırılan jelin öğütülerek silanize edilip PRG doldurucuların oluşturulduğu bildirilmiştir (75). PRG doldurucuların materyalin uzun dönem florid salınımı yapmasına ve florid ile tekrar geri yüklenebilmesine olanak sağladığı bildirilmiştir (76).

PRG partikülleri ikiye ayrıldığı:

1. Tamamı önceden reaksiyona girmiş cam (F-PRG) partikülleri: Tüm partiküllerin reaksiyona girdiği,
2. Yüzeyde önceden reaksiyona girmiş cam (S-PRG) partikülleri: Reaksiyonun sadece cam partiküllerinin yüzeyinde meydana geldiği bildirilmiştir (76).

Giomerlerin rezin kısmının ise geleneksel kompozit komponentiyle aynı olduğu bildirilmiştir. Bisfenol A glisid metakrilat (Bis-GMA) ve Trietilen glkol dimetakrilat (TEGDMA) monomerlerinin PRG doldurucularına bağlanarak stabil bir dağılım oluşturduğu bildirilmiştir (76).

Giomerlerin en belirgin avantajları arasında florid salınımı yapabilmeleri, floridle tekrar geri yüklenebilmeleri, aşınmaya karşı dirençli olmaları, uzun dönem klinik stabilitelelerinin iyi olması, minimal pulpa hasarı oluşturmaları ve asidi nötralize edebilmesi gösterilmektedir. Piyasada birçok F-PRG ve S-PRG doldurucu içeren materyal bulunmaktadır. Beautifill II (Shofu Inc. Kyota, Japan) 2. Jenerasyon S-PRG partikülü içeren bir giomer ürünü olduğu bildirilmiştir (76, 77).

2.1.3.6. Cam Karbomerler

Cam karbomerler nano boyutlu cam partikülleri ve ikinci doldurucu olarak fluoroapatit kristalleri içeren yeni nesil restoratif materyal olarak tanıtılmışlardır. Bu kristallerin dişin remineralizasyonunu ve fluoroapatit oluşumunu sağladığı bildirilmiştir (78). Cam karbomerlerin likit kısmının poliakrilik asitten oluştuğu belirtilmiştir. Yapısındaki nanopartiküller içerdiği için materyalin baskı dayanımı ve aşınma direnci gibi fiziksel özelliklerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (79). Cam karbomerin yapısında ayrıca rezin, monomer, metal ve Bisfenol-A bulunduğu bildirilmiştir. Cam karbomerlerin uygulama esnasında firmaya ait yüzey örtücünün kullanılması önerilmektedir. Silikon esaslı yüzey örtücünün amacının sertleşmenin ilk aşamasında yüzeyi nemden korumak, sonrasında ise dehidratasyonu ve mikro çatlak oluşumunu engellemek olduğu bildirilmiştir. Cam karbomerlerin sertleşme sürecinde ısı uygulaması önerilmektedir. Bu uygulamanın bir LED (laser emission diode) cihazı (1400mw/cm² dalga boyu ve 60°C) ile restorasyonun her bir yüzeyine 60-90 sn süreyle ve restorasyona dik açı oluşturacak şekilde yapılması önerilmektedir. Isı uygulaması sertleşme süresini kısaltmakta böylece materyalin diş dokularına adezyonunu ve fiziksel özelliklerini arttırdığı bildirilmiştir. Cam karbomerlerin posterior dişlerin Sınıf I, II, V restorasyonlarında, kor materyali ve

fissür örtücü olarak, kuron/köprü simantasyonunda kullanımının önerildiği bilinmektedir (80).

2.2. Yüzey Örtücüler

CİS'lerin uzun bir sertleşme süresine (24 saat) sahip olduğu bildirilmiştir. Materyalin bu süreçte neme ve dehidratasyona karşı hassas olduğu (8), eğer sertleşme reaksiyonu süresince dehidratasyon oluşursa; CİS'te boyut değişikliği, adezyon problemleri, direnç kaybı ve çatlaklar oluşabildiği belirtilmiştir. Materyalin suyla erken teması sonucu kalsiyum ve alüminyum iyonlarının kaybı ve yüzey erozyonu translusentlikte azalma gibi olumsuzlukların gözlenebildiği bildirilmiştir (20). Bu problemlerden kaçınmak ve CİS restorasyonları korumak için bazı yüzey örtücüler önerilmektedir. Yüzey örtücülerin bir diğer avantajının ise yüzeydeki küçük boşluk ve defektleri doldurup renkleşmeyi önleyerek restorasyon orijinal rengini korumak olduğu bildirilmiştir (9).

Yumuşaticılar (kakao yağı, petroleum jeli), verniler (nitrosellülöz bazlı) ve rezinler (metil metakrilat ve amid rezinler, ışıkla sertleşen bonding ajanları) ve tırnak cilası yüzey örtücüleri alternatifleri arasında gösterilmektedir (81-83).

2.2.1. Petroleum Jeli (Vazelin)

Petroleum jelinin viskolelastik yapısı sebebiyle farmakolojinin birçok alanında kullanılan bir materyal olduğu bildirilmiştir. Ham petrolün damıtılıp kömür filtresinden geçirilmesiyle elde edilen Petroleum'un kimyasal yapısının 2 farklı katı hidrokarbon mum (parafin mum ve mikrokristalin mum) ve likit hidrokarbon kısımdan oluştuğu bildirilmiştir. Bu hidrokarbonların farklı oranlarda olmasının petroleum jeli'nin karakteristik özelliklerini belirlediği bildirilmiştir (84, 85).

Petroleum Jeli uygulamasının kolay olması, hasta için güvenilir olması, kopal vernik ve adeziv sistemlere göre daha etkili olması ve maliyetinin düşük olması gibi avantajları nedeniyle CİS'ler için yüzey koruyucu olarak önerildiği bilinmektedir (20).

2.2.2. Kakao Yağı

Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) kakao yağını, Theobroma cacao veya yakın türlerinden kavurma işleminde önce ya da kavurma işlemini takiben elde edilen yağ olarak tanımlamıştır (86).

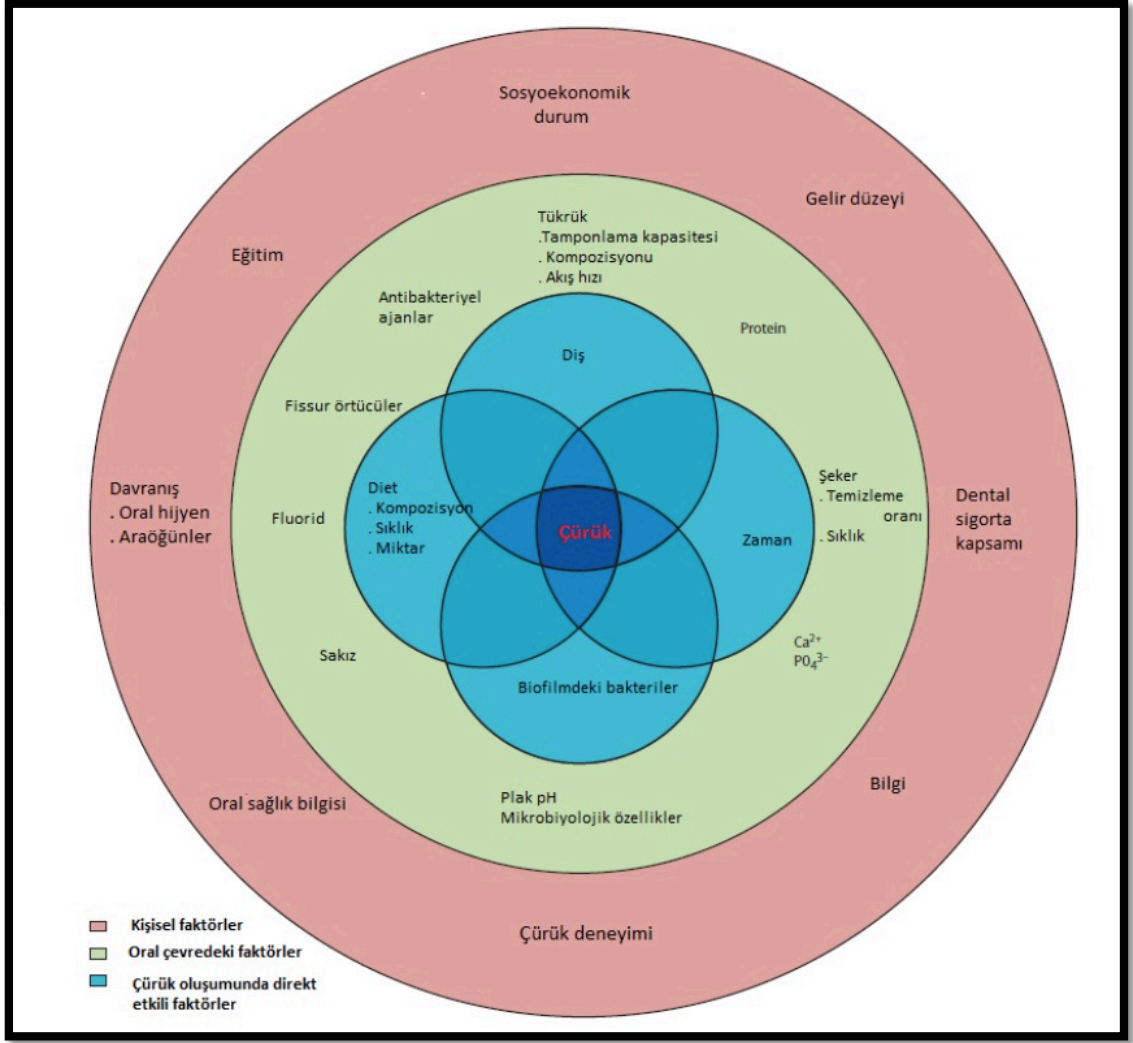
Kakao yağının kimyasal yapısında %98 gliserid, %1 serbest yağ asitleri, %0,3-0,5 digliserid ve %0,1 monogliserid, %0,2 sterol ve 150-200 ppm tokoferol bulunduğu bildirilmiştir. Pirazin, tiazoller, okzazoller, piridinler ve kısa zincirli yağ asitlerinin kakao yağının içeriğinde bulunan diğer maddeler olduğu belirtilmiştir (87). Kakao yağının oda sıcaklığında katı halde bulunurken ağız içerisinde kaygan ve akışkan bir form aldığı belirtilmiştir (88).

2.2.3. Kimyasal/Işıklı Sertleşen Bonding Ajanları

Cam iyonomer restorasyonların kenar uyumunu sağlamak, renkleşmeyi önlemek ve cila işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla ışıkla sertleşen yüzey örtücülerin kullanımının üretici firmalar tarafından önerildiği bilinmektedir. Işıklı sertleşen yüzey örtücülerin yapısında adeziv monomerler nanodoldurucu partiküllerin bulunduğu belirtilmiştir (83).

2.3. Bakteri Adezyonu

Diş çürüğü; dental biyofilm **(Resim2) (89)** tabakasında mikrobiyolojik değişiklikler ile başlayıp kalsifiye dokuların yıkımı ve lokalize çözünmesiyle sonuçlanan, etiyolojisinde beslenme alışkanlıkları olan konak dişlerin mikrobiyolojik enfeksiyöz hastalığı olarak tanımlanmıştır (90). Çürüğün; diş minerali ve plak arasındaki fizyolojik dengenin bozulmasıyla oluştuğu bildirilmiştir. Diş yüzeyinde “kavite” ya da defekt oluşturan yıkımın bakteri enfeksiyonunun işareti olarak gösterildiği bilinmektedir. Diş çürüğüne neden olan bakterilerin aynı zamanda dişin enfeksiyonu sonucu hastalığın ilerlemesine sebep olduğu bildirilmiştir. Çürük lezyonlarının, asidik ortam üretebilme yeteneği olan çok sayıda bakterinin diş yapısını demineralize etmesiyle oluştuğu bildirilmiştir. Çürük aktivitesindeki artışın, bakteri aktivitesinin yüksek ve diş yüzeyindeki plak pH'sının düşük olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Karbohidrat olmadığı zaman, çok az bir bakteri aktivitesi olduğu ve diş yüzeyi civarında pH'ın arttığı gözlenmiştir. Kritik pH değeri 5,5 olup bu değer yükseldikçe zarar görmüş diş yüzeyi remineralize olmaya başladığı bildirilmiştir. Tükürük içinde yüksek konsantrasyonda bulunan kalsiyum ve fosfat iyonlarının, remineralizasyon olayında önemli rol oynadığı, lak ve asitle kısmi demineralize olan diş yüzeyinde kavitasyon meydana geldiği belirtilmiştir (91).



Resim 2. Çürük gelişiminde rol oynayan faktörler (89)

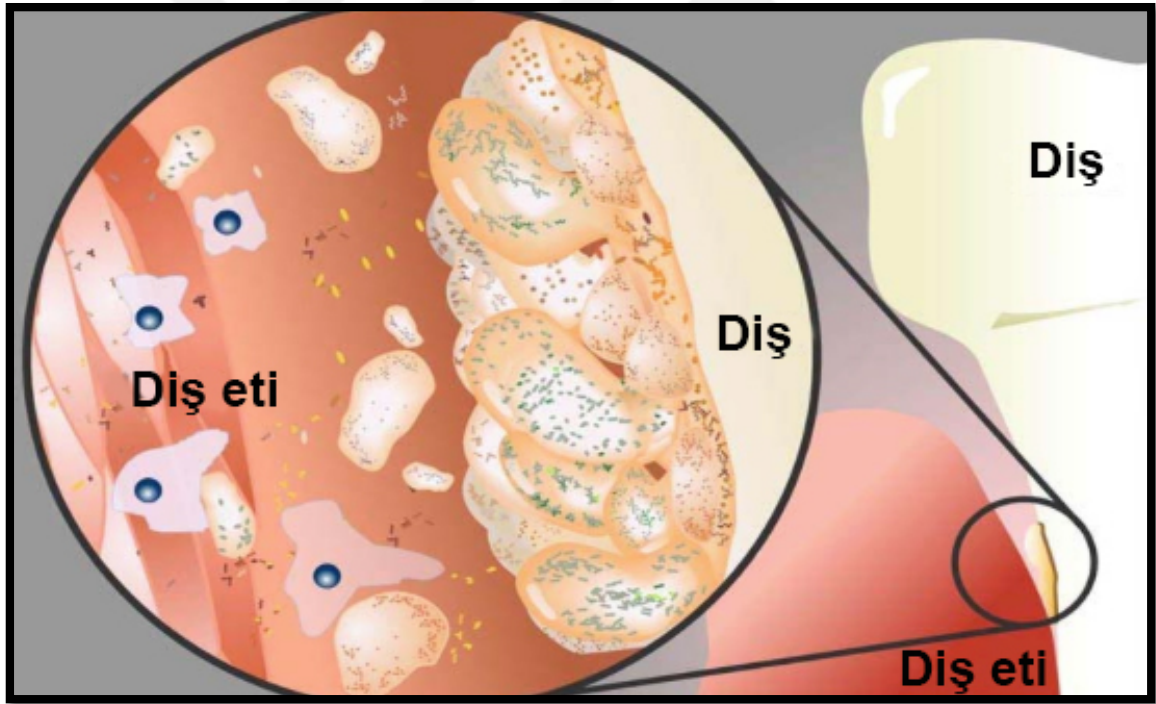
2.3.1. Biyofilm

Biyofilmin ilk olarak mikroskobun mucidi olan Anton Von Leeuwenhoek tarafından 17. yüzyılda kendi dişinden aldığı plak örneğini incelemesi sonucu bulunduğu bildirilmiştir (92). Donlan ve Costerton 2002 yılında biyofilmi ürettikleri ekstraselüler polimerik maddeler bir matriks içine gömülü olan, büyüme hızı ve gen transkripsiyonuna göre değiştirilmiş bir fenotip sergileyen, bir alt tabakaya, arayüze veya birbirine geri döndürülemez olarak bağlanan hücrelerle karakterize edilen mikrobiyal türevli bir sabit toplum olarak tanımlamışlardır (93).

Biyofilm bakterilerin korunmasından ve beslenmesinden sorumlu olduğu belirtilmiştir. İçerisindeki mikroorganizmaların glikokaliks adı verilen bir matriks oluşturduğu bildirilmiştir. Bir biyofilmin alt katmanlarında, mikroorganizmalar bir polisakkarit matrikse diğer organik ve inorganik maddelerle birlikte bağlandığı, üst kısımda ise bu matriksi çevreleyen gevşek amorf bir tabakanın olduğu, biyofilmi çevreleyen bu akışkan tabakanın durağan ve dinamik alt katmanlara sahip olduğu bildirilmiştir (10, 94).

2.3.2. Diş Plak Biyofilmi

Diş plak biyofilmi suyla yıkandığında kolayca uzaklaşmayan diş yüzeyinde bulunan, gingival sınırlar içerisinde toplanan, şekilsiz, yapışkan, jelatinöz bir materyal olarak tanımlanmıştır (**Resim3**) (95). 1 g nemli mikrobiyal dental plakta 200 milyondan fazla bakteri bakteri bulunduğu belirtilmektedir. Plak oluşumu karmaşık ve dinamik bir süreç olarak gösterilmiştir (94, 96).



Resim 3. Biyofilm (95)

2.3.2.1. Diş Plak Biyofilmi Oluşumu

Diş yüzeyindeki bakterilerin ve besin artıklarının fırçalamayla ya da profesyonel olarak temizlenmesinden sonra diş yüzeyinde tekrardan yeni organik materyallerin birikmeye başladığı belirtilmiştir. Bu hücresiz, yapısız ve 2 saat içerisinde diş yüzeyini tamamen örten film tabakası pelikül olarak tanımlanmıştır (97).

Pelikülün tükürük içerisindeki çeşitli komponentlerin diş yüzeyine seçici olarak çökmesiyle şekillendiği bildirilmiştir. Mineyi asitlere karşı korumak, dişler arasındaki sürtünmeyi azaltmak, remineralizasyon için matriks sağlamak, diş yüzeyine spesifik mikroorganizmanın tutunmasını sağlamak ve diş yüzeyine kolonize olan mikroorganizmalar için besin kaynağı olmak pelikülün fonksiyonları arasında gösterilmektedir. Pelikülün içeriğinde bulunan proteinlerin fosfat iyonlarını adsorbe ederken diğer asidik proteinlerin kalsiyum iyonlarını adsorbe ettiği bilinmektedir. Lizozim, Albumin, immunoglobulin A (IgA) ve immunoglobulin G (IgG) pelikülden izole edilen tükürük proteinleri arasında gösterilmektedir. Bunların bazılarının biyolojik olarak aktif olduğu ve diş yüzeyine kolonize olmaya çalışan mikroorganizmalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (90, 98).

Bakterilerin yapışması: Bu aşama pelikül ve öncü mikroorganizmalar arasındaki yapışmayı kapsamaktadır. Mikroorganizmaların diş yüzeyine direkt kolonize olamadığı, diş yüzeyinde oluşan pelikül tabakasının 24 saat içinde 0,01-1µm kalınlığa ulaşarak mikroorganizmaların tutunacağı bir yüzey oluşturduğu bilinmektedir (99). Diş yüzeyinde oluşacak kolonizasyonun yapısının tükürükte serbest olarak dolaşan mevcut organizmaların sayısı ve türü tarafından belirlendiği bildirilmiştir. Yüzey proteinleri diş yüzeyindeki pelikül ile tutunmayı sağlamaktadır. Bazı organizmaların, kazanılmış pelikül veya hidroksiapatite üstün bağlanma kapasitesinin ayırt edici bir avantaja sahip olduğu gözlenmektedir. “*Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis*, *Actinomyces viscosus*, *Actinomyces naeslundii* ve *Peptostreptococcus*” ana öncü türler olduğu ve diş temizlendikten sonra bir saat içinde peliküle yapışma kapasitesine sahip oldukları bilinmektedir (**Resim4**) (100). Bu seçici bağlanma sürecinin tükürük proteinlerinin pelikül üzerine çökmesi için özel organizma reseptörleri gerektirdiği bildirilmiştir. Bu enzimin glukoztransferaz olup sukroz olduğunda peliküle mutans streptokokların (MS: insanda *S. mutans* ve *S. sobrinus*) bağlanmasında önemli olduğu belirtilmiştir (101). Buna neden olarak ekstrasellüler matriksin polimerizasyonunun artmasının MS'lerin böyle

dirençli yapışkan koloniler oluşturmasını sağlaması gösterilmiştir. Başlangıçta dış yüzeylerine tutunabilmenin, MS'ların yüzey komponentleri olan piluslar ile pelikülda bulunan tükürük bileşenleri arasındaki etkileşimleri sonucu olduğu bilinmektedir. MS tarafından oluşturulan polimerler; suda çözünen fruktan, suda çözünmeyen glukon ve intrasellüler polisakkaritler olarak belirtilmişlerdir. Glukonun, MS tutunmasını ve bakteri metabolizmasının asidik yan ürünlerinin ortamda birikmesini sağladığı ve bakterinin dış yüzeyine yapışmasında, yapıştıktan sonra bakterilerin birbirine bağlanmasında önemli rol oynadığı bilinmektedir. Levan ve dekstran'ın, bakteri enzimleri (glukoziltransferaz) ile hücre dışında sentez edildiği, şeker transportu fosfotransferaz enzimi ile yapıldığı ve ortamdaki glikozun bu enzim aracılığı ile hücre içine depolandığı belirtilmiştir. Bu intrasellüler polisakkaritin, glikojen benzeri bir polisakkarit olduğu bilinmektedir. Ortamda şeker azaldığı veya bulunmadığı durumlarda fermentasyonu ve asit üretiminin devamlılığını sağlamak bu polisakkaritin görevleri arasında belirtilmiştir (97).



Resim 4. Bakteri koagregasyonu (100)

Bakterilerin Kolonizasyonu: Bakteriler pelikül yüzeyine tutunduktan sonra kolonize olmaya başladığı ve her bir mikrokoloninin genellikle saf bakteri kümeleri olduğu bilinmektedir. Bir film tabakası içindeki bu bakterilerin reseptörleri sayesinde moleküler ilişki kurduğu ve oluşan pelikülün kalınlığı 50 nm'den fazla ise Van der Waals bağlarının, 10 ile 20 nm arasında ise elektrostatik kuvvetlerin etkili olduğu ileri sürülmüştür. Erken kolonize olan bakterilerin gelişerek ortamı diğer bakterilerin kolonizasyonu için hazırladığı ve bu bakterilerin mevcut bakterilere koagregasyon ya da koadezyonla bağlandığı belirtilmiştir. Bakteri plağının olgunlaşması için bakteri koagregasyonunun gerektiği bilinmektedir. Bazı bakterilerin; dil, yanak ve ağız mukozasının diğer yüzeylerine ve diş sert dokularına başka bir bakteri aracılığı ile tutunabildiği belirtilmiştir. Bu durumda patojen olan bakterinin bu zincirin ucundaki bakteri olduğu, aracı olan bakterinin ise onun simbiyont'u olduğu bildirilmiştir. Genetik yapıları birbirinden farklı olan bakterilerin birbirini tanıyarak yapıştığı bu durum bakterilerin primer kolonizasyonu olarak tanımlanmaktadır (97, 99).

Bunu takiben sekonder kolonizasyonun başladığı ve mevcut bakterilere yenilerinin tutunduğu gözlemlenmiştir. Sekonder kolonizasyondaki bakterilerin çoğunu Gram negatif *F. nucleatum*, *P.intermedia* gibi türlerin oluşturduğu bildirilmiştir. Daha sonra spiroketlerin kolonize olmaya başlayarak plağın olgun hale geldiği, ve plak oluşumunun başlarda hızlıyken zamanla yavaşladığı belirtilmiştir (90, 97).

Olgun bakteri plağı: Bakterilerin salgıladıkları enzim ve mediatörlerle birbirlerinin bölünmesini indüklerken diğer yandan da adezin salgılayarak çevrelerini matriks ile örttükleri bilinmektedir. Bakteri kümelerinin iç kısmında kalan bakterilerin beslenebilmek için oluklar oluşturduğu ve bu oluklu yapı sayesinde bakteri grupları arasında su ve besin alışverişinin gerçekleştiği, ölen bakterilerin de besin olarak kullanıldığı bildirilmiştir. Dışarıdan yeni bakteriler eklendikçe plak tabakasının kalınlaştığı, başlangıçta aerob ve fakültatif bakterilerden oluşan plağın 9 günün sonunda fakültatif ve zorunlu anerob bakteriler de içermeye başladığı belirtilmiştir (10, 97, 99).

Bakteri plağının olgunlaşması sırasında hücrelerin matriks üretiminin yavaşladığı ve plak metabolizması için kullanılan enerjinin sonucunda asit üretildiği bilinmektedir. Olgun plakta anaerobik bakteriler baskın olduğu için ortamda öncelikle anaerobik metabolitler (fermentasyon ürünleri, zayıf organik asitler, aminler ve alkol) için uygun besinlerin azaldığı, ağız ortamı glukoz veya sukroza maruz kaldığında plaktaki pH

düşüşün de bunun göstergesi olduğu belirtilmiştir. Olgun plak topluluklarının sukrozu öncelikle laktik asit olacak şekilde organik asitlere glikoliz yoluyla hızlıca metabolize ettiği bildirilmiştir. pH değerlerinin 5,0–5,5 arasında olduğunda minede demineralizasyon olduğu bilinmektedir. Karyojenik plakta hemen hemen mevcut olan tüm sukrozun, asitle metabolize edildiği ve pH'nın şiddetli ve uzun süren bir düşüşe uğradığı, sukrozla karşılaşma veya çalkalamadan en geç bir saat sonra pH'nın düşmesine neden olabileceği belirtilmiştir (102).

2.3.2.2. Diş Plak Biyofilmi Mikroorganizmaları

Ağız ortamının birçok farklı bakteri türünün kolonizasyonu için oldukça elverişli olduğu bilinmektedir. Yaklaşık 200–300 tür bakteri, maya ve protozoanın insan oral kavitesinde doğuştan yer aldığı bildirilmiştir (12). Diş plak biyofilmi içeriğindeki bakterilerin lokalizasyonlarına (subgingival /supragingival) göre ve kişiden kişiye değişiklik gösterdiği, Diş plak biyofilminin yapısında bulunan karyojenik bakterilerin; karbonhidrat metabolizması, ekstraselüler ve intraselüler polisakkarit sentezi gibi özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (76). Bu karyojenik bakteriler asidojenik (organik asit üretebilen) ve asidürik (asidik ortamda yaşayabilen) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ağız ortamındaki bakteriler yapışma kapasiteleriyle doğru orantılı olarak ağız ortamında varlığını sürdürmekte olduğu bilinmektedir. Mukoza ve diş yüzeyi gibi ağız dokularına yapışabilen çok az mikroorganizmanın mevcut olduğu, bu mikroorganizmaların ürettikleri özel matriks sayesinde birbirlerine ve diş yüzeyine yapıştığı, salgılanan bu matriksin oluşturduğu yapıyla diğer mikroorganizmaların yapışmasına olanak sağlandığı belirtilmiştir (97).

Diş yüzeyinde görülen plaktaki en yaygın bakterilerin Streptococcus ve Actinomycetes grubu olduğu bilinmektedir. İlk kolonize olan bakteri grubunun patojenik olmadığı ve direkt olarak pelikula bağlandığı bildirilmiştir. 2 saat sonra bu enzimatik yüzeye, diş yüzeyine dik ve paralel sütunlar halinde olacak şekilde spesifik gram pozitif öncü streptokok kolonilerinin biriktiği belirtilmiştir. 2-4 gün sonra öncü bakterilerin sekonder bakteri türlerinin kümelenip bağlanabileceği yeni bir yüzey oluşturduğu, başlangıç aşamasında diş plak biyofilminde Gram pozitif fakültatif rodlar ve aktinomiçesler gözlenirken oksijen seviyesi azadıkça Gram negatif kok ve rodların sayısının arttığı belirtilmiştir. Kolonizasyonu ilk gözlenen bakterinin genellikle *S. sanguis*

olduğu daha sonra *S. mutans* gözleendiği bilinmektedir. Primer kolonizasyonda gözlenen Gram pozitif bakterilerin başlıcaları “Actinobacilius”, “Porphyromonas”, “Prevotella” ve “Fusobacterium” olarak belirtilmiştir (97, 103).

Oral Streptokoklar

İnsan oral mikroflorası çok çeşitli bir biyofilmi temsil ettiği, 25 çeşit oral streptokokun insan oral kavitesinde bulunduğu ve bu miktarın tüm oral streptokokların %20’sini oluşturduğu bilinmektedir. Bu bakterilerin taksonomisi karmaşık olduğu ve sürekli olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Oral streptokokların içeriğinde yararlı ve zararlı bakterilerin bulunduğu belirtilmiştir. Her bir bakterinin değişen koşullara rağmen oral kavitede kolonize olmak, diğer bakterilere karşı mücadele etmek ve diş etkenlere (konak immün sistemi, fiziko-kimyasal şoklar ve mekanik sürtüşme) karşı kendini savunmak için farklı özellikler geliştirdiği, bu özelliklerin ise glukan gibi ekstraselüler polisakaritler ve bakterilerin diş yüzeyine tutunmasını sağlayan glikoztransferaz (GTF) enzimi gibi proteinlerin üretilmesi olduğu bildirilmiştir. Oral mikrofloradaki dengesizliklerin hastalıklara sebep olduğu ve uygun şartlar altında komensal streptokokların, hastalığa evsahipliği yapan ve ev sahibine zarar veren fırsatçı patojenlere dönüşebildiği bilinmektedir (104).

Oral streptokoklar 4 ana gruptan oluştuğu, bunlar *S.mutans* grubu, *S.mileri*, *S.salivarius* ve *S.oralis* olarak tanımlanmıştır (105). Mutans streptokokların *Streptococcus cricetus*, *Streptococcus ferus*, *Streptococcus mutans*, *Streptococcus rattus*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus downei* ve *Sreptococcus macacae* olmak üzere 7 farklı tür içerdiği ve bu türlerden diş ürüğüyle ilişkili olan ve dental plaktan en çok izole edilen türlerin *S. mutans* ve *S. sobrinus* olduğu bildirilmiştir. *S. mutans*’ın mikrobiyal dental plaktan izole edilme oranının *S. sobrinus*’tan daha fazla olduğu belirtilmiştir (106).

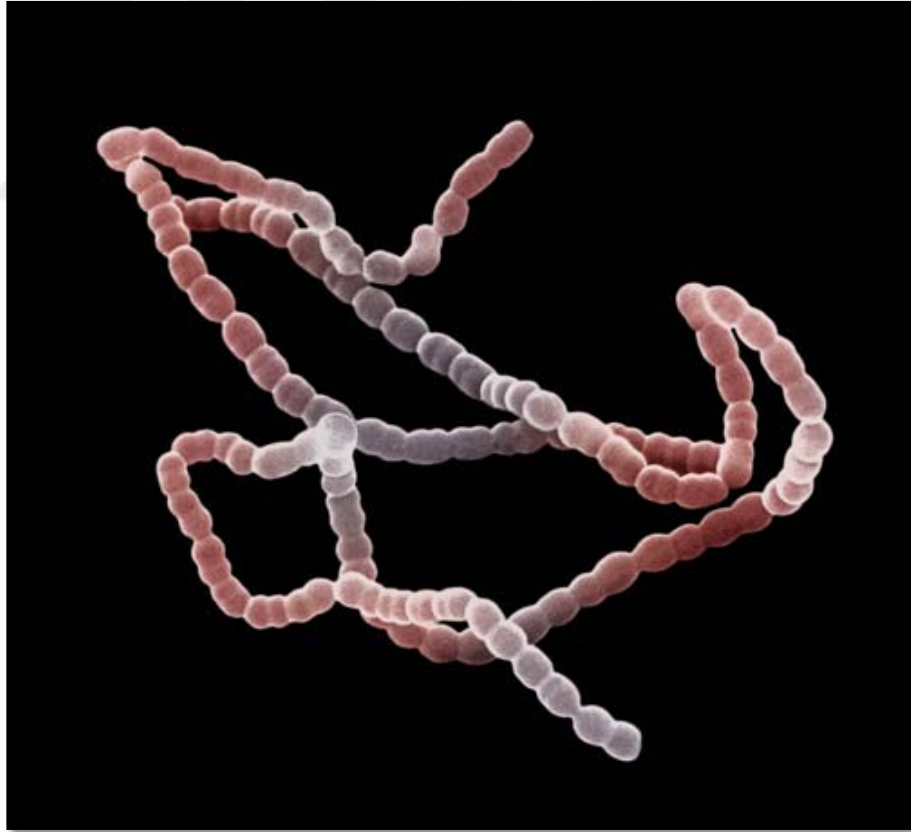
S.mutans ve *S.sobrinus*’un diş yüzeyine tutulum mekanizmalarının farklılık gösterdiği bilinmektedir. *S.mutans*’ın spesifik yüzey antijenleri ile daha çok oklüzal yüzeylerde tutulum gösterdiği, *S. sobrinus* ise diş yüzeyine glukan yardımıyla bağlanır ve daha çok bukkal yüzeylerde tutulum gösterdiği bildirilmiştir (107).

Streptococcus mutans

S.mutans'lar, MS'lerin alt gruplarından biri olarak tanımlanmıştır (**Resim5**) (108). *S.mutans*'ın, doğal olarak insan oral mikroflorasında mevcut olmakla birlikte, çürük lezyonlarıyla en çok ilişkisi olan bakteri türü olduğu bilinmektedir (109).

S.mutans'ın insan oral kavitesine kolonize olan diğer MS türlerinden daha fazla biyofilm oluşturabilme kabiliyetine sahip olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (110).

S.mutans'ın diş biyofilmi içerisindeki en karyojenik bakteri türü olmasının sebepleri arasında ekstrasellüler polisakkarit (EPS) salgılayabilmeleri, karbonhidrat tüketimi sonucu laktik asit üretebilmeleri ve asidik ortamda yaşayabilme özellikleri gösterilmektedir. EPS'in diş yüzeyine bakteri tutulumunu arttırarak ve biyofilmin yapısal bütünlüğüne katkıda bulunarak üretilen laktik asit gibi demineralizasyonu arttırdığı belirtilmiştir (111).

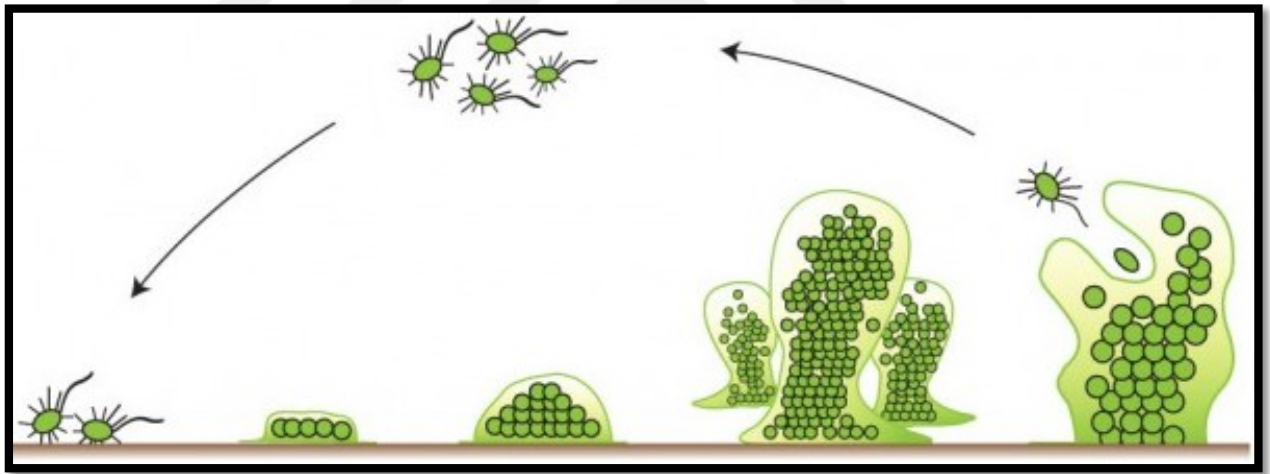


Resim 5. *S.mutans*'ın taramalı elektron mikroskobu altındaki görüntüsü (108)

S.mutans hücrelerinin tek başına ya da küme halinde pelikula bağlanmalarının sukroza bağlı ve sukrozdan bağımsız olmak üzere iki farklı mekanizma ile gerçekleştiği bilinmektedir. Sukroza bağlı mekanizmada bağlanmanın *S.mutans*'lardan salgılanan glukoztransferaz enzimi ile gluklan-bağlı proteinlerin (GBP) kombinasyonu ile gerçekleşirken Sukrozdan bağımsız mekanizmada ise *S.mutans*'ın adeziv kısımlarının virulans faktörlerden bağımsız olarak pelikula yapışmasıyla gerçekleştiği bildirilmiştir (112).

Mikrobiyal dental plağın gelişim evreleri;

- Pelikül oluşumu
- Bakterilerin diş yüzeyine yapışması
- Yapışan bakterilerin gelişimi ve primer bakteri kolonilerinin oluşumu
- Bakterilerin koagregasyonu ile farklı kolonilerin gelişimi
- Olgun mikrobiyal dental plak olarak belirtilmiştir (101). **(Resim6)** (113).



Resim 6. Biyofilm oluşum aşamaları (113)

Diş ya da restorasyon yüzeyinin pürüzlülüğünün mikrobiyal dental plak oluşumuna yardımcı olduğu bilinmektedir. Yüzeydeki oluk ve çatlakların bakterilerin tutunabileceği alanı arttırdığı ve tutunmuş olan bakterileri uzaklaştıracak olan kuvvetleri engellediği belirtilmiştir. Ayrıca cam iyonmer sementlerin florid salınımı yapması bakterilerin ürettiği asitlerin nötralizasyonunu sağlayarak bakterilerin büyümesini engelleyebildikleri bildirilmiştir (114).

2.3.3. Biyofilm Oluşumunun İncelenmesi

2.3.3.1. Laboratuvar Yöntemleri

Saf ve karışık bakteri kültürlerin niceliksel popülasyon analizi için tercih edilen yöntemler geleneksel bakteri sayım yöntemi olan cfu (colony forming unit) sayımı ve çeşitli boyama yöntemleri olarak belirtilmiştir (115).

Kullanılan besiyerinde canlı olduğu halde gelişip koloni oluşturamayan mikroorganizmalar bulunabildiği bilinmektedir. cfu ile yalnızca canlı ve koloni oluşturabilen hücreler ölçülebilmektedir. Kolaylık sağlamak için, sonuçların, sıvılar için cfu/ml (mililitre başına koloni oluşturan birimler) ve katılar için cfu/g (gram başına koloni oluşturan birimler) olarak verildiği belirtilmiştir (115, 116).

Biyofilmdeki MS'ların nicel olarak değerlendirilmesinin *Mitis-Salivarius-Agar* kullanılarak yapıldığı bildirilmiştir. İncelenecek bakteri süspansiyonuyla gerekli şartlarda inkübe edilen örneklerin yüzeyindeki MS kolonilerinin sayılarak 1 ml tükürükte koloni oluşturan birim sayısı (cfu) sayısı olarak ifade edildiği, farklı morfolojik görünüme sahip olan MS'ları çeşitli türler arasında ayırt etmenin mümkün olduğu belirtilmiştir (116).

Bu yöntemlere ek olarak spektrofotometre görüntülemesi veya yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilebilen mikroskoplar da biyofilm değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler arasında gösterilmektedir (116).

2.3.3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Görüntüleme

Taramalı elektron mikroskobu'nun (SEM) dış yüzeylerinin topografik özelliklerinin görüntülemesi ve fiziksel yapısının incelenmesi için kullanıldığı bilinmektedir. Kavite preparasyonu yapılmış mine ve dentin yüzeylerinin mikro yapısı incelenebildiği belirtilmiştir. Yüzeyin incelenebilmesi ilk olarak örneklerin kurutulması ve elektronları yansıtacak bir madde ile kaplanmasının gerekli olduğu, bu maddenin altın nanopartikülleri (gold paladium) olduğu ve kaplamanın kalınlığı örneğe göre ayarlandığı bildirilmiştir (117, 118).

Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) 1-10 keV'lük birincil elektron enerjili elektron demetinin, numune yüzeyinde 1-10 nm yarıçaplı bir noktaya bir lens sistemi ile odaklandığı belirtilmiştir. Odaklanan demet bir optiksel gösteri olarak kullanılan video tütün elektron demeti ile aynı anda bir sapıtıcı halka sistemi ile numune dikdörtgenel

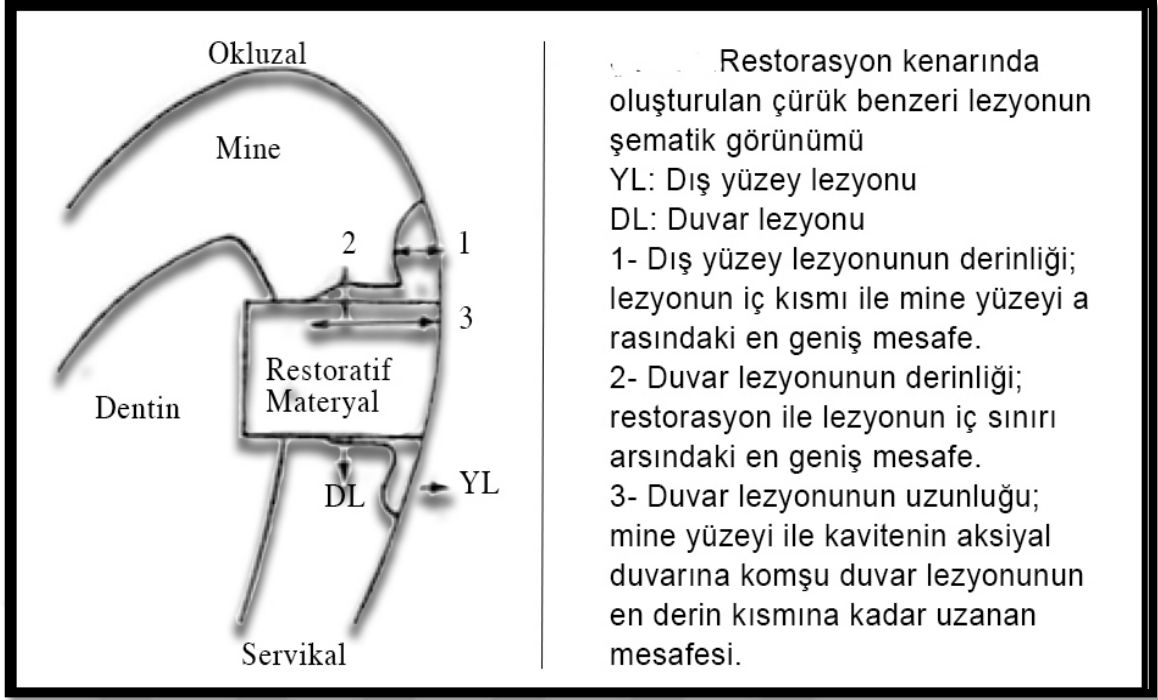
olarak boydan boya tarandıktan sonra, her iki demet aynı tarayıcı jeneratör ile kontrol edildiği bildirilmiştir. Büyütme, numune yüzeyi üzerinde taranan alan ve görüntülemenin büyüklük oranı olarak tanımlanmıştır. Numune akımının X-ışınları, ikincil elektronlar, çeşitli sinyaller, geri saçılan elektronlar ile toplanabildiği, sinyalin oluşturduğu 2-boyutlu haritanın SEM görüntüsü elde edilmesini sağladığı belirtilmiştir (118).

2.4. Sekonder Çürük

Dünya Diş Hekimliği Birliği (FDI) 1962 yılında sekonder çürüğü “varolan restorasyon marjinde pozitif olarak teşhis edilen lezyon” olarak tanımlamıştır (14). Totiam ve ark. ise sekonder çürüğü “Kavite preparasyonundan sonra kalan diş dokusu ve restorasyon arasındaki mikro boşluklardan hidrojen iyonlarının difüzyonu ile başlayan ve mevcut restorasyonun marjinde oluşan yeni çürük” olarak tanımlamışlardır (16).

Restorasyon materyali dişe yerleştirildikten sonra hızlı bir şekilde pelikül ile kaplanmaktadır. Düzensiz yüzeyler ve oluşan mikro boşluklar sayesinde pelikül içerisinde yer alan mikroorganizmaların bu boşluklara akın ettiği bilinmektedir. Uygun zaman ve koşullar sağlandığında bu mikroorganizmaların kavite duvarları boyunca diş yapısında demineralizasyonu başlattığı ve sekonder çürük oluşturduğu bildirilmiştir (16, 119).

Sekonder çürüğün iki çürük bölgesinden oluştuğu varsayılmaktadır. Dış lezyon olarak adlandırılan ilk bölgenin, mine veya sementte gözlemlendiği belirtilirken histolojik olarak başlangıç çürüğüne benzeyen lezyon ise restorasyon marjinden difuze olan plak ile ilişkilendirilmektedir. Bu ikinci bölgedeki lezyon duvar lezyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu lezyon kavite duvarında diş-restorasyon birleşimi boyunca mine veya dentinde dar bir yıkıma neden olan lezyon olarak da belirtilmektedir (**Resim7**). Yapılan çalışmalar birçok "sekonder" lezyonun aslında residüel bir çürüğün devamı ya da tekrarı değil, restorasyonlara bitişik primer lezyonlar olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, sekonder çürük lezyonu teriminin hala sıklıkla kullanıldığı ve sekonder lezyonlarla (rezidüel çürük sonucu oluşan) restorasyona bitişik lezyonlar arasında ayırım yapılmadığı bildirilmiştir (15).



Resim 7. Sekonder çürüğün bölgeleri

2.4.1. Sekonder Çürük Değerlendirme Yöntemleri

2.4.1.1. Görsel Yöntem

2012 yılında International Caries Assessment System (ICDAS) kriterlerinin çürük değerlendirmedeki eksiklikleri tespit edilmiş ve eksiklikleri geliştirilerek ICDAS II kriterleri ortaya konmuştur (120). Bu sınıflandırma ile temiz, üzerinde plak olmayan diş yüzeylerinde hem kuru hem de nemli koşullarda, klinik ve histopatolojik durum arasında ilişki sağlanmasına imkân veren, güvenilir çürük tanısının yapılmasının amaçlandığı bildirilmiştir. Ayrıca ICDAS II içerisinde restorasyonlu dişlerde sekonder çürük tanısı yapılabilmesi için Caries Adjacent to Restoration and Sealants (CARS) skalasının oluşturulduğu da belirtilmiştir (121).

2.4.1.2. Radyografik Değerlendirme

Radyografinin çürük tanısında kullanılmasının amacının, görsel muayeneyi desteklemek ve şüphelenilen bölgelerin radyografi üzerinden değerlendirilmesi olduğu bildirilmiştir. Bu yöntem, mine ve dentinde oluşan mineral kaybının X-ışınlarının geçişine izin vermesi esasına dayandığı için lezyon derinliğinin tahmin edilmesine de yardımcı olabildiği, bununla birlikte çürüğün sınırlarının kesin belirlenmesinde hatalı sonuçların alınmasına da neden olabileceğinin göz ardı edilmemesi gerektiği

belirtilmiştir. Radyografide minenin iç tabakasıyla sınırlı olduğu gözlenen bir çürük lezyonunun, histolojik olarak değerlendirildiğinde dentinde olduğunu bildiren birçok çalışma bulunmaktadır. Isırma radyografi özellikle başlangıç aşamasındaki klinik olarak gözlenmeyen, ara yüzdeki ve sekonder çürüklerinin tanısında çok etkili olmakla birlikte, okluzal yüzeylerdeki mine çürüklerinin tanısında yeterli olamadığı bildirilmektedir (122, 123).

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin (CBCT) cihazları dentomaksilofasiyal patolojilerde doğru ve detaylı tanı ve tedavi planlaması yapılmasına olanak sağladığı bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda CBCT'nin çürük tanısındaki etkinliğinin kanıtlandığı bildirilmiştir (124).

2.4.1.3. Kantitatif Işık Etkili Lazer Floresans Yöntemi (Quantitative Light-induced Fluorescence-QLF)

QLF yöntemi, diş sert dokularında demineralizasyon nedeniyle değişen floresans özelliklerini değerlendiren bir çürük tanı yöntemi olarak belirtilmiştir. Işık kaynağı olarak, 404 nm dalga boyunda mavi ışık oluşturan bir optik filtreleme sisteminin ya da 488 nm dalga boyunda mavi-yeşil ışık oluşturan argon lazerin kullanıldığı, mine dokusunda oluşan lezyonların tanısında yüksek duyarlılık gösteren bir yöntem olduğu bildirilmiştir (122).

Lenzi ve ark.(2016) yaptıkları *in vitro* çalışmada diş rengindeki restorasyonların etrafındaki okluzal çürüklerin teşhisinde geleneksel yöntemlerin ve QLF yönteminin performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda QLF yönteminin sekonder çürük teşhisindeki başarısı geleneksel yöntemlerle benzer bulunmuştur (125).

2.4.1.4. Lazer Floresans Yöntemi (Laser Fluorescence-LF)

Güncel ve girişimsel olmayan çürük tanı yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntemin lazer floresans yöntemi olduğu bildirilmiştir. Bu yöntemin temel olarak diş sert dokularının belli koşullar altında yansıtıcı özelliği olması esasına dayandığı, ancak bu durumun, dişte demineralizasyon meydana gelmesi ya da dişin çürük ile enfekte olması gibi durumlarda değişiklik gösterebildiği bilinmektedir. Floresans ölçümünün, mine ve dentindeki enfeksiyonun derecesini (çürüğün derecesini) tanımlayabildiği belirtilmiştir (17).

Çürüğün ve mineral kaybının olduğu durumda, diş sert dokularının optik özelliklerinde değişiklikler meydana geldiği bilinmektedir. Floresans esaslı yöntemlerin çalışma prensibinin ise belirli dalga boyunda ışık uygulaması sonunda, çürüklü dokuların yansıtma özelliğinin sağlıklı dokulardan daha yüksek olması esasına dayandığı bildirilmiştir (17).

Geleneksel çürük tanı yöntemlerine yardımcı olarak geliştirilen cihazlardan biri olan DIAGNOdent cihazının (KaVo, Bieberach, Almanya) bu çalışma prensibiyle ölçüm yaptığı belirtilmiştir. X-ışını kullanılmaması, girişimsel olmaması, sayısal değerler elde edilmesiyle gerceliliğın engellenmesi bu yöntemin avantajları arasında sayılmaktadır. Ancak bununla birlikte, diş yüzeyindeki renklenmelerden etkilenmesi, diş taşı ve plak varlığı ve hipomineralizasyon durumundan etkilenerek yanlış pozitif cevap vermesi cihazın olumsuz yönlerinin olduğu da bildirilmiştir (126, 127).

2.4.1.5. Stereomikroskop (Stereomicroscopy-SM) ile inceleme

Stereomikroskoplar ışık mikroskobundan farklı olarak sabit dürbün mantığı ile çalışan, 3 boyutlu görüntü elde etmeyi sağlayan bir mikroskop türü olarak tanımlanmıştır. İnsan beyni ve gözlerinin birlikte çalışarak, farklı açıdan alınan iki görüntüyü üst üste çakıştırıp 3 boyutlu ve uzaysal bir görüntü oluşturduğu bilinmektedir. Buna stereoskopik görüntü adı verilmektedir (18).

Stereomikroskop yardımıyla diş dokularının incelendiği birçok çalışma vardır. Diş dokularının bu mikroskop altında incelenmesi için öncesinde kesit alınması gerektiği ve mikroskopik inceleme için kesitlerin boyanması gerektiği bildirilmiştir. Dokuların renklendirilmesinin, renkli boyalar veya floresansı artıran boyaarla, renkli son ürünler oluşturan kimyasal reaksiyonlarla veya ağır metal tuzları dokuya çöktürülerek yapılabileceği belirtilmiştir (18).

2.4.1.6. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Micro CT-Mikro BT) ile inceleme

Mikro BT, tıbbi tanıda kullanılan, ancak mikrometre düzeyinde ve yüksek bir çözünürlükte çalışan, bilgisayarla aksiyel tomografinin bilinen yönteminin minyatürleştirilmiş bir versiyonu olarak tanımlanmıştır. Eşlik eden yüksek radyasyon dozunun kullanımı laboratuvar çalışmalarıyla kısıtladığı bilinmektedir. Mikro BT görüntülemenin, daha fazla bilgisayar işlemi kullanarak üç boyutlu görüntülere yeniden monte edilebilen kesitsel dilimlerin ekstraksiyonunu sağladığı, mineral kayıp derecesini

görüntüleyerek, mikro BT, diş retansiyonunun dolaylı bir göstergesi olarak, histolojik dillerdeki renk değişikliklerinin yorumlanmasından çok, çürük lezyonunun gerçek kapsamının daha objektif bir şekilde belirlenmesine izin verebildiği bildirilmiştir (128).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmada biyofilm oluşumu deneyi İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Anabilim Dalı Ağız Mikrobiyolojisi Laboratuvarı ve Yeditepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Genetik ve Biyomühendislik Laboratuvarında, sekonder çürük oluşum deneyi ise Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sert Doku Laboratuvarı ve Yeditepe Üniversitesi Ar-Ge ve Analiz Merkez Laboratuvarında gerçekleştirildi. Sekonder çürük oluşum deneyinde kullanılan demineralizasyon solüsyonu Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Laboratuvarında hazırlandı.

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada yüksek viskoziteli cam iyonomer siman materyalleri olan **Ketac™ Molar Easymix** (3M ESPE, U.S.A.) (**Resim 8**), **Equia® Forte** (GC Corporation, Tokyo, Japan) (**Resim 9**) ve **ChemFil® Rock** (Dentsplay Sirona, Kontstantz, Germany) (**Resim 10**) kullanıldı. Yüzey örtücü olarak ise **Equia® Forte Coat** (GC Corporation, Tokyo, Japan) (**Resim 11**) kullanıldı. Materyallerin marka isimleri, kategorileri, üretici firmaları ve parti numaraları **Tablo 1**'de; içerikleri, uygulama şekli ve sertleşme reaksiyonları ise **Tablo 2**'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal	Kategori	Üretici Firma	Parti Numarası
Ketac™ Molar Easymix	Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman	3M ESPE, U.S.A.	406641
ChemFil® Rock	Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman	Dentsplay Sirona, Kontstantz, Germany	103000542
Equia® Forte	Yüksek viskoziteli cam iyonomer siman	GC Corporation, Tokyo, Japan	4520005
Equia® Forte Coat	Işıkla sertleşen yüzey örtücü	GC Corporation, Tokyo, Japan	452505

Tablo 2. Çalışmada kullanılan materyallerin içeriği, uygulama şekli ve sertleşme reaksiyonu

Materyal	İçerik	Uygulama Şekli	Sertleşme Reaksiyonu
Ketac™ Molar Easymix	Toz: non-fibröz oksit cam kimyasalları Likit: poliakrilik asit	Toz ve likitin kağıt üzerinde siman spatülü ile karıştırılması ve el aletleri ile uygulanması	5 dk (firma önerisi)
ChemFil® Rock	Kalsiyum-alüminyum-çinko-fluoro-fosfor silikat cam, polikarboksilik asit, demir oksit pigmentleri, titanyum oksit pigmentleri, tartarik asit, su	Kapsülün 10 sn süre ile karıştırıcıda karıştırılması ve tabanca ile uygulanması	6 dk (firma önerisi)
Equia® Forte	Toz: fluoro-alümino silikat cam (FAS), yüksek reaktif FAS Likit: Yüksek moleküler ağırlıklı polakrilik asit	Kapsülün 15 sn süre ile karıştırıcıda karıştırılması ve tabanca ile uygulanması	2 dk, 30 sn (firma önerisi)
Equia® Forte Coat	Metil metakrilat, difenil-fosfin oksit, metakriloksidekil dihidrojen fosfat, 2-6-di-tert-bütül-p kresol	Materyalin aplikatör yardımıyla restorasyon yüzeyine uygulanması	20 sn (ışık cihazı ile) (firma önerisi)



Resim 8. Çalışmada kullanılan Ketac™ Easymix (3M ESPE, U.S.A.) materyali



Resim 9. Çalışmada kullanılan Equia® Forte (GC Corporation, Tokyo, Japan) materyali



Resim 10. Çalışmada kullanılan ChemFil® Rock (Dentsply Sirona, Konstanz, Germany) materyali

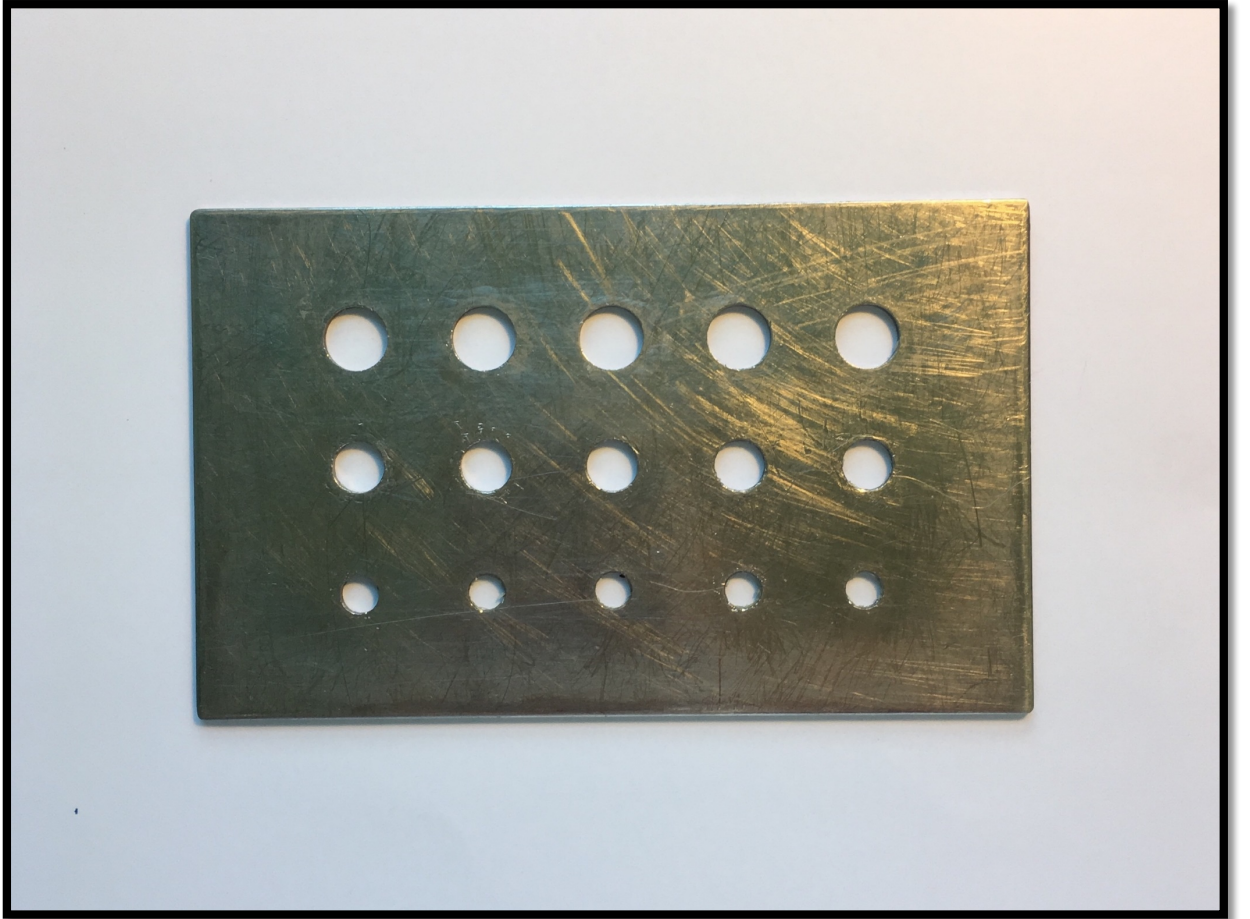


Resim 11. Çalışmada kullanılan Equia® Forte Coat (GC Corporation, Tokyo, Japan) materyali

3.2. Biyofilm Oluşumunun Değerlendirilmesi

3.2.1. Biyofilm Oluşumunun Değerlendirilmesi için Örneklerin Hazırlanması

Biyofilm oluşumunun değerlendirilmesi için çalışmada kullanılan cam iyonomer materyallerinin her birinden 16'şar adet olmak üzere toplam 48 adet örnek, International Organization for Standardization (ISO) standartlarına (ISO 7405-2008) uygun olarak 8 mm genişliğinde ve 2 mm yüksekliğinde metal kalıplar (129) ve karıştırıcı cihaz (a.max, AM-1 Capsule mixer, Monitex, Taiwan) (ChemFil® Rock ve Equia® Forte için) kullanılarak hazırlandı (**Resim 12,13**). Üretici firma talimatlarına göre hazırlanan cam iyonomer materyaller kalıplara taşkın bir şekilde yerleştirildikten sonra metal kalıbın her iki yüzeyinde asetat kağıdı ve cam bloklar koyularak taşkın materyalin uzaklaştırılması için basınç uygulandı. Materyallerin sertleşmesi için üretici firma talimatları uygulandı.



Resim 12. Çalışmada kullanılan standart metal kalıp



Resim 13. Materyallerin hazırlanmasında kullanılan karıştırıcı (a.max, AM-1 Capsule mixer, Monitex, Taiwan)

Kimyasal sertleşmenin tamamlanması için oda sıcaklığında 6 dakika beklendi. Sertleşme tamamlandıktan sonra örnekler kalıplarından çıkarıldı. Çapakları temizlendikten sonra her bir materyal grubu 8'er örnek içerecek şekilde kontrol ve deney grubu olmak üzere iki alt gruba ayrıldı. Deney gruplarındaki disklerin (toplam 24 adet) tüm yüzeylerine Equia® Forte Coat sürüldü. Daha sonra yüzey örtücü uygulanan disklerin tüm yüzeylerine ışık cihazı (Elipar® S 10, 3M ESPE, America) ile 20'er sn ışık uygulandı (**Resim 14**).



Resim 14. Çalışmada kullanılan ışık cihazı (Elipar® S 10, 3M ESPE, America)

Tüm materyal gruplarında yer alan örnekler, alt gruplarına göre ayrı ayrı paketlenip Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi sterilizasyon biriminde, STERRAD® 100S (ASP® Jonhson&Johnson Company, Canada) cihazında hidrojen peroksit (H₂O₂) gaz plazma sterilizasyon yöntemi ile 50°C’de 50 dk steril edildi (**Resim 15,16**).



Resim 15. Materyallerin sterilizasyon için paketlenmesi

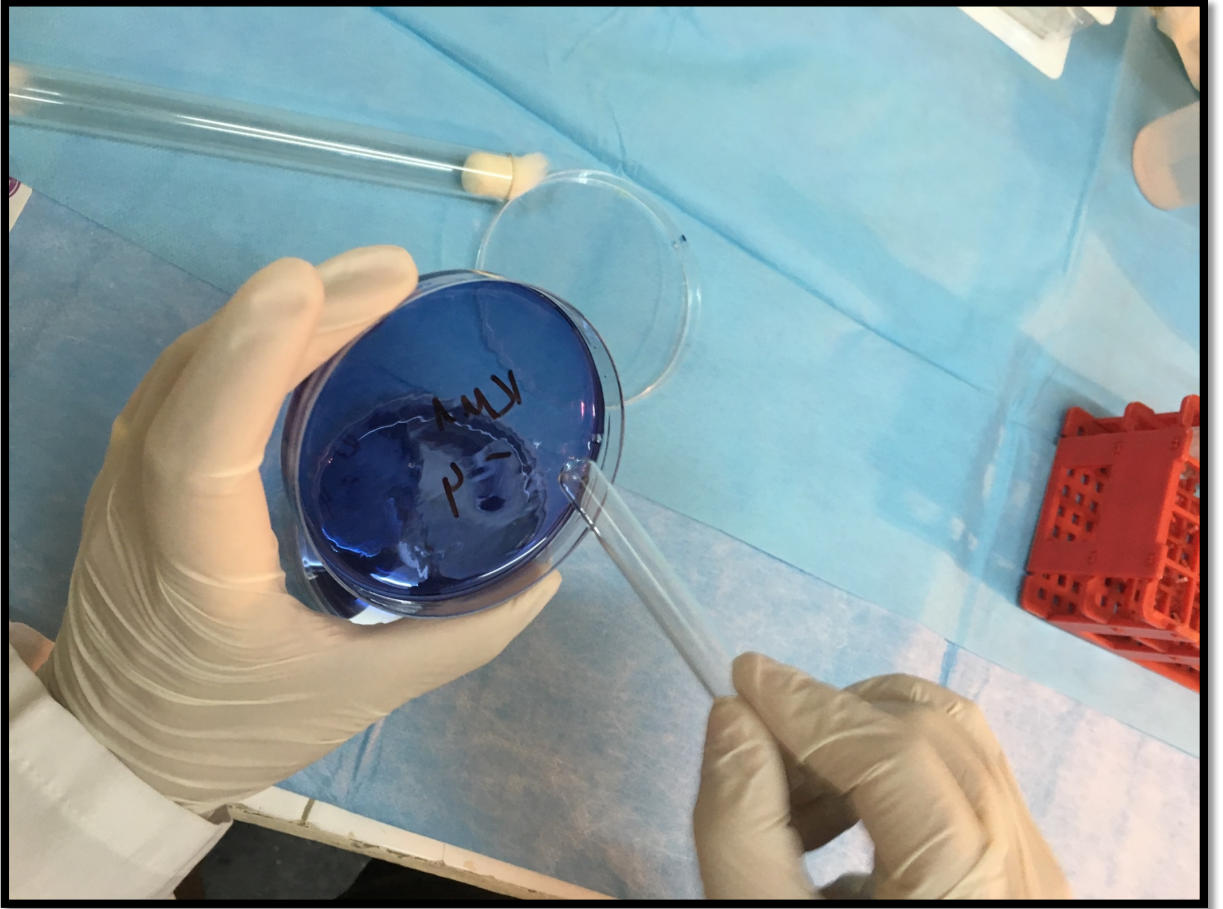


Resim 16. Hidrojen peroksit (H_2O_2) sterilizasyon cihazı (STERRAD® 100S, ASP® Jonhson&Johnson Company, Canada)

3.2.2. Biyofilm Oluşumu Deneyinin Yapılması

Bakteri Süspansiyonunun Hazırlanması

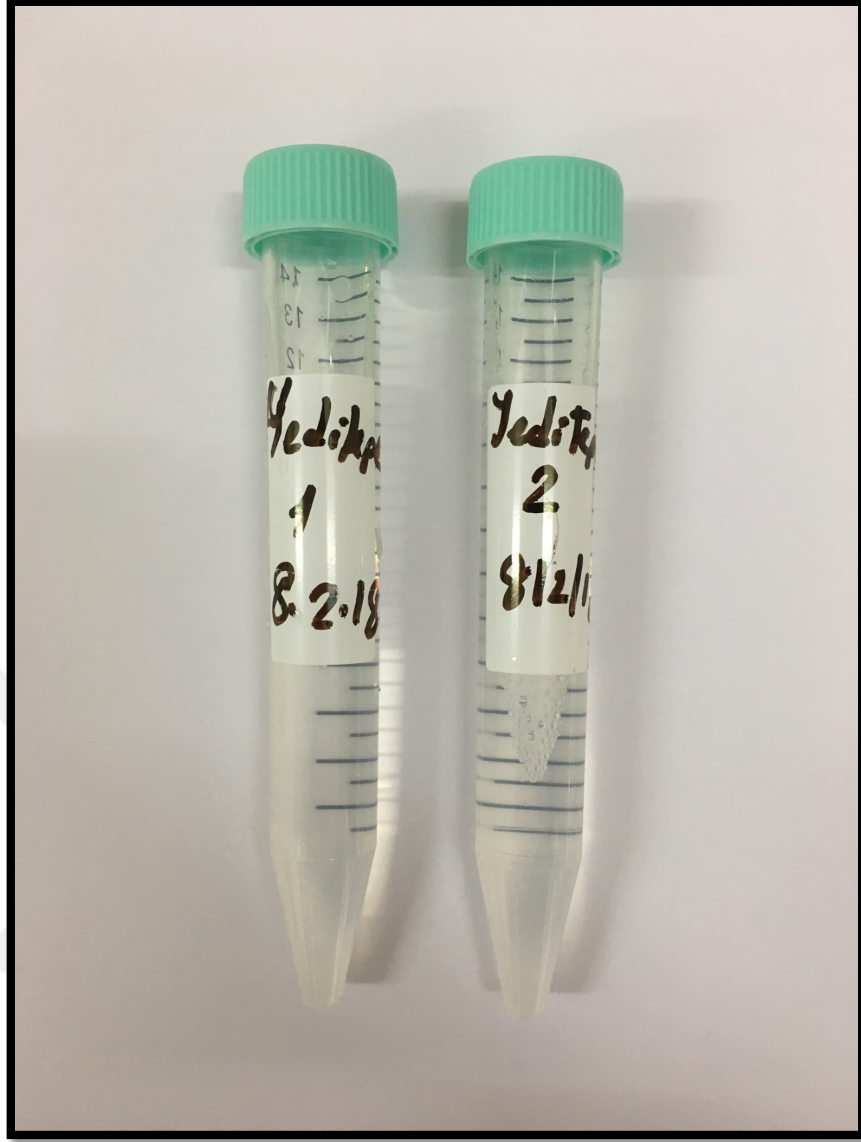
Bakteri süspansiyonu, 24 saatlik *S. mutans* ATCC25175 kültüründen 10 ml Brain Heart Infusion (BHI) buyyonunda 0,5 McFarland bulanıklık tüpüne göre (10^8 cfu/ml) hazırlandı. Kontrol amaçlı olarak süspansiyon 10 katlı sulandırılarak katı besiyerine 0,1ml ekimi yapıldı (**Resim 17**).



Resim 17. *S. mutans* ekiminin yapılması

Tükürüğün Hazırlanması

Çalışmada çürüğü bulunmayan ve periodontal açıdan sağlıklı olan araştırmacının kendisinden beslenme ve diş fırçalama işlemlerinden en az 1,5 saat sonra alınan uyarılmamış tükürüğü kullanıldı. Bu tükürük örnekleri 15 dk 4°C 'de 15000 g'da santrifüj edildikten sonra süpernatant 0,22 μm filtrasyonda steril edildi ve -20°C 'de tutuldu (**Resim 18**).



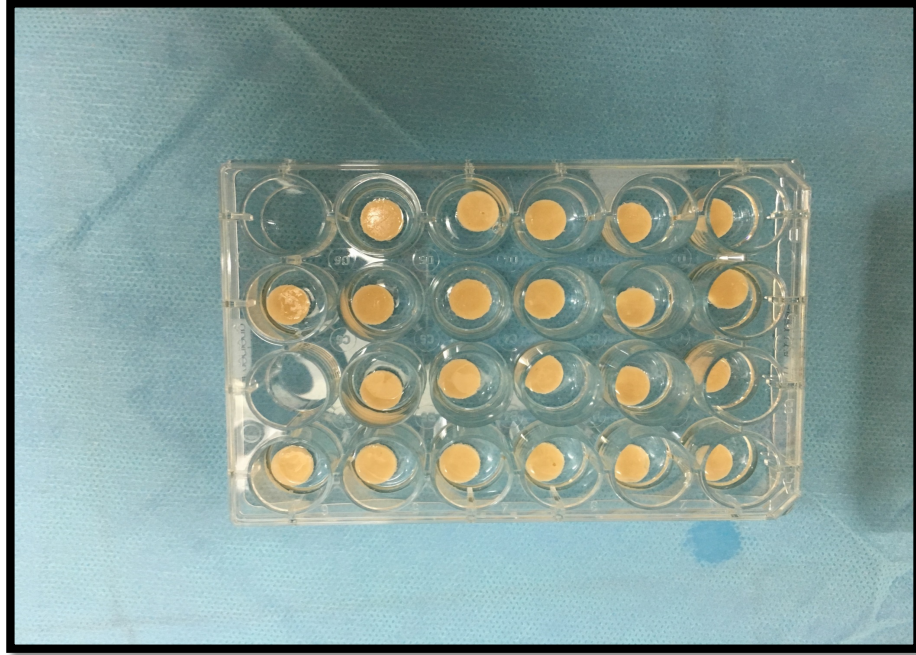
Resim 18. Hazırlanan insan tükürük örnekleri

Örneklerin Yüzeyinde Biyofilm Oluşturulması

Her bir örnek grubu için 24 kuyucuklu iki ayrı steril petri kutusu kullanıldı. Petri kutusundaki her kuyucuğa bir örnek yerleştirildi. Örneklerin üzerine yüzeylerinde pelikül oluşması için 500 µl tükürük eklendi ve çalkalayıcıda 37°C’de 1 saat inkübe edildi (**Resim19**). Tükürük içerisindeki örnekler steril presel yardımıyla tutularak 2 ml PBS tampon solüsyonu içeren enjektör ile yıkandı. Örnekler yeni kuyucuğa yerleştirildi. Örneklerin üzerine 200 µl bakteri süspansiyonu ve %5 sakkaroz ilave edilen 1,6 ml BHI eklendi. Petri kutuları %5-7 CO₂’li ortama alındıktan sonra 37°C’de 24 saat inkübe edildi (**Resim 20**).



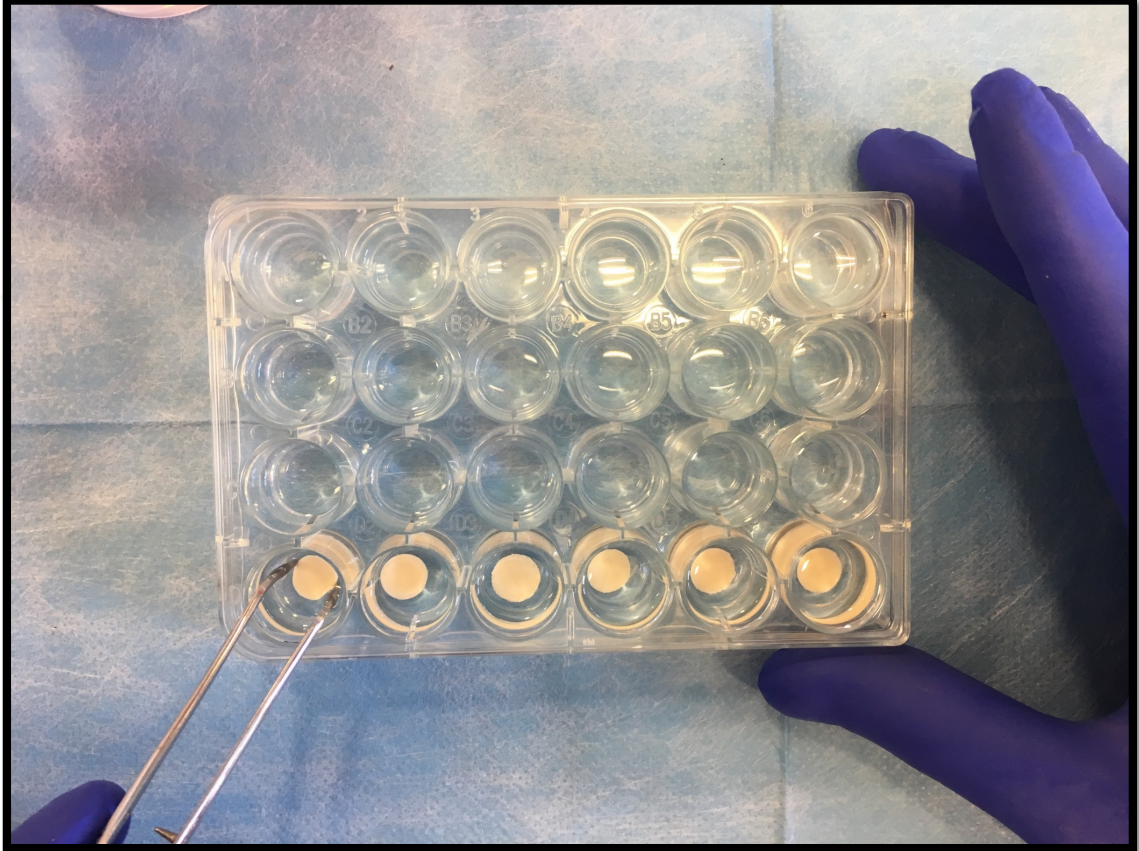
Resim 19. Disklerin inkübe edilmesi



Resim 20. %5'lik sakkarozlu BHI'da hazırlanan bakteri süspansiyonunun diskler üzerine eklenmesi

Biyofilm Oluşumunun Değerlendirilmesi

Örneklerdeki yapışık olmayan bakterilerin uzaklaştırılması için örnekler presel yardımıyla tutularak 2 ml steril izotonik salin ile 3 kez yıkandı ve 1 ml tuzlu su içeren cam tüplere koyuldu (**Resim 21**).



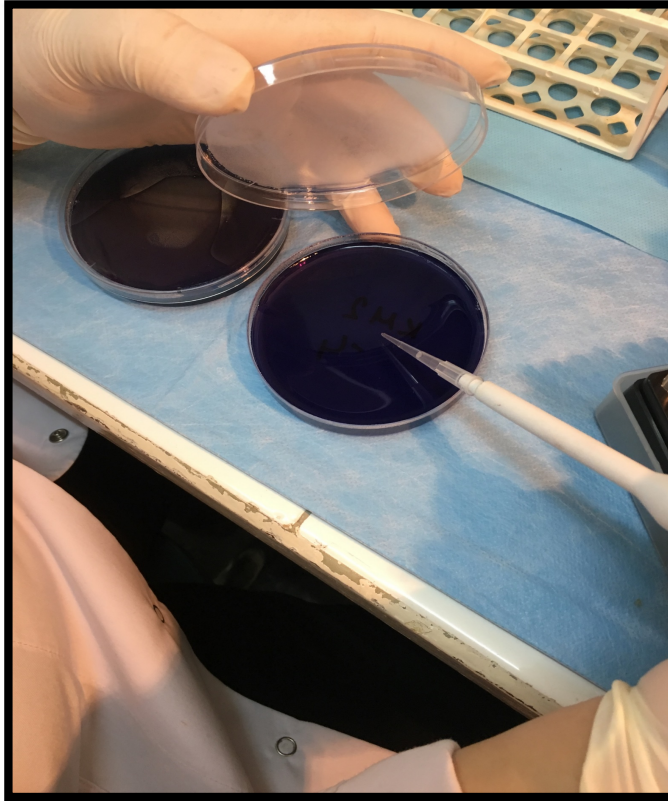
Resim 21. Disklerin steril izotonik ile yıkanması

Disklere yapışan biyofilmin eldesi için diskler 20'şer saniye vortekslendi (**Resim 22**).

Steril izotonik saline aktarılan bakteriler sayım için steril izotonik salinde 10^{-2} ve 10^{-4} oranında sulandırılarak 50'şer μ l Mitis Salivarius Basitrasin Agar (MSB) besiyerine ekilerek yayıldı. Daha sonra tüm besiyerleri 37°C 'de CO_2 içeren ortamda 48 saat boyunca inkübe edildi. Oluşan koloniler sayılarak cfu/ml cinsinden hesaplandı (**Resim 23**).



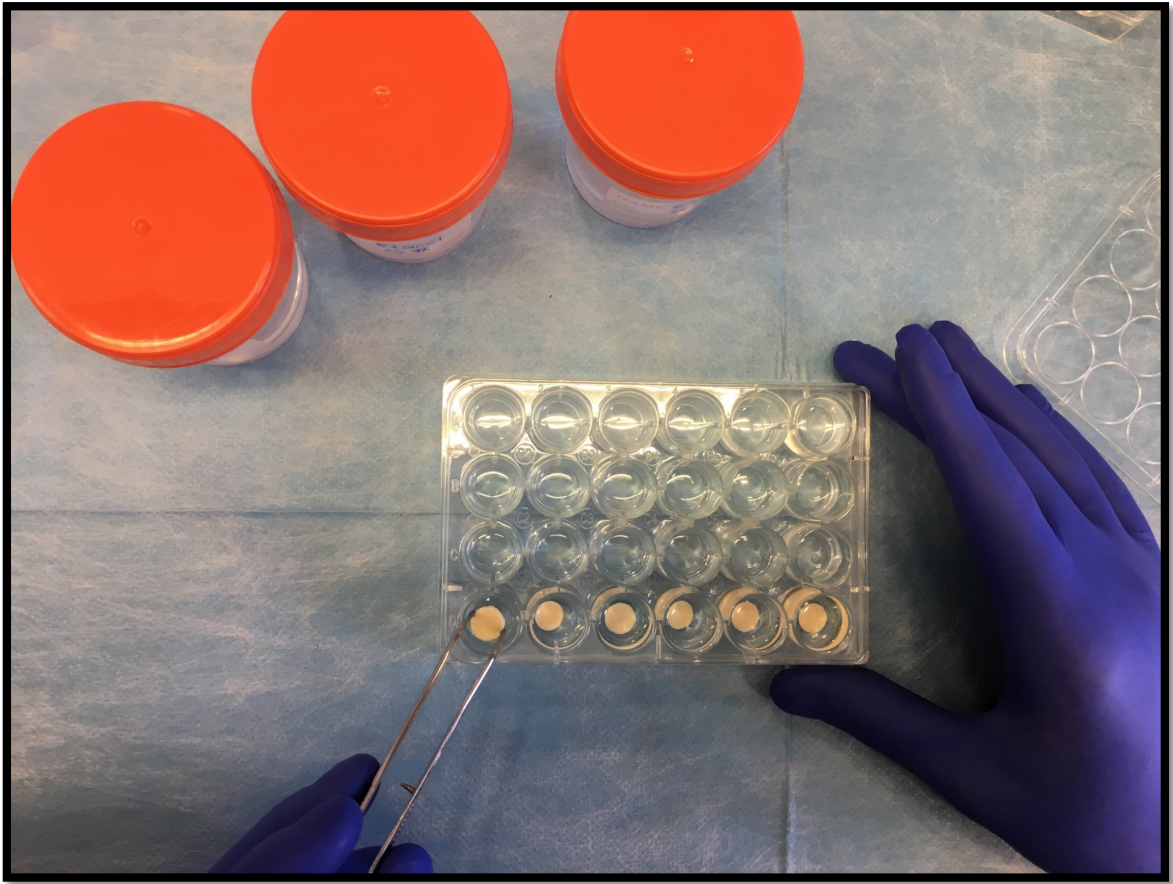
Resim 22. Örneklerin 20 sn süre ile vortekslenmesi



Resim 23. Sulandırılan örneklerin MSB agara ekilmesi

3.2.3. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Görüntülenmesi

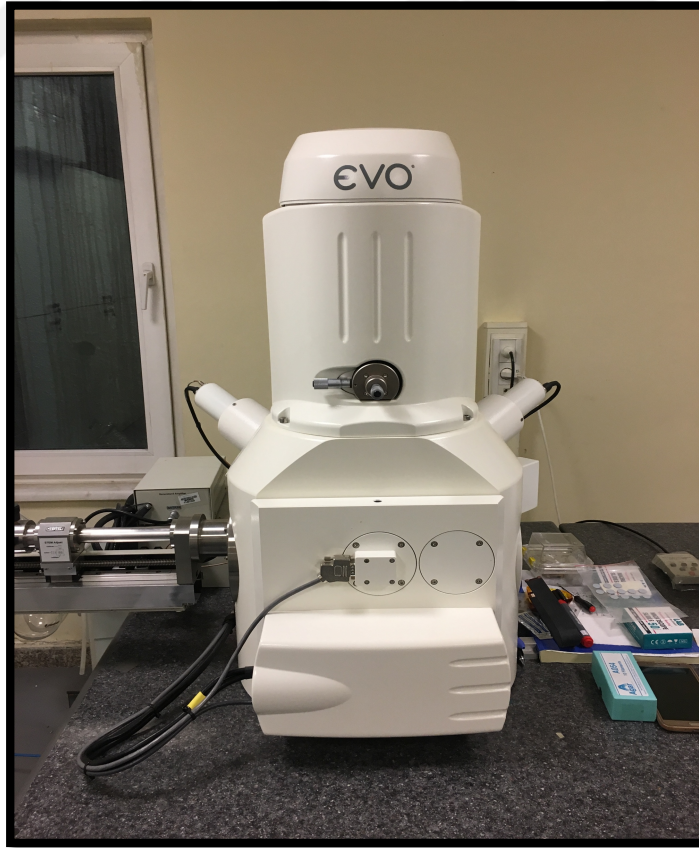
Her alt gruptan birer adet örnek %4'lük paraformaldehit ile 24 saat fikse edildikten sonra etanol ile dehidrate edildi (**Resim24**). Örnekler Sputter Coater® (BalTec SCD 005, İsviçre) cihazında 40 sn boyunca 15 nm kalınlığında altın nanopartikülüyle (gold paladium) kaplandı (**Resim24**). Daha sonra örnekler SEM (EVO 40, Carl ZEISS, Almanya) cihazına aktarılarak 200, 1000, 3000 ve 5000 büyültmede görüntüleme yapıldı (**Resim 26, 27**).



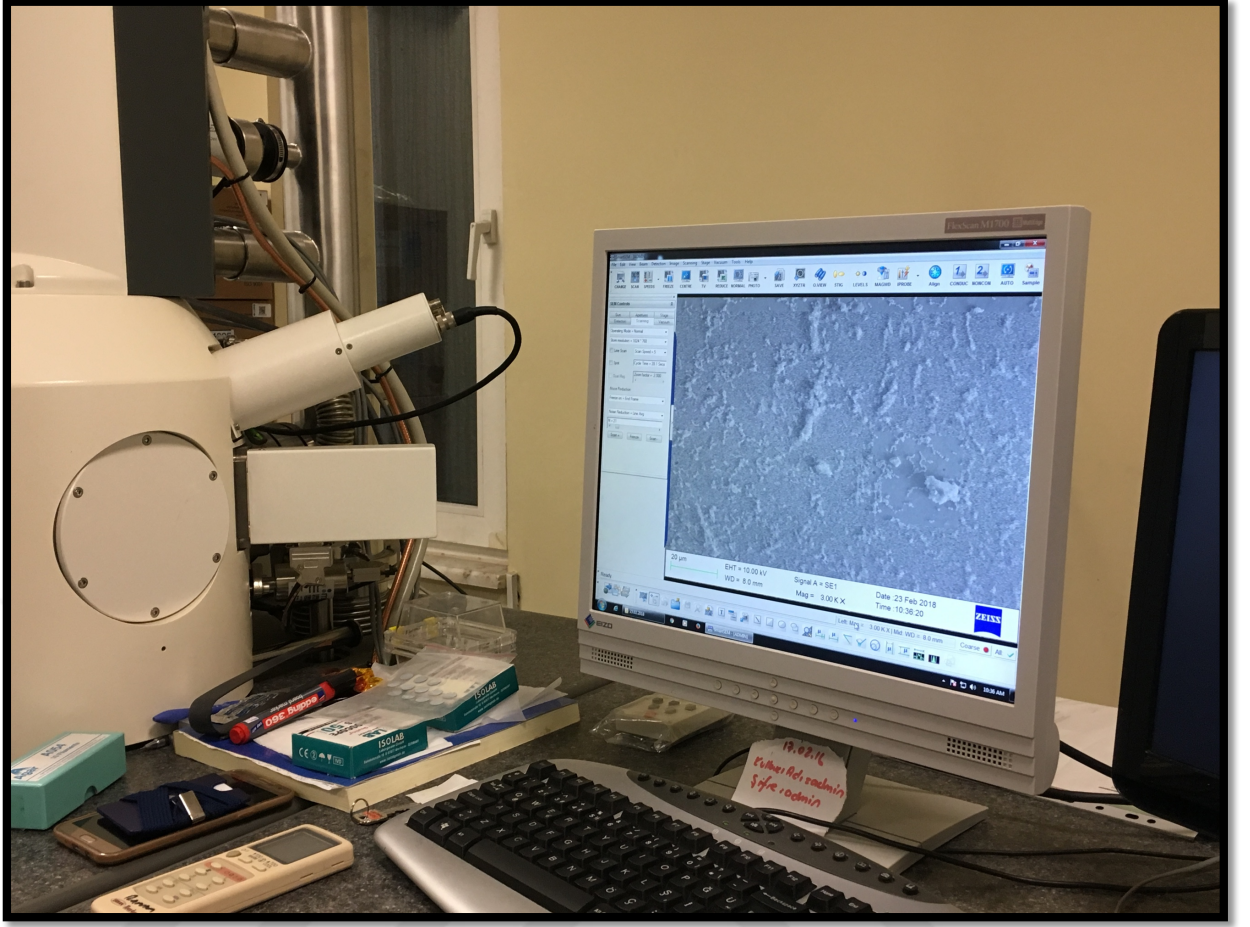
Resim 24. Örneklerin %4'lük paraformadehit ile fikse edilmesi



Resim 25. Örneklerin altın nanopartikülleriyle kaplanması (Sputter Coater®, BalTec SCD 005, İsviçre)



Resim 26. Görünteleme yapıldığı SEM cihazı (EVO 40, Carl ZEISS, Almanya)

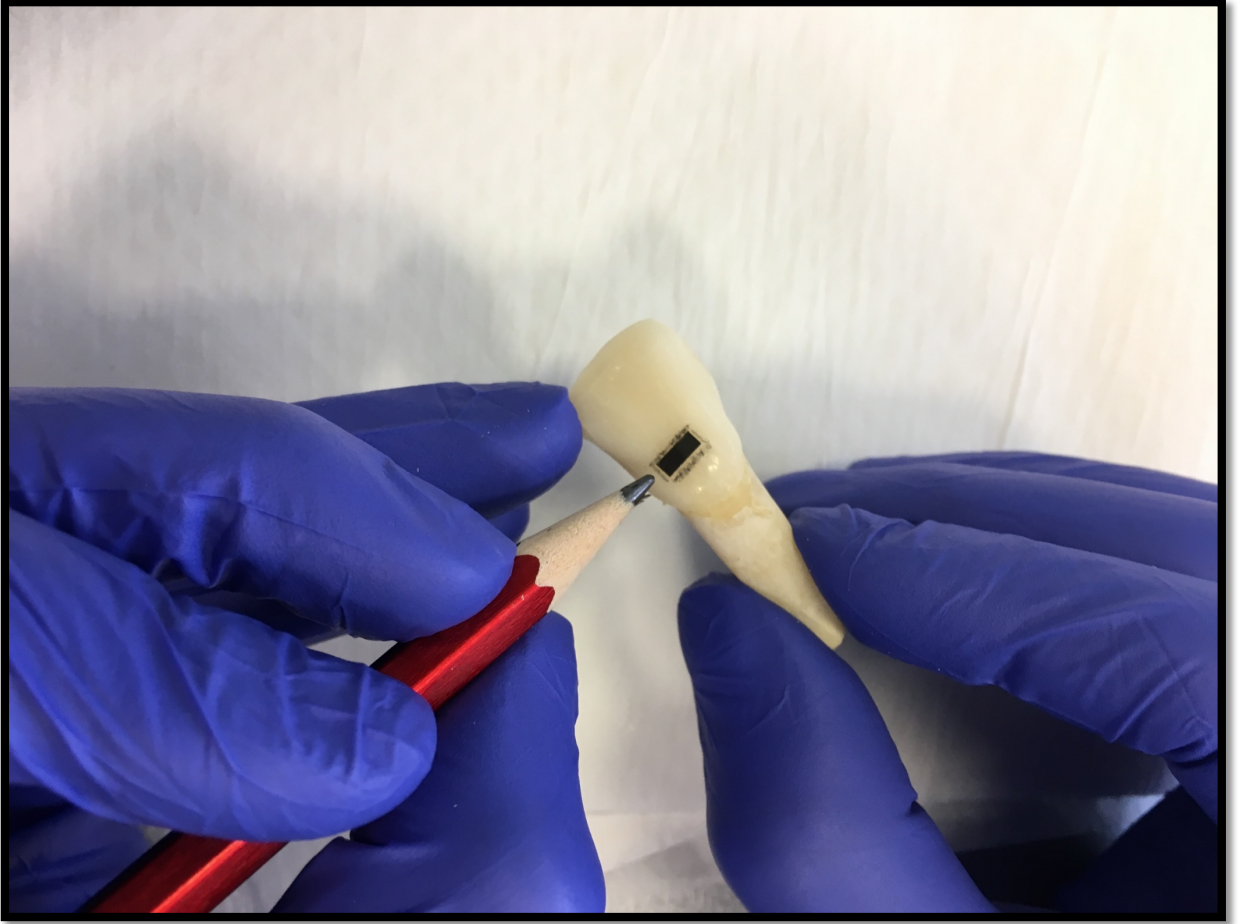


Resim 27. SEM cihazından elde edilen görüntülerin bilgisayara aktarılması

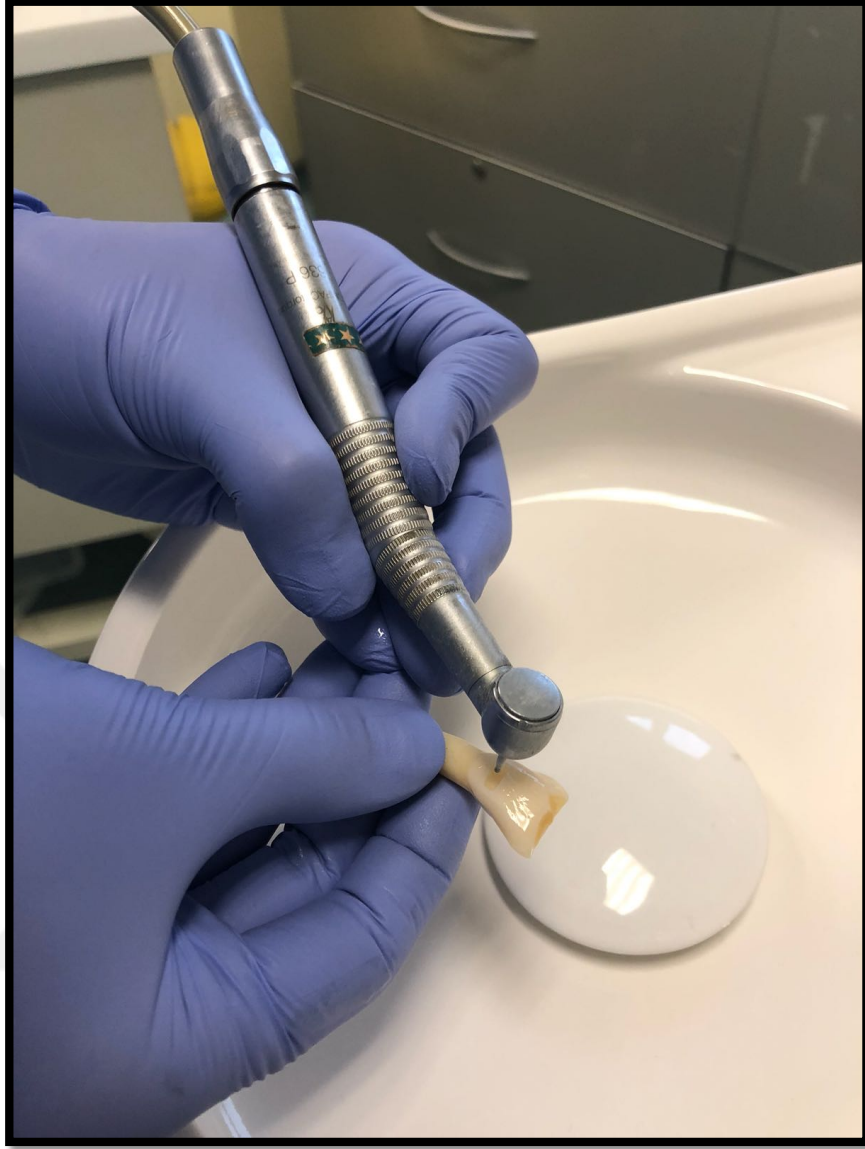
3.3. Sekonder Çürük Oluşumunun Değerlendirilmesi

3.3.1. Sekonder Çürük Oluşumunun Değerlendirilmesi İçin Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada 48 adet yeni çekilmiş sığır dişi kullanıldı. Dişler deney zamanına kadar her gün yenilenen distile su içerisinde bekletildi. Dişlerin vestibül yüzeylerine Silva Santana ve ark.'nın (2009) yaptıkları çalışmaya uygun olacak şekilde standart Sınıf V kaviteler (5mmx2mmx2mm) yuvarlak başlı elmas frez (Acurata®) ile hazırlandı (130). Kavite boyutlarını dişler üzerinde belirlemek için 5mmx2mmx2mm boyutlarında yapışkanlı kağıt ve no:2 kurşun kalem kullanıldı (**Resim 28,29**).

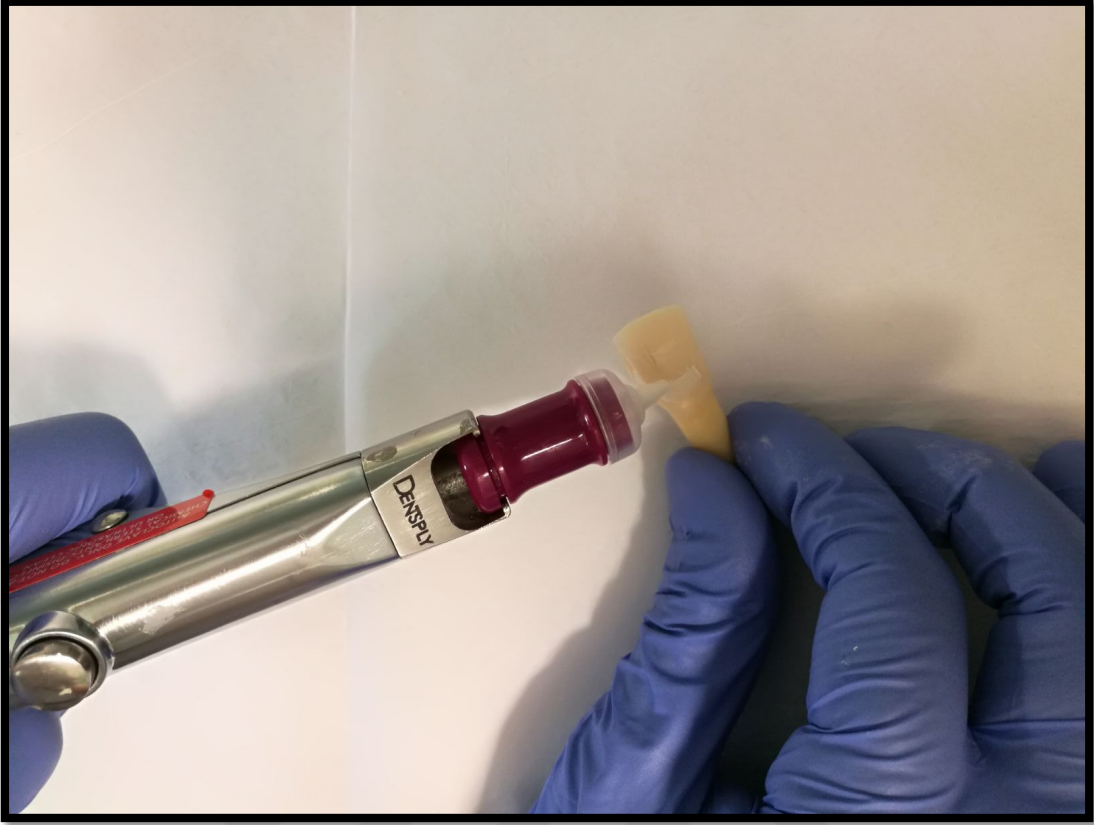


Resim 28. Yapışkanlı kağıt ve kurşun kalem ile örnekler üzerinde kavite boyutlarının işaretlenmesi



Resim 29. Örnekler üzerinde sınıf V kavite hazırlanması

3 farklı materyal grubuna ayrılan dişlerin kavitelerine Ketac™ Molar Easymix, ChemFil® Rock Equia® Forte materyalleri üretici firma talimatlarına göre uygulandı (**Resim 30**). Her bir materyal grubu kendi içinde deney ve kontrol grubu olmak üzere 2'şer alt gruba ayrıldı. Deney gruplarındaki dişlerin restorasyon yüzeylerine Equia® Forte Coat uygulandı. yüzeylere ışık cihazı (Elipar® S 10, 3M ESPE, America) ile 20 sn polimerize edildi (**Resim 31**).



Resim 30. Örneklere cam iyonomer materyallerin uygulanması



Resim 31. Örneklere yüzey örtücü uygulanması

3.3.2. Sekonder Çürük Oluşumu Deneyi

Örneklerin Termosiklusa Maruz Bırakılması

Restorasyonu tamamlanan dişler 1 dk bekleme ve 3 sn transfer süresi ve 600 tekrarlı termosiklusa maruz bırakıldı. ($55\pm 5^{\circ}\text{C}$) (130). (**Resim 32**).



Resim 32. Çalışmada kullanılan termosiklus cihazı (Salibrus Technica, Boston, America)

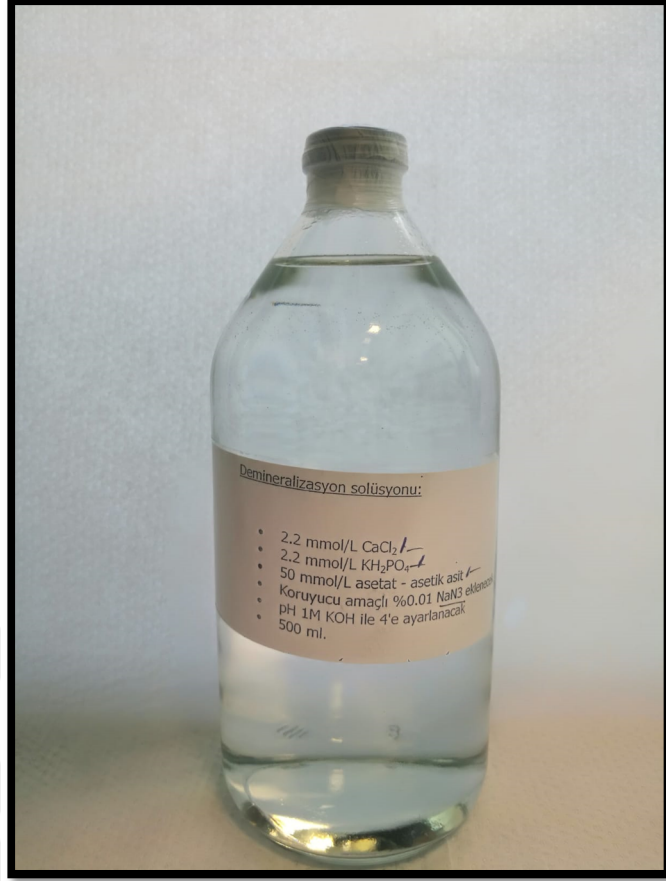
Termosiklus işleminden sonra çürük oluşum alanını kontrol etmek için, diş yüzeyleri restorasyon marjinin çevresindeki 1 mm'lik alandan itibaren iki kat tırnak cilası ile kaplandı (**Resim 33**).



Resim 33. Örneklerin tırnak cilası ile kaplanması

Demineralizasyon Solüsyonunun Hazırlanması

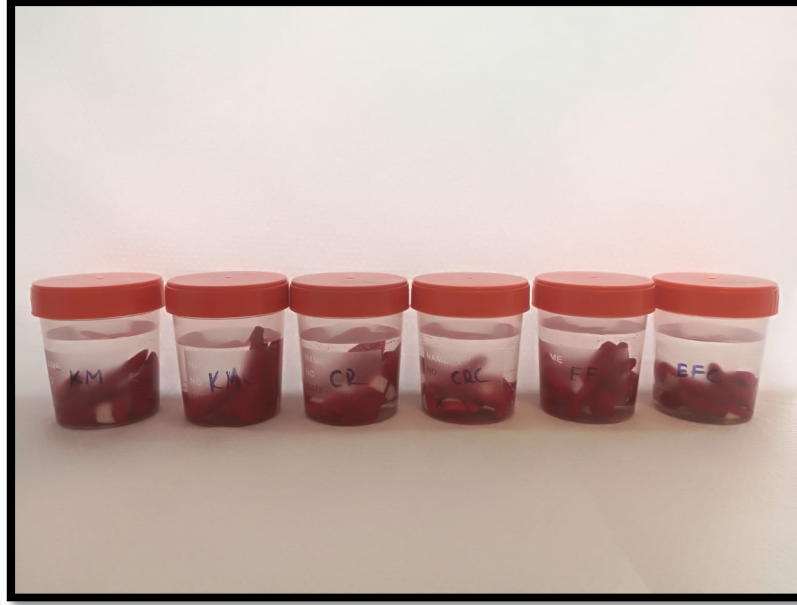
Çalışmada kullanılan demineralizasyon solüsyonunun içeriği ten Cate ve ark.'nın (2003) çalışmalarında kullandıkları demineralizasyon solüsyonu (131) ile aynı olacak şekilde Yeditepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nde hazırlandı (**Resim 34**). Demineralizasyon solüsyonu için; 2,2 mM CaCl_2 , 2,2 mM NaH_2PO_4 , 50mM asetik asit içeren çözelti hazırlandı. Çözeltiyi koruma amaçlı %0,01 NaN_3 eklenmiş, çözeltinin pH'ı 1M KOH ile 4' e ayarlandı.



Resim 34. Çalışmada kullanılan deminerlizasyon solüsyonu

Örneklerin Deminerlizasyon Solüsyonunda Bekletilmesi

Termosiklus işlemleri bittikten sonra dişler insan ve sığır dişleri arasındaki mineralizasyon farkları da göz önünde bulundurularak 32 saat boyunca deminerlizasyon solüsyonunda (131) bekletildi (**Resim 35**).



Resim 35. Örneklerin demineralizasyon solüsyonunda bekletilmesi

Örneklerin Analiz İçin Hazırlanması

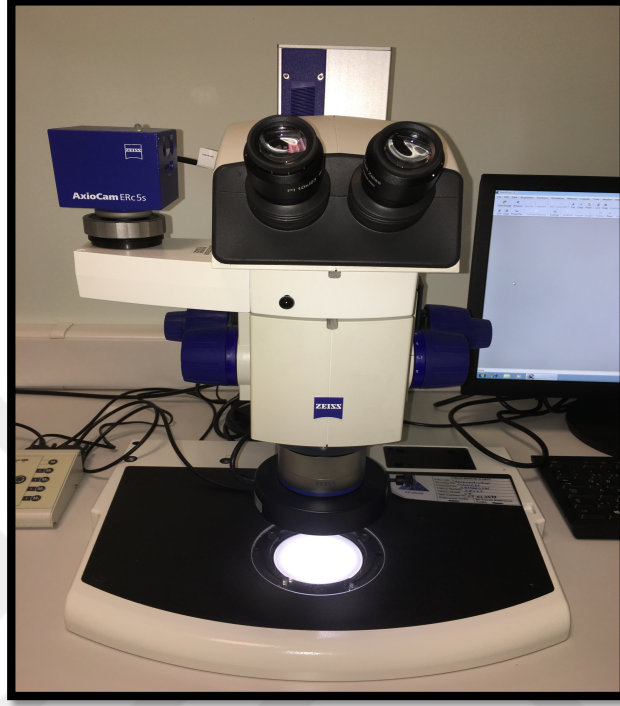
Sekonder çürük oluşumunun değerlendirilmesi için dişlerden mikro motor (Strong 207, Saeshin, Korea) ve elmas testere (IsoMet™, Buehler, U.S.A.) ile oklüzo-servikal yönde kesit alınarak 2'şer adet dikey yönde paralel kesit elde edildi (**Resim 36**). Daha sonra dişler distile su ile yıkandı ve analiz işlemine kadar distile su içerisinde bekletildi.



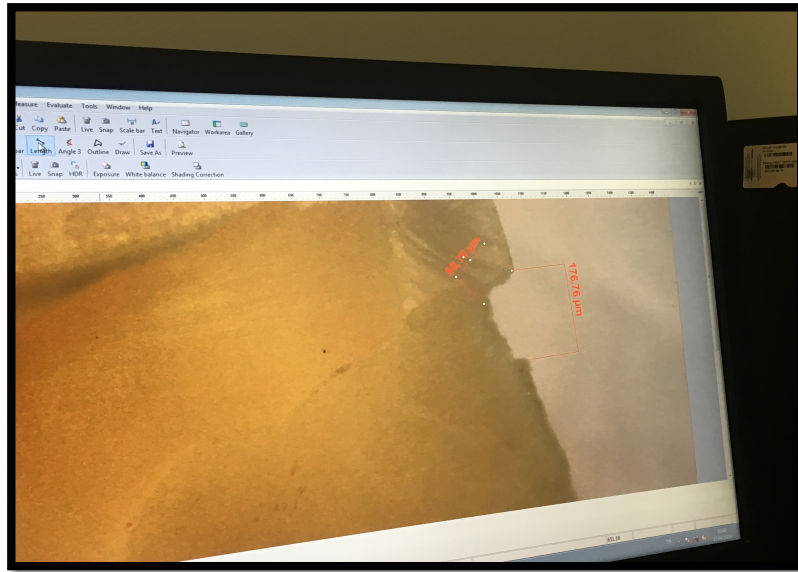
Resim 36. Örneklerden paralel kesit elde edilmesi

Örneklerin Stereomikroskop İle Görüntülenmesi

Örnekler stereomikroskop (Discovery V.8, Zeiss, Jena, Germany) altında 80 kat büyültme ile görüntüledi. Görüntüler mikroskop kamera sistemiyle (AxioCam ERc 5s, Zeiss, Jena, Germany) bilgisayar ortamına aktarılarak analiz edildi (**Resim 37, 38**).

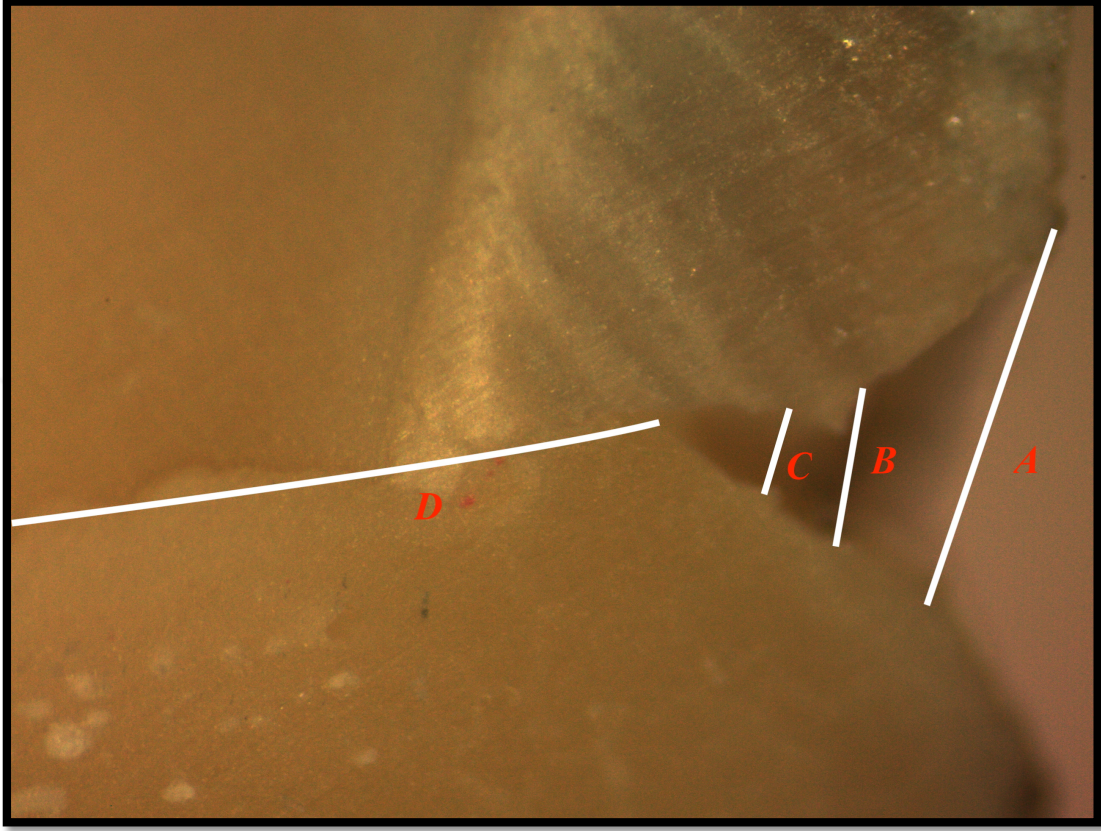


Resim 37. Çalışmada kullanılan Stereomikroskop (Discovery V.8, Zeiss, Jena, Germany) ve kamera sistemi (AxioCam ERc 5s, Zeiss, Jena, Germany)



Resim 38. Stereomikroskop ile elde edilen görüntülerin bilgisayar ortamında analiz edilmesi

Örnekler 4 farklı analiz grubunda incelendi. Bu gruplar sırasıyla A:Kavitenin dış lezyon genişliği, B: Kavitenin orta bölge lezyon genişliği, C: Kavitenin iç bölge lezyon genişliği, D: Çatlak uzunluğu olarak belirlendi Örneklerin analiz gruplarına ilişkin sınıflama **Resim 39**'de gösterilmektedir.



Resim 39. Örneklerin analizinde değerlendirilen lezyon bölgelerinin sınıflandırılması

3.4. İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmada istatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) paket programı ile yapıldı.

Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma, medyan İnterkuartil range) yanı sıra çoklu gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında Dunn's çoklu karşılaştırma testi, ikili grupların karşılaştırmasında Mann-Whitney-U testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanıldı. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

4.1. Materyallerin Yüzeyinde Biyofilm Oluşumu Değerleri

Tüm materyal gruplarındaki biyofilm oluşumunun ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 3**'te, gruplar arası farkların istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu yüzey örtücü (+) alt grubunda yapılan ikili karşılaştırma sonuçları ise **Tablo 4**'te görülmektedir. Tüm grupların biyofilm oluşum değerlerine ilişkin dağılım **Grafik 1**'de gösterilmektedir.

KetacTM Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,701$). ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,277$). Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,085$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,117$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan gruplarının biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi ($p=0,027$). Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubunun biyofilm oluşumu değerleri ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubunun biyofilm oluşumu değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu ($p=0,017$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$).

Median değerlerine göre tüm gruplar arasında en yüksek biyofilm oluşum değeri ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubunda gözlenirken, en düşük biyofilm oluşum değeri Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda gözlendi.

Tablo 3. Materyallerin alt gruplarının biyofilm oluşum değerlerinin karşılaştırılması

(Ort: Ortalama, SS: standart Sapma, IQR: Interquartile Range)

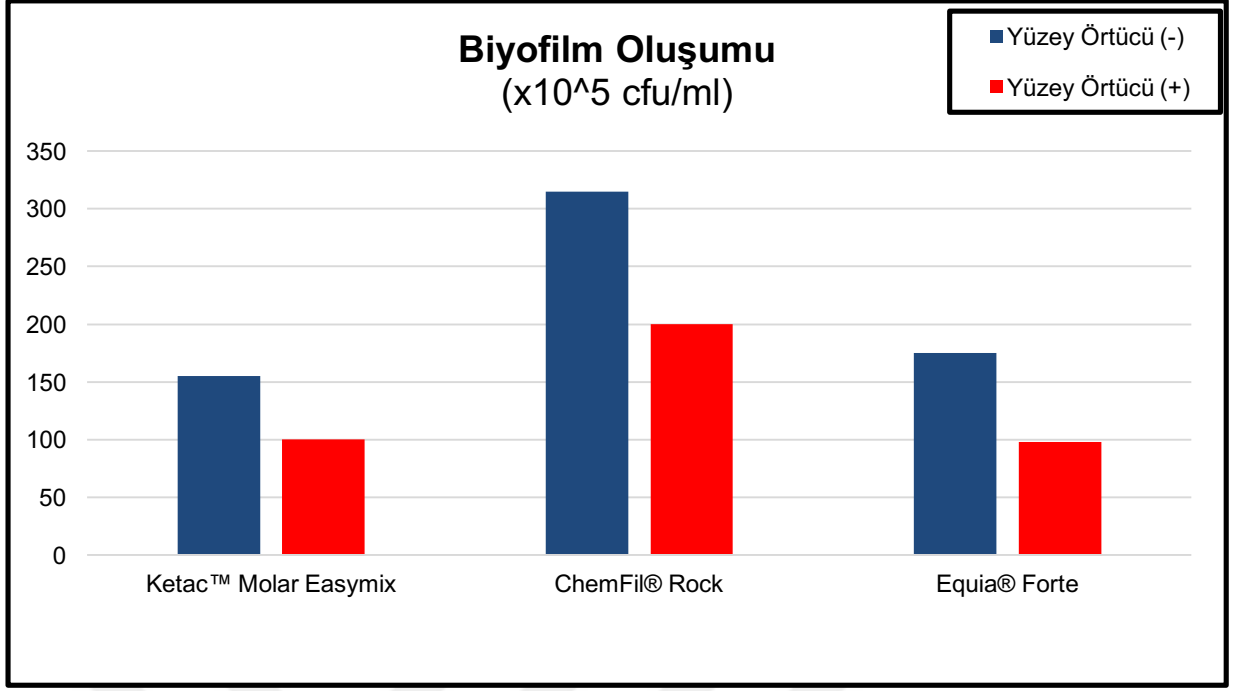
n:8	Biyofilm Oluşumu ($\times 10^{5}$ cfu/ml)			†p
		Yüzey Örtücü (-)	Yüzey Örtücü (+)	
Ketac™ Molar Easymix	Ort±SS	154±47,68	107±60,27	0,701
	Median (IQR)	155 (110-200)	100 (60-145)	
ChemFil® Rock	Ort±SS	332±200,46	207,29±80,66	0,277
	Median (IQR)	315 (134-547)	200 (140-290)	
Equia® Forte	Ort±SS	195,57±87,96	115,14±71,49	0,085
	Median (IQR)	175 (150-253)	98 (79-135)	
	‡p	0,117	*0,027	

†Mann Whitney U testi ; ‡Kruskal Wallis Testi; *p<0,05

Tablo 4. Materyallerin ikili gruplarının biyofilm oluşum değerlerinin karşılaştırılması

	Yüzey Örtücü
Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi	(+)
Ketac™ Molar Easymix / ChemFil® Rock	0,064
Ketac™ Molar Easymix / Equia® Forte	0,180
ChemFil® Rock / Equia® Forte	*0,017

*p<0,05



Grafik 1. Materyallerin biyofilm oluşumuna ilişkin yoğunluk değerlerinin dağılımı

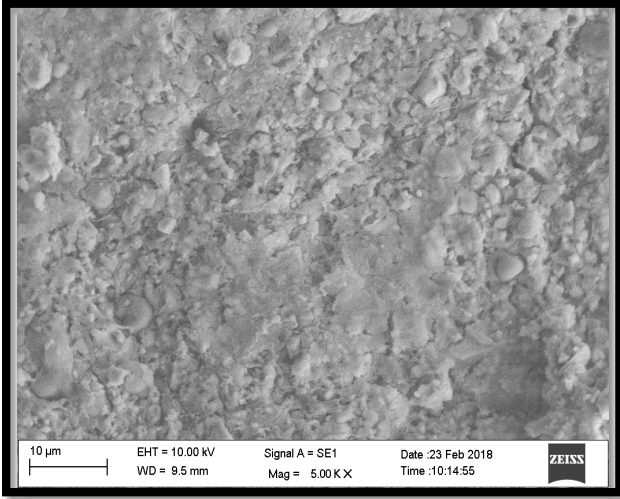
4.1.1. Biyofilm Oluşumu Deneyindeki Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu (Scannig Electron Microscope-SEM) Görüntüleri

KetacTM Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi. Bununla birlikte KetacTM Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan grupların Taramalı Elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri değerlendirildiğinde yüzey örtücü uygulanmayan grubun 5000x büyültmeli SEM görüntüsünde (**Resim 40**) disk yüzeyinde biyofilm oluşumu matriks içinde daha yoğun bir şekilde organize olan *S.mutans* kolonileri şeklinde gözlemlendi. Yüzey örtücü uygulanan grubun 5000x büyültmeli SEM görüntüsünde (**Resim 41**) ise disk yüzeyinde daha az yoğun ve aralıklı kolonize olmuş *S.mutans* kolonilerinin oluşturduğu bir biyofilm gözlemlendi.

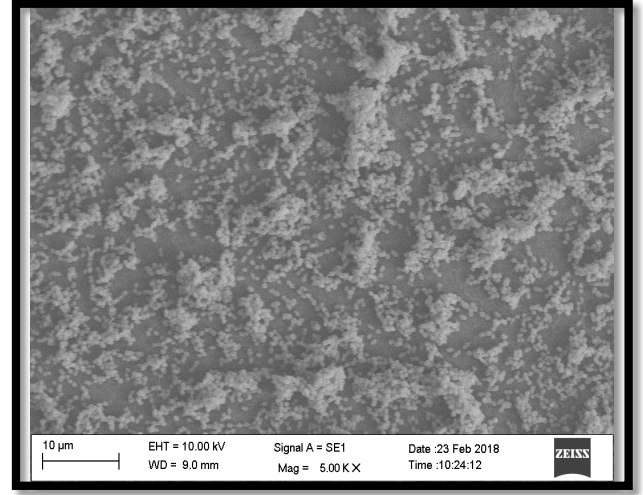
ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarının biyofilm oluşum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemesine karşın, SEM görüntüleri değerlendirildiğinde tüm gruplar arasında en yüksek biyofilm oluşumu değerine sahip ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubun 5000x büyültmeli SEM görüntüsünde (**Resim 42**) yüzey örtücü uygulanan gruba göre daha yoğun ve organize bir biyofilm matriksi gözlemlendi. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubunun 5000x büyültmeli SEM görüntüsü (**Resim 43**) değerlendirildiğinde ise MS bakteri kolonizasyonunun daha seyrek olduğu gözlemlendi.

Equia®Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan gruplarında biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede bir fark gözlenmedi. Bununla birlikte grupların SEM görüntüleri arasında fark gözlemlendi.

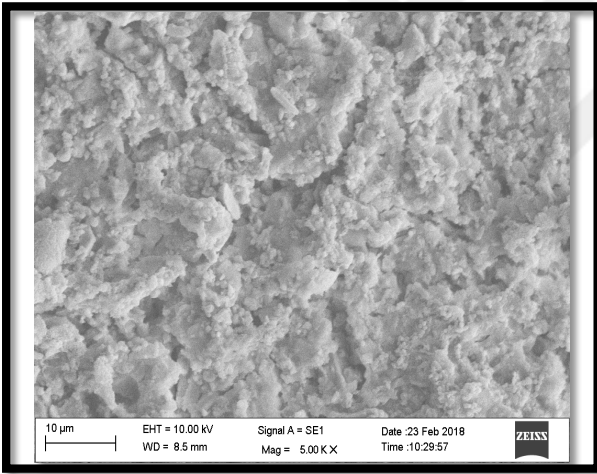
Equia®Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubunun 5000x büyültme SEM görüntüsünde disk yüzeyindeki MS kolonileri yüzey örtücü uygulanan gruba göre daha yoğun ve organize bir biyofilm görüntüsü oluştururken (**Resim 44**), yüzey örtücü uygulanan grupta biyofilmi oluşturan MS kolonileri daha seyrek ve daha az yoğun şekilde gözlemlendi (**Resim 45**).



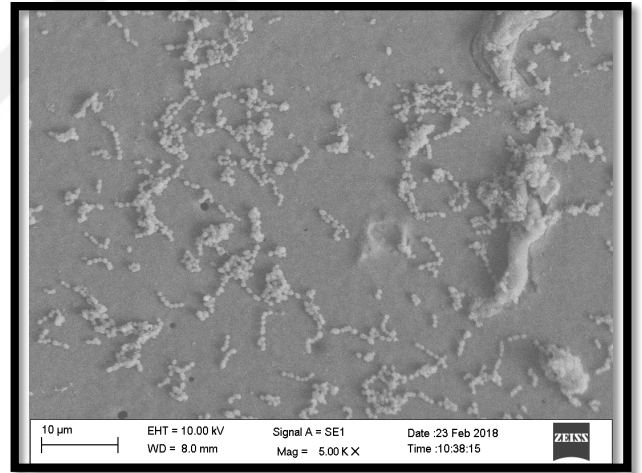
Resim 40. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü



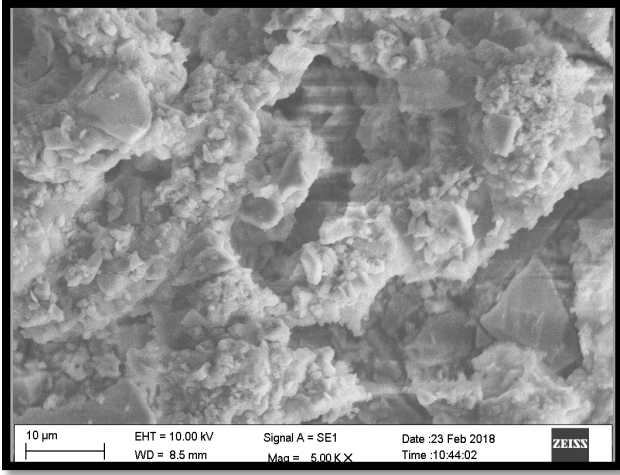
Resim 39. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü



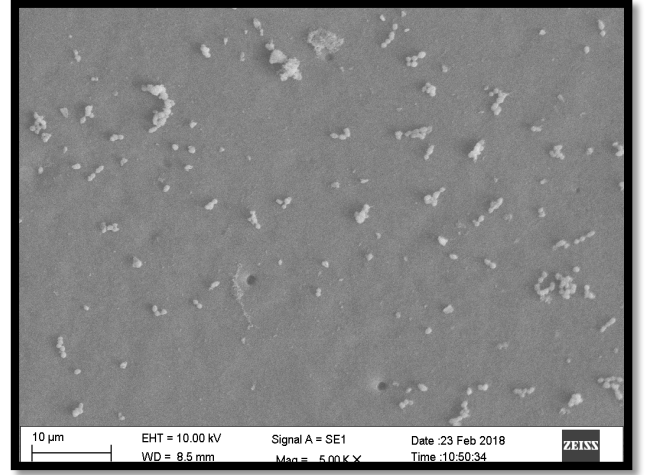
Resim 42. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü



Resim 40. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü



Resim 41. Equia® Forte maeryalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntüsü



Resim 42. Equia® Forte maeryalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundaki diskin 5000x büyültme altındaki SEM görüntü

4.2. Materyallerin Sekonder Çürük Oluşum Değerleri

Tüm materyal gruplarındaki sekonder çürük oluşumuna ilişkin A grubu lezyon ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 5**'te görülmektedir. Bu değerlere ilişkin dağılım **Grafik 2**'de gösterilmektedir.

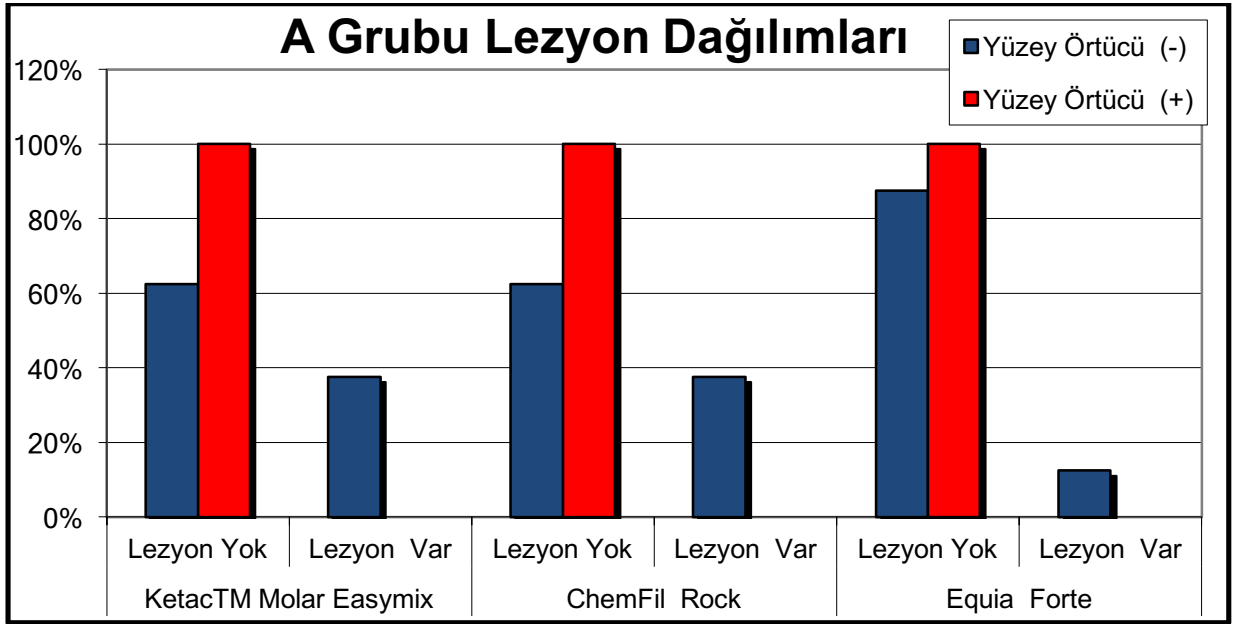
KetacTM Molar Easymix, ChemFil® Rock ve Equia® Forte materyallerinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin A grubu lezyon oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarının A grubu lezyon oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,446$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarında A grubu lezyon gözlenmedi.

Tüm gruplar arasında en yüksek A grubu lezyon oranları KetacTM Molar Easymix ve ChemFil® Rock materyallerinin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarında gözlendi.

Tablo 5. Materyal gruplarının A grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması

A Grubu (n:8)	Yüzey Örtücü (-)		Yüzey Örtücü (+)		p+
	Lezyon Yok	Lezyon Var	Lezyon Yok	Lezyon Var	
Ketac TM Molar Easymix	5	3	8	0	0,055
	62,50%	37,50%	100,00%	0,00%	
ChemFil® Rock	5	3	8	0	0,055
	62,50%	37,50%	100,00%	0,00%	
Equia® Forte	7	1	8	0	0,302
	87,50%	12,50%	100,00%	0,00%	
	p+		0,446	-	

+Ki Kare Testi



Grafik 2. Materyallerin sekonder çürük oluşumunda A grubu lezyon değerlerinin dağılımı

Tüm materyal gruplarındaki sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 6'**da görülmektedir. Bu değerlere ilişkin dağılım **Grafik 3'**de gösterilmektedir.

KetacTM Molar Easymix ve ChemFil® Rock materyallerinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon değerlerinin oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubunda sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon değerleri anlamlı derecede yüksek bulundu ($p=0,021$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon değerlerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,607$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarının sekonder çürük

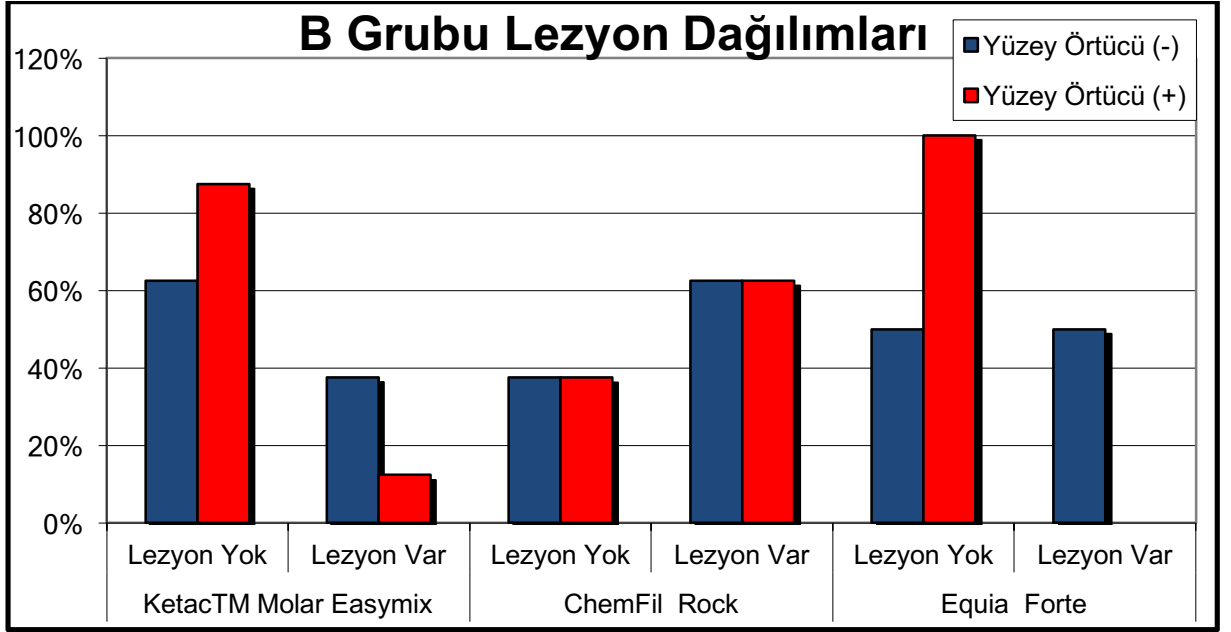
oluşumuna ilişkin B grubu lezyon değerlerinin oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlendi. ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon değerleri Ketac™ Molar Easymix ve Equia® Forte materyallerinin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarından yüksek bulundu (p=0,009).

Tüm gruplar arasında en yüksek B grubu lezyon değerleri ChemFil® Rock materyalinin her iki alt grubunda da gözlenirken, en düşük değerler Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda gözlemlendi.

Tablo 6. Materyal gruplarının B grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması

B Grubu (n:8)	Yüzey Örtücü (-)		Yüzey Örtücü (+)		p+
	Lezyon Yok	Lezyon Var	Lezyon Yok	Lezyon Var	
Ketac™ Molar Easymix	Lezyon Yok	5 62,50%	7 87,50%		0,248
	Lezyon Var	3 37,50%	1 12,50%		
ChemFil• Rock	Lezyon Yok	3 37,50%	3 37,50%		1
	Lezyon Var	5 62,50%	5 62,50%		
Equia• Forte	Lezyon Yok	4 50,00%	8 100,00%		*0,021
	Lezyon Var	4 50,00%	0 0,00%		
	p+	0,607	*0,009		

+Ki Kare Testi; *p<0,05



Grafik 3. Materyallerin sekonder çürük oluşumunda B grubu lezyon değerlerinin dağılımı

Tüm materyal gruplarındaki sekonder çürük oluşumuna ait C grubu lezyon değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 7**'de görülmektedir. Bu değerlere ilişkin dağılım **Grafik 4**'de gösterilmektedir.

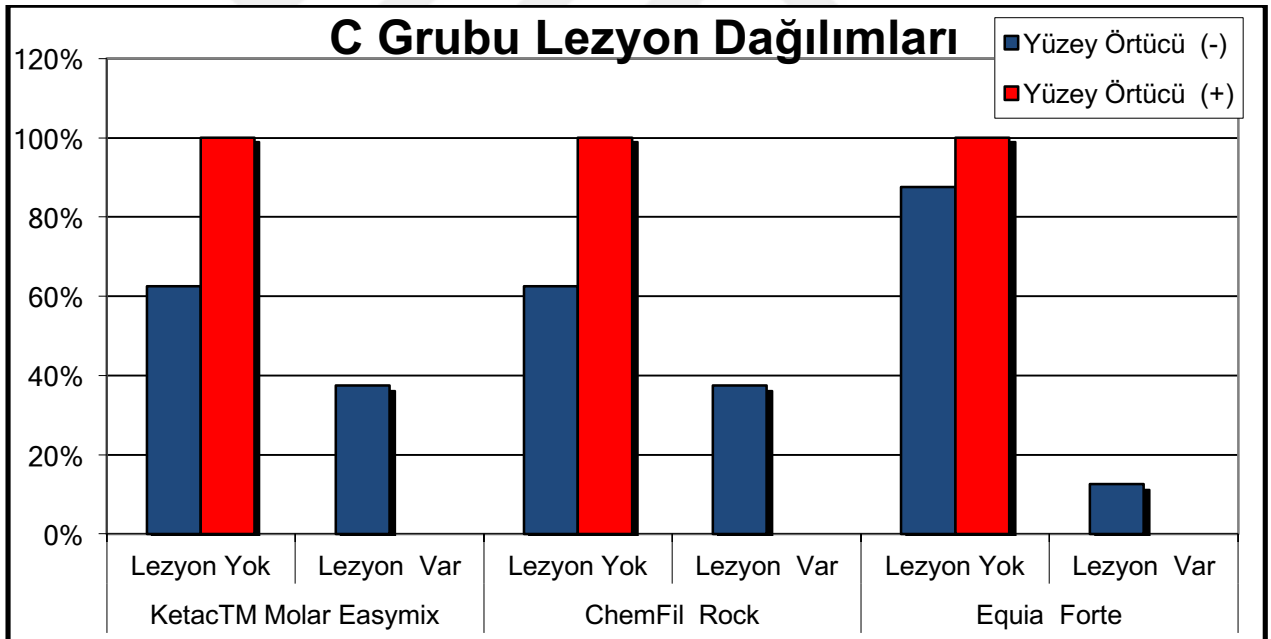
KetacTM Molar Easymix, ChemFil® Rock ve Equia® Forte materyallerinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin A grubu lezyon oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarının C grubu lezyon değerlerinin dağılımları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,446$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarında C grubu lezyon varlığı gözlenmedi.

Tüm gruplar arasında en yüksek C grubu lezyon değerleri KetacTM Molar Easymix ve ChemFil® Rock materyallerinin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarında gözlemlendi.

Tablo 7. Materyal gruplarının C grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması

C Grubu (n:8)	Yüzey Örtücü (-)		Yüzey Örtücü (+)		p+
	Lezyon Yok	Lezyon Var	Lezyon Yok	Lezyon Var	
Ketac™ Molar Easymix	5	62,50%	8	100,00%	0,055
	3	37,50%	0	0,00%	
ChemFil• Rock	5	62,50%	8	100,00%	0,055
	3	37,50%	0	0,00%	
Equia• Forte	7	87,50%	8	100,00%	0,302
	1	12,50%	0	0,00%	
p+	0,446		-		

+Ki Kare Testi



Grafik 4. Materyallerin sekonder çürük oluşumunda C grubu değerlerinin dağılımı

Tüm materyal gruplarındaki sekonder çürük oluşumuna ait D grubu lezyon (çatlak uzunluğu) ortalama ve standart sapma değerleri **Tablo 8'**de görülmektedir. Bu değerlere ilişkin dağılım **Grafik 5'**te gösterilmektedir.

Ketac™ Molar Easymix, ChemFil® Rock ve Equia® Forte materyallerinin yüzey örtücü uygulanan ve uygulanmayan alt gruplarının sekonder çürük oluşumuna ilişkin D grubu lezyon oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p>0,05$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanmayan alt gruplarının D grubu lezyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,287$). Tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarının D grubu lezyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmedi ($p=0,220$).

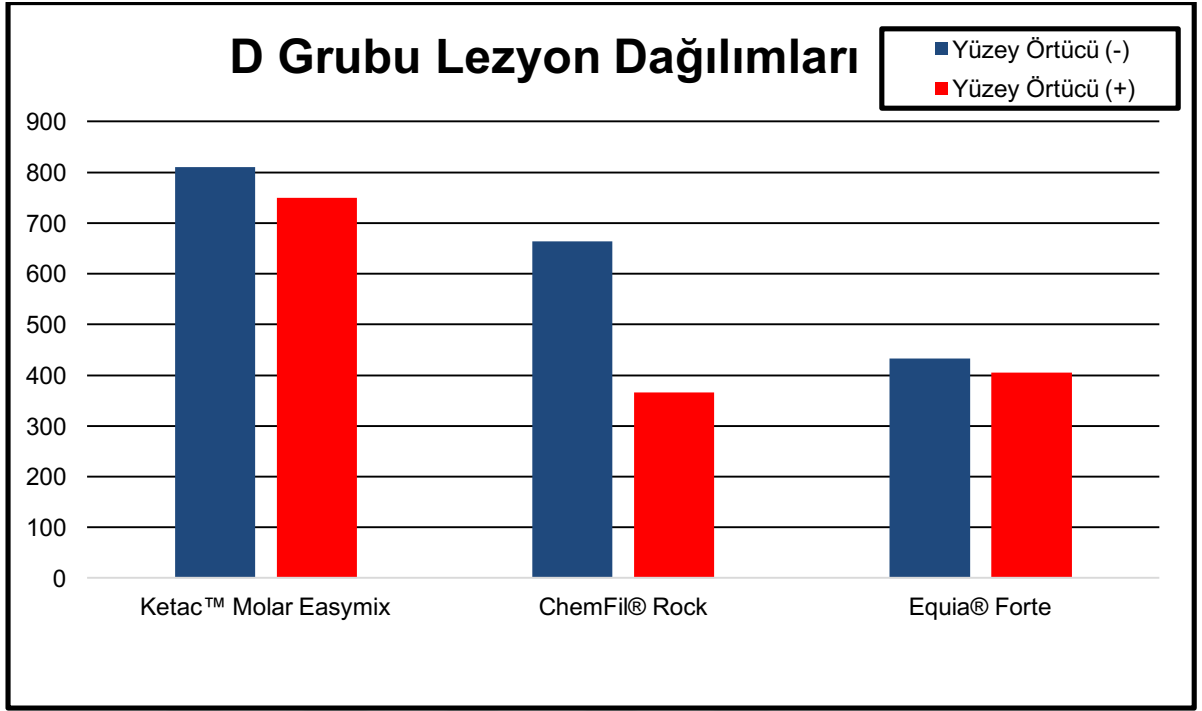
Tüm gruplar arasında en yüksek D grubu lezyon değerleri Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan alt grubunda gözlenirken, en düşük değerler Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda gözlemlendi.

Tablo 8. Materyal D grubu lezyon değerlerinin karşılaştırılması

(Ort: Ortalama, SS: standart Sapma, IQR: Interquartile Range)

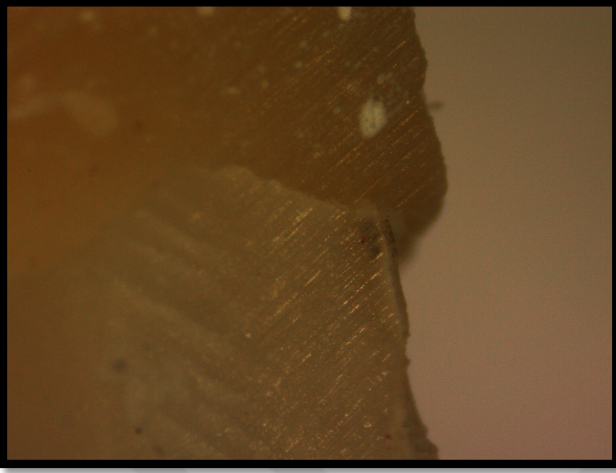
D Grubu (n:8)		Yüzey Örtücü (-)	Yüzey Örtücü (+)	†P
Ketac™ Molar	Ort±SS	783,63±258,55	765,48±254,95	0,834
	Median (IQR)	809,745 (526,29-1012,19)	749,755 (535,21-1018,36)	
Easymix	Ort±SS	685,92±339,15	487,66±380,38	0,248
	Median (IQR)	664,16 (358,41-1059,21)	365,885 (247,12-749,66)	
ChemFil® Rock	Ort±SS	553,67±433,64	447,98±393,95	0,584
	Median (IQR)	433,14 (281,17-761,07)	404,53 (126,49-791,2)	
p‡		0,287	0,220	

†Mann Whitney U testi; ‡Kruskal Wallis Test

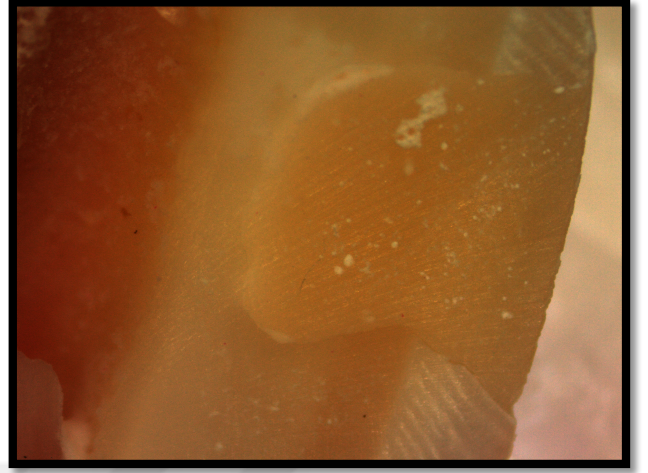


Grafik 5. Materyallerin D grubu lezyon (çatlak uzunluğu) değerlerinin dağılımı

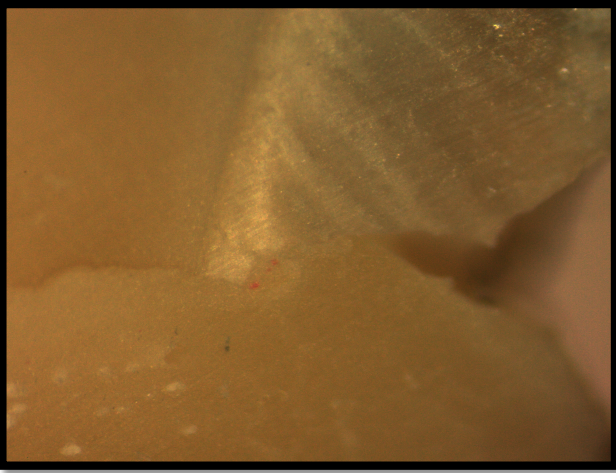
4.2.1 Örneklerin Stereomikroskop Görüntüleri



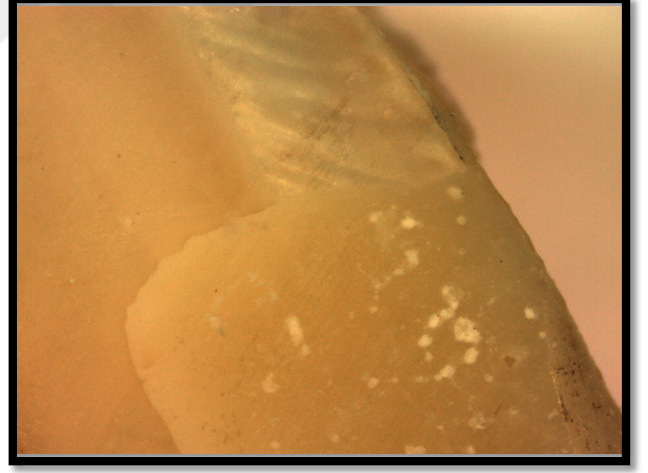
Resim 46. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü



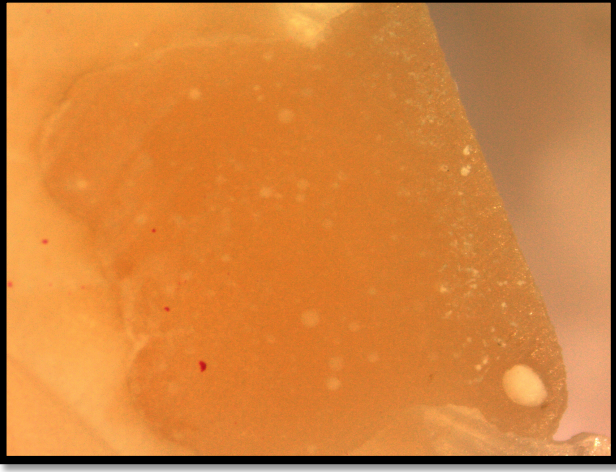
Resim 47. Ketac™ Molar Easymix materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü



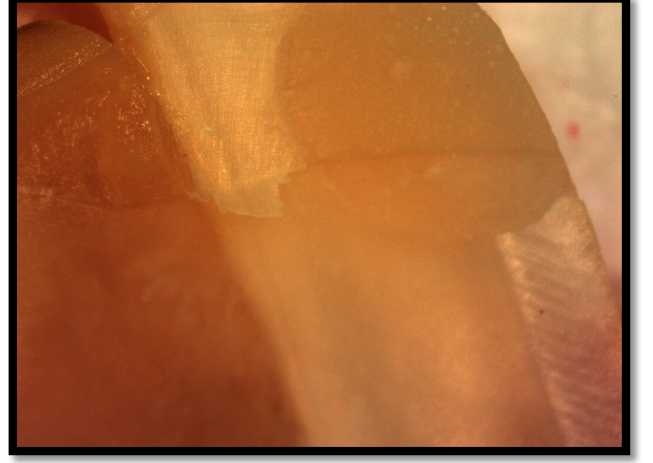
Resim 48. Chemfil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü



Resim 49. Chemfil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü



Resim 50. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanmayan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü



Resim 51. Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan grubundaki örneğe ait stereomikroskop görüntüsü

5. TARTIŞMA

Bakteriyel biyofilmler, bakterilerin esas olarak ekstraselüler polisakkaritlerden (EPS) oluşan bir matrise gömüldüğü karmaşık üç boyutlu yapılar olarak tanımlanmaktadır (132). Diş biyofilmindeki bakterilerin hem laktik asit hem de EPS ürettiği ve biyofilm dengesi bozulduğunda, laktik asit birikiminin diş çürüklerinin gelişiminde anahtar rol oynadığı bilinmektedir. EPS gibi matriks bileşenlerinin, biyofilm içinde çeşitli mikro çevreler oluşturulmasına yardımcı olan maddelerin biyofilm içine ve dışına difüzyonunu etkileyebildiği bildirilmiştir (133).

Ağız ortamında, yerleşik veya olgun biyofilmin, ağız sağlığıyla uyumlu seviyelerin üzerinde, interproksimal yüzeyler, diş eti, çukurlar ve çatlaklar gibi durgun bölgelerde birikebildiği bilinmektedir. Buna ek olarak, diş-restorasyon arayüzü etrafındaki marjinal boşluklarda oluşan mikroçevrelerin de postoperatif duyarlılığa, sekonder çürüklere, pulpa iltihabına ve nekrozuna sebep olduğu bildirilmiştir (134). Bu nedenle biyofilmin; tükürük, dil ve diş fırçasından gelen dinamik kesme kuvvetlerine karşı korunduğu intraoral bölgelerde etkili olabilecek bir restoratif materyalin seçilmesinin önemli olduğu belirtilmiştir (135).

CİS'lerin antibakteriyel özelliklerini değerlendiren geçmiş çalışmalarda materyallerin bakterisit etkilerinin genellikle düşük pH'larına ve / veya florid salımlarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Floridin dişler üzerindeki karyostatik etkisinin çeşitli mekanizmalarla sağlandığı bilinmektedir (136-138). Floridin, bakteri asitleri ve çürük için birincil etiyojik faktör olarak bilinen ve bu nedenle restoratif materyallerin antimikrobiyal aktivitesini test etmek için rutin bir kullanıma sahip olan MS'lar tarafından üretilen bakteri asitleri ve glukanların üretimini inhibe ettiği bildirilmiştir (139, 140).

CİS restorasyonlarının yapım aşamasında, materyalin toz ve sıvı kısmı karıştırıldıktan sonraki 2-10 dakika içerisinde sert, yarı saydam bir siman elde edildiği bilinmektedir. Suyun, bu katyonların oluşturulduğu ve poliasitlerle reaksiyona girmesi için poliakrilat matrikse taşındığı reaksiyonun bir parçası olduğu bildirilmiştir. Bu aşamada, pozitif yüklü olan kalsiyumun, kalsiyum poliakrilatın iyonik bağlantılarını oluşturmak, su polimer zincirlerinin hareketliliğini azaltmak ve matris jelini oluşturmak için serbestleştirmeyi hızlandırarak ve su zincirleriyle reaksiyona girerek negatif yüklendiği belirtilmiştir. Bu işlem belirli bir polimerizasyona ulaştığında simanın

sertleştiği ve bu reaksiyonun, tüm iyonlar çözünmez formda olana kadar devam ettiği bildirilmiştir. Bu aşamanın, manipülasyona başladıktan sonraki 2-10 dakika içerisinde gerçekleştiği bilinmektedir. Araştırmacılar bu reaksiyonlar sırasında geri dönüşü olmayan zararlara yol açmamak için materyaldeki likit kaybı veya artışının önlenmesi konusunda diş hekimlerinin dikkatli olması gerektiğini belirtmişlerdir (19).

Polikarboksilat simanın oluştuğu ilk aşamada, CİS'lerin su emilimine çok duyarlı olduğu bilinmektedir. CİS'lerin karıştırmadan sonraki ilk bir saat içerisinde hidrofilik olduğu ve havayla temas ettiğinde dehidrate olduğu belirtilmiştir (141).

Birçok araştırmacı yüzey örtücü materyallerin sertleşme reaksiyonu sırasında su kaybı ve artışının önlenmesinde oldukça etkili olduğunu belirtmişlerdir (82-84, 142-146). Materyalin su veya tükürük ile dehidratasyonu veya kirlenmesi nedeniyle, simanı oluşturan kalsiyum ve alüminyum iyonları ve silikatın ıslanarak, translüsens kaybına, fiziksel direncin azalmasına ve parçalanmaya yatkınlığa neden olduğu bildirilmiştir. Nem duyarlılığı problemini aşmak için, su geçirmez vernik, petroleum jeli (vazelin), kakao yağı veya kimyasal/ışıkla sertleşen rezinler gibi farklı yüzey örtücülerin başlangıç reaksiyonun hemen ardından materyal yüzeyine uygulanması tavsiye edilmiştir (142).

Bu tür yüzey koruyucularının kullanılmasının bir başka avantajı olarak, küçük yüzey boşluklarını ve kusurları doldurmaları ve renkleşmeyi azaltarak restorasyonların orijinal renginin korunmasına yardımcı olabilmeleri gösterilmiştir (147).

Bununla birlikte, bu yüzey örtücülerin CİS'ler üzerindeki etkisi hakkında sınırlı sayıda literatür bulunmaktadır ve bu literatürlerde esas olarak üretici firmaların önerdiği ürünler üzerinde durulduğu belirtilmiştir. CİS'lerle ilgili güncel literatürlerde, öncelikle prosedürel uygulamalara, kristal büyümesine, materyalin kendi kendine tekrarlanabilirliğine ve klorheksidin diasetat/setirid karışımları ve poli kuaterner amonyum tuzları içeren CİS'lerin özelliklerine odaklandığı fakat yüzey örtücülerin CİS'ler üzerindeki etkisinden bahsetmediği bildirilmiştir (148). Bu çalışmada farklı cam iyonmer restoratif materyaller üzerine uygulanan yüzey örtücülerin biyofilm oluşumu ve sekonder çürük oluşumu üzerine etkileri incelendi.

Son yıllarda yüksek viskoziteteli cam iyonmer simanların klinik kullanımının yaygınlaşması ve mekanik özellikleri ile klinik başarısının GCİS'lerden daha yüksek olması, çalışmamızda bu materyallerin seçimini belirleyen en önemli unsurlar

arasındadır. Ayrıca çalışmamızda asıl olarak incelenmek istenen özelliğin yüzey örtücü uygulamasının etkileri olduğu için, materyaller tek bir cam iyonomer grubundan seçildi.

Cam iyonomer restorasyonlarda yüzey örtücü uygulamalarını inceleyen çalışmalarda farklı yüzey örtücü ajanlara rastlanmıştır. Rezin esaslı yüzey örtücüler, tırnak cilası ve petroleum jelinin kullandığı farklı yüzey örtücülerin değerlendirildiği çalışmalar bulunmaktadır (20, 146, 148-150).

Brito ve ark. (2009) yaptıkları *in-vitro* çalışmada farklı yüzey örtücü materyallerin cam iyonomer restoratif materyal (Ketac™ Molar Easy Mix) sertliği üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar çalışma sonucunda materyal yüzeyini korumada en yüksek başarıyı tırnak cilasının gösterdiğini belirtmişlerdir. Tırnak cilasının daha başarılı olmasının yüzeye hızla yapışması ve yüzeye temas ettiğinde visköz form alan bir film oluşturmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Fakat tırnak cilasının yapısında tolüen içermesi ve ağız içi dokular için uygun olmaması sebebiyle klinik olarak endike olmadığı belirtilmiştir (20).

Bu çalışmada da klinik çalışmalarla karşılaştırma yapabilmek ve klinik şartlarda kullanılan standart bir materyalle çalışabilmek için yüzey örtücü olarak ışıkla restleşen bir materyal (Equia® Forte coat, GC) kullanıldı. Fakat ileri dönem çalışmalarda, farklı yüzey örtücülerin biyofilm oluşumu ve sekonder çürük oluşumu üzerine etkisinin karşılaştırmalı olarak incelenebileceği düşünülmektedir.

Modern diş hekimliği alanında yapılan kapsamlı araştırmaların, diş çürüklerinin tedavisi için çeşitli restoratif materyallerin ve farklı modalitelerin geliştirilmesine yol açtığı bilinmektedir. Bununla birlikte, restorasyonların % 70'inin sekonder çürüklerin oluşumu sebebiyle yenilenmek zorunda kaldığı bildirilmiştir (151, 152). Araştırmacılar sekonder çürük oluşumunu engellemek amacıyla CİS'ler gibi karyostatik etki gösteren restoratif materyallerin kullanımını önermektedir (153).

Restoratif materyaller üzerinde bakterileri birikiminin materyali bozmanın yanı sıra materyal yüzeyini pürüzlendirdiği, aynı zamanda restorasyon ve diş arasındaki ara yüzde bakteriyel enfeksiyona neden olduğu ve sekonder çürük oluşturduğu bildirilmiştir. (134). Lezyon ilerlemesini önlemek ya da yavaşlatmak ve sonuç olarak, restorasyon tekrarının oranını azaltmak için, daha az biyofilm çekebilene ya da antimikrobiyal bileşikler salabilene yeni dental materyallere artan bir ilgi olduğu bilinmektedir (135).

Cam iyonomer simanların (CİS) diş yapısına yapışarak mikro sızıntıyı potansiyel olarak azalttığı, çürümeyle ilişkili ağız bakterilerinin büyümesini baskıladığı ve iyon salınımı yoluyla bu bakteriler tarafından üretilen asitleri nötralize ettiği bildirilmiştir (154, 155).

Bu çalışmada, sekonder çürük oluşumu üzerindeki önleyici etkisi, rezin esaslı restoratif materyallerden daha yüksek olan cam iyonomer esaslı materyaller tercih edildi. Bununla birlikte, rezin esaslı bir materyal grubunun da çalışmaya dahil edilerek karşılaştırma yapılmasının çalışma sonuçlarını zenginleştireceği düşünülmektedir.

Diş hekimliğinde *in vitro* ve *in situ* araştırmalarda hipotezin klinik şartlara uygun sonuçlar verebilmesi için insan dişlerinden üretilen örneklerin tercih edildiği bilinmektedir. Bununla birlikte, insan dişlerinin kullanımıyla ilgili bazı dezavantajlar ve sınırlamaların mevcut olduğu belirtilmiştir (156). İnsan dişleri çoğu zaman, derin çürük lezyonları ve diğer kusurlar nedeniyle ekstrakte edildiğinden; yeterli miktarda ve yeterli kalitede örnek elde etmek çoğu zaman zor olduğu (156), toplanan insan dişlerinin kaynağını ve yaşını kontrol etmenin güç olduğu, bunun da çalışmanın sonuçlarında daha büyük değişikliklere yol açabileceği, ayrıca insan dişlerinin nispeten küçük ve kavisli yüzey alanının, muntazam kalınlıktaki düz yüzeyler gerektiren özel testler için de bir sınırlama oluşturabileceği belirtilmiştir (157). Son olarak, enfeksiyon tehlikesi (158) ve etik (159) konularındaki farkındalığın arttığı, bu nedenle dental araştırmalarda alternatif substratların önerildiği ve kullanıldığı belirtilmiştir (160).

İnsan dişine alternatif olarak primat (161), sığır (162, 163), domuz (164, 165), at (166) ve köpek balığı (167) dişlerinin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Bununla birlikte, sığır dişlerinin, dental araştırmalarda insan dişlerinin yerine en çok kullanılan alternatif olduğu ve kullanımın son 30 yılda önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir (160).

Dental çalışmalarda sığır dişlerinin kullanımının; sığır ve insan dişleri arasındaki kimyasal ve yapısal farklılıkların olması, buna bağlı olarak da çalışmalardan elde edilen sonuçların insan dişlerine göre farklılık göstermesi sebebiyle kaygı oluşturduğu belirtilmiştir (168). Sığır diş minesinde yapay çürük lezyonu oluşum hızının insan minesine göre üç kat daha hızlı olduğu belirtilmiştir (169). Buna sebep olarak da sığır diş minesinin insan diş minesine göre daha pöröz ve yumuşak olmasına bağlı olarak da insan diş minesinin sığır diş minesine daha yavaş demineralize olmasını belirten çalışmalar mevcuttur (170).

Bu çalışmada da elde etme kolaylığı ve yüzey genişliği sebebiyle sığır dişleri kullanıldı. Fakat insan dişi ve sığır dişi arasında farklılıklardan dolayı deney sonuçlarının insan dişinde ve klinik şartlarda farklılık gösterebileceği unutulmamalıdır.

5.1. Materyallerin Yüzeyinde Biyofilm Oluşum Değerleri

Tiwari ve ark. (2013) çalışmalarında yüzey örtücü uygulamasının florid salınımını %60 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Yüzey örtücü uygulanmayan materyallerden daha fazla florid salınımına sebep olarak da korunmasız kalan cam iyonomer materyalinin daha kolay ve yüksek oranda çözünmesi gösterilmiştir. Araştırmacılar yüzey örtücü uygulanan materyallerde florid salınımının daha az olmasına rağmen uzun dönem devam ettiğini bildirmişlerdir (171).

Kamatham ve ark. (2013) yaptıkları *in-vitro* çalışmada cam iyonomer materyaller üzerine yüzey örtücü uygulamanın materyalin mekanik özelliklerini güçlendirirken, florid salınımını önemli ölçüde azalttığını bu nedenle restorasyonun uygulanacağı ağızlarda öncelikli beklentinin florid salınımı olduğu durumlarda yüzey örtücü olarak petroleum jelinin uygulanmasının ya da hiç yüzey örtücü uygulanmamasının tercih edilebileceğini bildirmişlerdir (148).

Klinke ve ark. (2016) yaptıkları klinik çalışmada yüzey örtücü uygulanan cam iyonomer restorasyonların 48 aylık klinik performansını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar yüzey örtücü uygulamasının cam iyonomer simanların aşınma direncinin kompozit rezinlere yakın seviyede arttırdığını belirtmişlerdir (150).

Bu çalışmada ise cam iyonomer materyallere yüzey örtücü uygulamasının materyallerin yüzey özellikleri ve florid salınımlarına ilişkin bir değerlendirme yapılmamıştır. Yüzey örtücü uygulamasının biyofilm oluşumu ve sekonder çürük oluşumuna etkisi değerlendirilmiştir.

Fucio ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada cam iyonomer simanları MS biyofilmi üzerindeki antibakteriyel etkilerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar çalışma sonucunda materyallerin yüzeyindeki biyofilm oluşum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir (135). Cam iyonomer materyallerde biyofilm oluşumunu inceleyen çalışmalarda materyallerin yüzey pürüzlülüğünün biyofilm oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir (135, 172).

Bu çalışmada materyalin ilk sertleşmesinden sonra yapılan düzeltmeler haricinde yüzey örtücü materyali yüzeyden uzaklaştırmamak için ikinci bir bitim veya cila işlemi yapılmadı. Bu durumun yüzey pürüzlülüğünü dolayısıyla biyofilm oluşum miktarını etkilediği düşünülmektedir.

Restoratif materyallerin yüzeyindeki biyofilm oluşumunu değerlendirebilmek için materyal örneklerinin steril edilmesi gerektiği bilinmektedir. Örneklerin etanol serisi ile (173, 174), otoklavda 121°C'de (175, 176) ve hidrojen peroksit gaz plazma sterilizasyon yöntemiyle (172) steril edildiği çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada örneklerin sterilizasyonunda hidrojen peroksit gaz plazma sterilizasyon yöntemi tercih edildi.

Ağız içi dokularda bakterilerin adezyonunun ve biyofilm oluşumunun bakterilerin yüzey molekülleri ve diş yüzündeki pelikül arasında ilişkiye bağlı olduğu ve pelikül yapısında bulunan proteinlerin bakterilerin yapışmasında reseptör görevi gördüğü bildirilmiştir (177, 178). Bazı çalışmalarda tükürük proteinleri kullanılmazken (175), bazı *in vitro* çalışmalarda ise insan tükürüğü (172, 173, 179) veya yapay tükürük (176, 180) kullanılmıştır.

Shahal ve ark. (1998) yaptıkları *in-vitro* çalışmada yüzeylerin tükürükle kaplandığı örneklerin bakteri adezyon değerleri arasında bir fark olmadığını bunun nedeninin de tükürüğün materyalin yüzey özelliklerini baskılaması olabileceğini belirtmişlerdir (181).

Pereira ve ark. (2011) ise farklı restoratif materyallerin *S.mutans* biyofilm oluşumunu inceledikleri *in vitro* çalışmada tükürük ile inkübe edilen örneklerdeki *S.mutans* biyofilm oluşum değerlerinin, tükürük ile inkübe edilmeyen örneklere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (179).

Bayrak ve ark. (2017) yaptıkları *in-vitro* çalışmada materyallerin bakteri adezyon değerleri birbirine yakın bulunmuş ve tükürüğün materyallerin yüzey özelliklerini baskılamış olabileceği belirtilmiştir (172).

Bu çalışmada ağız ortamını taklit etmek amacıyla peridontal açıdan sağlıklı olan ve diş çürüğü bulunmayan araştırmacının kendi tükürüğü toplanarak steril hale getirildi. Çalışma sonucunda materyallerdeki biyofilm oluşum değerlerinin birbirine yakın olması

tükürüğün materyallerin yüzey özelliklerini maskeleyiş olabileceği düşüncesini doğrulamaktadır.

Restoratif materyallerin, ağız boşluğunda plak ve sekonder çürük oluşumunu başlatabildiği, bu nedenle plak oluşumunda ilk adım olan restoratif materyal yüzeyi üzerinde ilk bakteri adezyonunu gözlemlemenin önemli olduğu bildirilmiştir. Katı yüzeylere ilk bakteri adezyonu, elektrostatik ve hidrodinamik etkileşimler, termodinamik bağlanma parametreleri , bakterilerin yüzeye selektif olarak bağlandığı adezyon-reseptör etkileşimlerini içeren spesifik bağlama mekanizmaları, polisakkarit matrikslerin glukan ile sementasyonu gibi faktörlerle sağlandığı belirtilmiştir (182-185).

Pelikül üzerinde kolonize olan ilk bakteri grubunun *S.mutans* olduğu ve diğer bakteri türlerinin de bu sayede bölgeye kolonize olduğu bilinmektedir (177). Bu nedenle diş plağını yok etmek için ilk olarak primer koloni oluşturan *S.mutans*'ların adezyonunun engellenmesinin amaçlandığı belirtilmiştir. Diş çürüklerinin majöre etiyolojik ajanı olarak tanınması, olgun plakta bulunması ve çürük lezyonlarında önemli oranlarda tespit edilmesi sebebiyle, yapılan birçok çalışmada *S.mutans*'ların biyofilm oluşumu ve çürük oluşumunun bir göstergesi olarak değerlendirildiği bilinmektedir (172, 173, 186). Organik asitlerin, bu bakteriler tarafından üretilen glukan bariyeri içinde tutulduğu ve bu durumunda mine yüzeyinin etrafında uzun süre düşük pH oluşumu ile sonuçlandığı belirtilmiştir (187).

Bu çalışmada farklı cam iyonmer restoratif materyaller üzerine yüzey örtücü uygulanmasının biyofilm oluşumuna etkisini incelemek amacı ile *S.mutans* ACTT25175 suşu kullanıldı. Ancak çalışmamızda tek tür bakteri örneğinin kullanılması ağız mikroflorasının tam olarak taklit edilmesini mümkün kılmamıştır.

Naik ve ark. (2016) yaptığı *in-vitro* çalışmada üç farklı cam iyonmer materyalin antibakteriyel etkisini karşılaştırmışlardır. 24 saatlik inkübasyon sonucunda materyallerin *S.mutans* biyofilm değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu sonucu CİS'lerin karmaşık materyaller olduğu ve iki ticari sistemin kimyasal veya mekanik olarak aynı olmadığı şeklinde yorumlamışlardır (141).

Bu çalışmada ise bu görüşü destekler nitelikte olarak sadece Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunun biyofilm oluşumu değerleri ile ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunun biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı derece fark bulundu. Buna sebep olarak uygulanan yüzey örtücü materyalin Equia® Forte materyalinin yüzey örtücüsü olması düşünüldü. Çalışmaya dahil edilen materyallerin önerdiği yüzey örtücüler yerine bağımsız bir yüzey örtücü ajanın, ya da her materyal grubu için üretici firmalar tarafından önerilen yüzey örtücülerin kullanılması durumunda sonuçların değişebileceği düşünülmektedir.

Biyofilm oluşumunda materyallerin fiziko-kimyasal özellikleri ve yüzeyel mikroyapının etkili olduğu bilinmektedir (188). Ayrıca örnekler aynı şekilde hazırlanmasına rağmen sertleşme sırasında yüzeyel özelliklerin farklılaşabileceği de belirtilmiştir. Bu nedenle biyofilm oluşumu için sadece materyalin yüzey kimyasının etkili olmadığı aynı zamanda sertleşme sırasında oluşan farklı yüzey pürüzlülüklerinin de etkili olduğu belirtilmiştir (175). Yüzey pürüzlülüğü ile bakteri adezyonu arasında pozitif korelasyon olduğunu, pürüzlü yüzeylere daha çok tükürük proteini tutunacağından dolayı bu durumun plak oluşumunu arttıracaklarını belirten çalışmalar mevcuttur (176, 189, 190). Bununla birlikte yüzey pürüzlülüğün biyofilm oluşumunu etkilemediğini belirten çalışmalar da mevcuttur (191-193).

Carlen ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada cam iyonomer restorasyonlarda bitirme ve cila işlemlerinin yüzey pürüzlülüğünü az miktarda etkilediğini ve oluşan bu yüzey pürüzlülüğü farkının, biyofilm oluşumu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığını belirtmişlerdir (189).

Hahnel ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada cam iyonomer simanların florid salınımı yapmalarının ve yüzey özelliklerinin biyofilm oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Cam iyonomer materyallerin florid salınımı ve yüzey özelliklerinde değişikliklerin biyofilm oluşum miktarını anlamlı derecede etkilemediğini belirtmişlerdir (193).

Bu çalışmada yüzey örtücü uygulamasının materyallerin yüzey özelliklerini değiştireceği öngürülse de, çalışma sonucunda biyofilm oluşum değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadı. Bununla birlikte *S.mutans* biyofil oluşumuna

ilişkin en düşük değerlerin Equia® Forte (GC Corporation, Tokyo, Japan) materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda gözlenmesi; uygulanan yüzey örtücü materyalin (Equia® Forte, GC Corporation, Tokyo, Japan), Equia® Forte materyalinin yüzey örtücüsü olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan deneylerin farklı markaların yüzey örtücüleri, ya da petroleum jeli gibi yumuşatıcı formundaki yüzey örtücüleriyle tekrarlandığında sonuçların değişebileceği düşünülmektedir.

Lohbauer ve ark. (2011) yüzey örtücü uygulamasının materyal yüzeyindeki porozite ve çatlakları kapatarak materyalin sızdırmazlığını arttırdığını belirtmişlerdir (194). Çalışmamızda bu sızdırmazlığın cam iyonomer materyallerin en önemli antibakteriyel özelliği olan florid salımını engelleyeceği düşünülse de, elde edilen sonuçlarda biyofilm oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemesine sebep olarak yüzey örtücü materyalin kısa sürede materyal üzerinden uzaklaşması düşünüldü.

Dental materyaller üzerindeki biyofilm oluşumunu incelemek için farklı yöntemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Denature gradyan jel elektrofrezisi (DGGE) yöntemi (195), colony forming unit (cfu) analizi (196, 197), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntüleme (198-201) , lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) ile görüntüleme, ölü/canlı hücre boyaması (193, 202), mikroplaka okuyucu analizi (203) biyofilm oluşumunu ölçmek amacıyla kullanılan yöntemler arasındadır. cfu analizi ile diğer yöntemlerin aksine sadece canlı bakterilerin varlığının hesaplandığı bilinmektedir (204).

Bu çalışmada da biyofilm oluşumunun değerlendirilmesi için canlı bakterilerin sayımının yapıldığı ve biyofilm oluşumunun nispeten daha doğru tespit edildiği geleneksel bir bakteriyoloji yöntemi olan cfu analiz yöntemi tercih edildi. Diğer yöntemlerin deneyimli personel ve kapsamlı fiziksel koşullar gerektirmesi, ve kontrol amaçlı olarak cfu analizi ile birlikte uygulanması da bu çalışmada cfu analizinin tercih edilme sebepleri arasındadır.

Guedes ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada cam iyonomer restoratif materyallerin yapısal özelliklerini taramalı elektron mikroskobu (SEM) altında incelemişlerdir. Araştırmacılar materyallerin yapısal farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir (205).

Bu çalışmada da her bir gruptan birer örneğin SEM görüntüsü incelendi. Biyofilm oluşum değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemesine rağmen, incelenen görüntülerde biyofilm kolonizasyonu ve yoğunluğu açısından farklılıklar gözlemlendi. Yüzey örtücü uygulanan gruplarda biyofilm oluşumunun daha düşük yoğunlukta gözlenmesi, yüzey örtücü uygulamasının materyallerin biyofilm oluşumuna olanak sağlayan olumsuz yüzey özelliklerini maskeleydiğini düşündürmüştür. Buna ek olarak materyal grupları arasında gözlenen farklılıkların da materyallerin farklı yapısal özelliklere sahip olmasında kaynaklı olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarında *S.mutans* biyofilm oluşumuna ilişkin gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç gözlenmemesinin sebeplerinden biri olarak tüm materyal gruplarının yüksek viskoziteli cam iyonomer grubundan seçilmesi dolayısıyla yapısal benzerlik göstermeleri düşünülmüştür. Her materyal için kendi üretici firmalarının önerdiği yüzey örtücüler uygulandığı takdirde materyallerin birbirleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkacağı, bu durumun da sonuçları değiştirebileceği düşünülmektedir.

5.2. Materyallerin Sekonder Çürük Oluşum Değerleri

Vital pulpal dişlerdeki derin çürük lezyonların tedavisinde postoperatif komplikasyonları ve pulpa perforasyonunu önlemek için pulpaya yakın bölgelerdeki yumuşak dentin dokusunun selektif olarak bırakılması önerilmektedir. Daha sonra, kalan bakterileri kaplayan ve dolayısıyla etkisiz hale getiren adeziv bir restorasyonun yerleştirildiği ve ortaya çıkan artık çürük dentin dokusunun yumuşak ve daha az esnek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca lezyon alanında dental adezivlerin sadece çok sınırlı miktarda bağlandığı da bildirilmiştir (206). Bu durumun da, restorasyonun uzun ömürlülüğünü sınırlandırabildiği ve kırılma veya marjinal bütünlüğün azalmasına yol açabildiği, bu olumsuzlukların da sekonder çürük için duyarlılığı arttırdığı belirtilmiştir (207, 208).

Bu çalışmada diş dokularına hem kimyasal hem de mekanik olarak bağlanan Ketac™ Molar Easy Mix, ChemFil™ Rock ve EQUIA® Forte cam iyonomer materyalleri kullanıldı.

Amend ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada cam iyonomer materyallerle yapılan restorasyonlarda sekonder çürük oluşum miktarının düşük olduğunu (<500um) belirtmişlerdir (209).

Bu çalışmada da özellikle yüzey örtücü uygulanan gruplarda daha düşük oranda sekonder çürük lezyonu gözlemlendi. İleri dönem çalışmalarda daha ayrıntılı ve karşılaştırmalı sonuçlar elde edebilmek amacıyla *Amend ve ark. (2018)*'nin çalışmalarına benzer şekilde kompozit içerikli materyallerin de deney gruplarına eklenebileceği düşünüldü.

Cam iyonomer simanların dentini yalnızca yüzeysel olarak remineralize ettiği ve etkilenen kollajen fibrillerin etrafına bıraktıkları hidroksiapatitlerin mikromekanik retansiyon oluşturduğu bilinmektedir. Kalan hidroksiapatitlerin ise ortamdaki kalsiyum iyonları ve polialkenoik asidin karboksil fonksiyonel gruplarının etkileşimine katılarak ilave bir kimyasal bağlanma oluşturduğu belirtilmiştir (27, 210). Kavite preparasyonundan sonra polialkenoik asit içeren kavite düzenleyicilerin uygulanmasının kimyasal bağlanmayı arttırdığını bildiren çalışmalar mevcuttur (211-213). Buna karşın, bazı çalışmalarda kavite düzenleyici uygulamasının CİS'lerin kimyasal bağlanmasını etkilemediği belirtilmiştir (214, 215).

Bu çalışmada kavite düzenleyici uygulamasının materyallerin uygulama talimatında zorunlu bir basamak olmaması sebebiyle sıgır dişi kavitelerinin preparasyonundan sonra kavite düzenleyici uygulaması yapılmadı. Bununla birlikte örneklerde gözlenen C grubu lezyonların kavite düzenleyici uygulandığı takdirde azalabileceği düşünülmektedir.

In-vitro olarak tasarlanan çalışmalarda diş dokusunda çürük oluşturabilmek için birçok farklı yöntem olduğu bilinmektedir. Bu yöntemler diş dokusunu demineralize etmek amacıyla asidik bir ortam sağlayan kimyasal yöntemler ve özel bakteri sistemlerinin kullanıldığı bakteriyel yöntemler olarak belirtilmiştir (16).

Doğal floranın beslenme ortamı ile birlikte *in-vitro* şartlarda kontrol edildiği bakteriyel yöntemde biyofilm ve çürük oluşumuna neden olan ekosistemin taklit edildiği belirtilmiştir. Beslenme ortamı olarak genelde çeşitli bakteri kültürleri ve besleyici ajanların kullanıldığı bilinmektedir. Literatürler incelendiğinde yapılan çalışmalarda mikroorganizma olarak MS'lar ve Laktobasillerin tercih edildiği, besleyici ajan olarak

ise sükröz, Todd-Hewith, sükröz ilaveli Trypticase Soy Broth gibi farklı bileşiklerin kullanıldığı göze çarpmaktadır. *In-vitro* deneylerde bakteriyel yapay sistemlerin kullanımı ile çürük temizleme yöntemlerinin başarısı, restorasyonların antimikrobiyal özellikleri ve kenar uyumunun incelenmesi, primer ve sekonder çürük oluşumu gibi araştırmalar yapılabildiği bilinmektedir (16, 91, 216).

Kimyasal yöntemlerde asidik solüsyonlar ve/veya termal siklus kullanılarak fizikokimyasal yolla çürük oluşturulduğu bilinmektedir (217). Bu yöntemin başlıca avantajları deney ortamının kontrol edilebilir, uygulamanın basit ve maliyetin düşük olmasıdır. Fakat bu yöntemin bakteri içermediği için ağız ortamını yeteri kadar taklit edemediği bildirilmiştir. Ortamda bulunan kalsiyum, fosfat ve florid iyonlarının ve pH değişimlerinin kontrol altında olmaması da bu yöntemin dezavantajları olarak gösterilmektedir (163, 218).

Kimyasal yöntemlerden biri olarak yapay çürük lezyonu oluşturmak için asit tamponları ile fosfat ve kalsiyum içeren asitlenmiş jelatin jeller kullanılmaktadır. Bu yöntemle oluşturulan yapay çürük modellerinde lezyonların histolojik olarak doğal çürük lezyonlarına benzerlik gösterdiği bildirilmiştir (136, 162). Bu yöntemde solüsyonun pH'ının 4,5-5 arasında olması gerektiği, asit olarak laktik asit veya asetik asit kullanımının uygun olduğu, insan ağız ortamını taklit etmek amacıyla da ısıl siklusların çalışmaya dahil edildiği belirtilmiştir (219). Fakat bu yöntemde asidin devamlı olarak değiştirilememesi ve tükürük içeriğinin olmayışının araştırmacılar tarafından çalışma sonuçlarının güvenilirliğini düşündüğü bildirilmiştir (220).

Diş örneklerinin özel olarak hazırlanan apareyler yardımıyla belirli bir süre gerçek ağız ortamında bekletildiği bir başka yöntemin ise maliyetinin yüksek, zaman alıcı ve deneklerin aparey kullanma sürelerinin takip zorluğu sebebiyle tercih edilmediği belirtilmiştir (157).

pH siklus yöntemi uygulama ve takibinin kolay olması sebebiyle tüm yöntemler arasında en çok tercih edilen yöntemlerden biri olarak bilinmektedir. Bu yöntemde solüsyonların belirli aralıklarla değiştirilerek solüsyon içerik değerlerinin azalması önlenir. Demineralizasyon solüsyonunda asit, fosfat ve kalsiyum içerikli asit tamponlarının kullanıldığı bildirilmiştir (221).

Bu çalışmada sekonder çürük oluşumu için içerisinde asit ve fosfat tamponlar içeren demineralizasyon solüsyonu ve termosiklus yöntemi tercih edildi. Uygulamanın kısa süreli ve kolay olması bu yöntemin seçilmesinin başlıca sebepleridir. Bakteri içermemesi ve demineralizasyon-remineralizasyon döngüsünün olmaması yöntemin dezavantajları, dolayısıyla çalışmanın eksiklikleri olarak düşünülmektedir.

Çalışmamızda sığır dişi minesinin insan dişi minesine göre farklılıkları da göz önünde bulundurularak sığır dişleriyle hazırlanan örnekler sekonder çürük lezyonu oluşturabilmek için 32 saat boyunca demineralizasyon solüsyonunda bekletildi. Demineralizasyon süresinin kısa olmasına sebep olarak da sığır dişlerinin mineralizasyon oranının insan dişi minesinden yaklaşık olarak 3 kat daha düşük olması gösterilmiştir. Çalışma sonucunda yüzey örtücü uygulanmayan materyallerde kavite oluşturacak miktarda demineralizasyon gözlenmesi, demineralizasyon süresinin yeterliliğini doğrulamaktadır.

Sekonder çürük lezyonlarının *in-vitro* olarak değerlendirilmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Görsel yöntem (ICDAS-CARS) (222, 223), radyografik yöntem (224), kantitatif ışık etkili lazer floresans yöntemi (Quantitative Light-induced Fluorescence-QLF) (125), lazer floresans yöntemi (225-228), stereomikroskop ile inceleme (222) bu yöntemlerden bazılarıdır.

Özgül ve ark. (2017) yaptıkları *in-vitro* çalışmada sekonder çürük restorasyonların değerlendirilmesinde görsel yöntem (ICDAS) ve stereomikroskop ile inceleme yöntemlerinden faydalanmışlardır (222). Bu çalışmada tek bir araştırmacının varlığı ve elde edilen sonuçlarının güvenilirliğin düşük olması sebebiyle görsel yöntem tercih edilmedi.

Bu çalışmada, sekonder çürük değerlendirmesi için stereomikroskop ile inceleme yönteminden faydalanıldı. Fakat **Özgül ve ark. (2017)**'nin aksine tek bir lezyon derinliği ölçümü yerine birkaç farklı bölgede lezyon uzunluğu ölçüldü. Böylece istatistiksel olarak daha ayrıntılı ve anlamlı sonuçlar elde edilmesi amaçlandı. Çalışma sonuçlarında bazı örneklerde farklı lezyon gruplarının gözlenmemesinin bu yöntemi doğruladığı düşünüldü.

Türkün ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada farklı cam iyonomer ve yüzey örtücü kombinasyonlarının 18 aylık klinik takibini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda grupların sekonder çürük oluşum değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasına rağmen, değerlendirme yapılan tüm gruplar arasında en başarılı sonuçların Equia® materyal grubuna ait olduğunu bildirmişlerdir (229).

Diem ve ark. (2013) yaptıkları klinik çalışmada cam iyonomer materyallere yüzey örtücü uygulamanın sekonder çürük oluşumuna etkisini incelemişlerdir. 3 yıllık takip süresinin sonunda yüzey örtücü uygulamasının sekonder çürük oluşumunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (230).

Bu çalışmada her iki çalışmada olduğu gibi gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemesine rağmen en başarılı sonuçlar **Türkün ve ark. (2010)** elde ettiği sonuçlara benzer olarak Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda elde edildi. Buna sebep olarak Equia® Forte materyaliyle aynı markaya sahip ve üretici firmanın önerdiği yüzey örtücü materyalin (Equia® Forte Coat) kullanması düşünülmüştür. Çalışmanın *in vitro* koşullarda gerçekleştirilmesi ve sekonder çürük oluşumu için demineralizasyon solüsyonunda bekletilme süresinin kısa olmasının sonuçları etkileyebileceği düşünülse de yapılan klinik çalışmalarda elde edilen sonuçların benzer olması, bu çalışmada elde edilen sonuçları doğrular niteliktedir.

Schwendicke ve ark. (2016) yaptıkları *in-vitro* çalışmada derin çürük lezyonlarının restorasyonlarında cam iyonomer materyallerin kompozit restorasyonlara göre daha başarılı marjinal bütünlük gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca oluşan tüm sekonder çürük lezyonlarının duvar lezyonu değil dış lezyon olduğunu bildirmişlerdir (231).

Bu çalışmada ise örneklerin stereomikroskop ile değerlendirmesinde tüm materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarında A ve C grubu lezyon gözlenmedi. Bununla birlikte ChemFil® Rock ve Ketac™ Molar Easy Mix materyallerinin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarında B grubu lezyon gözlenmiştir. Bu lezyonların oluşmasına sebep olarak materyal ve restorasyon arasındaki bağlanma hatalarının varlığı düşünülmektedir. Ayrıca çürük lezyonlarının (remineralizasyonun) yüzey altı bölgelerde başlaması da B grubu lezyonlarının gözlenme sebeplerinden biri olarak düşünülmektedir.

Krämer ve ark. (2018) yaptıkları *in-vitro* çalışmada farklı cam iyonomer restoratif materyallerin sekonder çürük oluşumuna etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar restorasyon yüzeyinde madde kaybı gözlendiğini belirtmişlerdir (232).

Bu çalışmada da örneklerin restorasyon yüzeyinde madde kaybı gözlenmesine rağmen gruplar arasındaki sekonder çürük oluşum değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.

Çalışmamızda tek bir lezyon derinliği ölçümü yerine birkaç farklı bölgede lezyon uzunluğu ölçüldü. Böylece istatistiksel olarak daha ayrıntılı ve anlamlı sonuçlar elde edilmesi amaçlandı. Çalışma sonuçlarında bazı örneklerde farklı lezyon gruplarının gözlenmemesinin bu yöntemi doğruladığı düşünüldü.

Bununla birlikte sekonder çürük oluşumunun değerlendirilmesinin lezyon varlığı/yokluğu tespiti şeklinde değil de demineralizasyon lezyonunun alan ölçümü şeklinde de yapılabileceği düşünülmektedir.

Tüm bunlar göz önünde bulundurularak deney sonuçları, yüzey örtücü uygulamasının sekonder çürük oluşumunda A, B ve C grubu lezyonların oluşumunu engellediği ve D grubu lezyon oluşumunu azalttığı şeklinde yorumlandı

6. SONUÇLAR

- 1) Çalışmada kullanılan materyal gruplarının yüzey örtücü uygulanmayan kontrol alt gruplarında yer alan örneklerin biyofilm oluşum değerleri arasında bariz bir fark gözlenmesine rağmen bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- 2) İkili grup karşılaştırma sonuçlarına göre; Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunun değerleri, ChemFil® Rock materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubundan anlamlı derecede düşük bulundu.
- 3) Grupların taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri incelendiğinde tüm materyal gruplarında, yüzey örtücü uygulamasının materyal yüzeyinde biyofilm oluşumunu azalttığı gözlemlendi.
- 4) Sekonder çürük oluşum deneyinde materyallerin yüzey örtücü uygulanan alt gruplarında sekonder çürük oluşumuna ilişkin A ve C grubu lezyon gözlenmedi.
- 5) Restorasyon yüzeyine yüzey örtücü uygulanmasının, Ketac™ Molar Easymix ve ChemFil® Rock materyallerinde sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyonlarının oluşum miktarını azalttığı, Equia® Forte materyalinde ise sekonder çürük oluşumuna ilişkin B grubu lezyon oluşumunu engellediği gözlemlendi.
- 6) Her iki deneyde de tüm gruplar arasında en başarılı sonuçlar Equia® Forte materyalinin yüzey örtücü uygulanan alt grubunda gözlemlendi.

Bu *in-vitro* çalışmada elde edilen sonuçlara göre cam iyonomer restoratif materyallerin yüzeyine yüzey örtücü uygulanmasının biyofilm oluşumu ve sekonder çürük oluşumunu istatistiksel olarak anlamlı derecede olmasa da azalttığı gözlemlenmiştir. Cam iyonomer restorasyonlarda biyofilm oluşumunu ve sekonder çürük oluşumunu azaltmak için üretici firmaların önerileri doğrultusunda uygulanması gerektiği düşünülmektedir. Farklı yüzey örtücülerin benzer etkilerinin karşılaştırıldığı ileri dönem çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

7. KAYNAKLAR

- 1) Cho SY, Cheng AC. A review of glass ionomer restorations in the primary dentition. *J Can Dent Assoc* 1999; **65**: 491-495.
- 2) Koroglu A, Ekren O, Kurtoglu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* 2012; **22**: 205-216.
- 3) Lee HL, Jr., Orlowski JA, Scheidt GC, Lee JR. Effects of acid etchants on dentin. *J Dent Res* 1973; **52**: 1228-1233.
- 4) Berg JH, Croll TP. Glass ionomer restorative cement systems: an update. *Pediatr Dent* 2015; **37**: 116-124.
- 5) Raju VG, Venumbaka NR, Mungara J, Vijayakumar P, Rajendran S, Elangovan A. Comparative evaluation of shear bond strength and microleakage of tricalcium silicate-based restorative material and radioopaque posterior glass ionomer restorative cement in primary and permanent teeth: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2014; **32**: 304-310.
- 6) Francisconi LF, Scaffa PM, de Barros VR, Coutinho M, Francisconi PA. Glass ionomer cements and their role in the restoration of non-cariou cervical lesions. *J Appl Oral Sci* 2009; **17**: 364-369.
- 7) Firat E, Kutuk ZB, gürgan S, Cakır FY, Öztas SS. Güncel bir Cam İyonomer Restoratif Sistemin 24 Aylık Klinik Performansının Değerlendirilmesi. *AÜ Diş Hek Fak Derg* 2011; **38**: 53-61.
- 8) GCP GmbH. Gcp glass fill product manual, 2011.
- 9) Sidhu SK, Sherriff M, Watson TF. The effects of maturity and dehydration shrinkage on resin-modified glass-ionomer restorations. *J Dent Res* 1997; **76**: 1495-1501.
- 10) Socransky SS, Haffajee AD. Dental biofilms: difficult therapeutic targets. *Periodontol 2000* 2002; **28**: 12-55.
- 11) Marsh PD. Dental plaque as a microbial biofilm. *Caries Res* 2004; **38**: 204-211.
- 12) Hse KM, Leung SK, Wei SH. Resin-ionomer restorative materials for children: a review. *Aust Dent J* 1999; **44**: 1-11.
- 13) Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer JM. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater* 1999; **15**: 71-78.

- 14) Baume LJ. General principles concerning the international standardization of dental caries statistics, F.D.I. Special Commission on Oral and Dental Statistics. *Int Dent J* 1962; **12**: 65-75.
- 15) Paradella TC, de Sousa FA, Koga-Ito CY, Jorge AO. Microbiological or chemical models of enamel secondary caries compared by polarized-light microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009; **90**: 635-640.
- 16) Totiam P, Gonzalez-Cabezas C, Fontana MR, Zero DT. A new in vitro model to study the relationship of gap size and secondary caries. *Caries Res* 2007; **41**: 467-473.
- 17) Strassler HE, Pitel ML. Using fiber-optic transillumination as a diagnostic aid in dental practice. *Compend Contin Educ Dent* 2014; **35**: 80-88.
- 18) Naik NS, Subba Reddy VV, Shashikiran ND. Comparative evaluation of secondary caries formation around light-cured fluoride-releasing restorative materials. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2017; **35**: 75-82.
- 19) Wilson AD KB. The glass-ionomer cement: A new translucent dental filling material. *J Appl Chem Biotechnol* 1971; **21**: 313.
- 20) Brito CR, Velasco LG, Bonini GA, Imperato JC, Raggio DP. Glass ionomer cement hardness after different materials for surface protection. *J Biomed Mater Res A* 2010; **93**: 243-246.
- 21) McLean JW. The clinical use of glass-ionomer cements. *Dent Clin North Am* 1992; **36**: 693-711.
- 22) McLean JW, Wilson AD. The clinical development of the glass-ionomer cements. i. Formulations and properties. *Aust Dent J* 1977; **22**: 31-36.
- 23) Roberson TM HH, Swift EJ. biomateryaller, In: Bayne SC TJ, ed. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri, 2011: 215-220.
- 24) Lacefield WR, Reindl MC, Retief DH. Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1985; **53**: 194-198.
- 25) Mount GJ. *An Atlas of glass-ionomer cements. A clinician guide*. U.K: Martin Dunitz Ltd, 2002.
- 26) American Academy of Pediatric Dentistry. Guideline on pediatric restorative dentistry. *reference manual* 2016; **38**: 254-255.

- 27) Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res* 1992; **71**: 1836-1841.
- 28) Bresciani E BT, Fagundes TJ, Adachi A, Terin MM, Navarro MFL. compressive and diametrel tensile strength of glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2004; **12**: 1-11.
- 29) Williams JA, Billington R.W, Pearson G.J. Effect of mousture protective coating on strength of a modern metal-reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil* 1988; **25**: 535-540.
- 30) Wilson AD, Kent BE. fluoroaluminium silicate glass powder for use as dental cement. *Ger Offen* 1971; **2**: 61-513.
- 31) Davidson CL. Advances in glass-ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2006; **14 Suppl**: 3-9.
- 32) Hatton PV, Brook IM. Characterisation of the ultrastructure of glass-ionomer (poly-alkenoate) cement. *Br Dent J* 1992; **173**: 275-277.
- 33) Kanık Ö. Yüzey örtücü ile kaplanmış farklı cam iyonomer simanların özelliklerinin karşılaştırılmalı olarak in-vivo ve in-vitro incelenmesi. İzmir: Ege Üniversitesi, 2011.
- 34) Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater* 2004; **20**: 45-50.
- 35) Matsuya S, Maeda T, Ohta M. IR and NMR analyses of hardening and maturation of glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1996; **75**: 1920-1927.
- 36) Wasson EA, Nicholson JW. New aspects of the setting of glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1993; **72**: 481-483.
- 37) Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?-properties, limitations and future trends. *Materials* 2010; **3**: 76-96.
- 38) Mc Donald RE, Avery DR, Dean JA. *Dentistry For T he Child and Adolescent*, 8 edn. St. Louis- U.S.A: Mosby, 2004.
- 39) Retief DH, Bradley EL, Denton JC, Switzer P. Enamel and cementum fluoride uptake from a glass ionomer cement. *Caries Res* 1984; **18**: 250-257.
- 40) Pitt FT. The leakage of root filling using glass ionomer cement and other materials. *Br Dent J* 1979; **146**: 273-278.
- 41) Akinmade AO, Nicholson JW. Review: Glass ionomer cement as adhesives. Part 1. Fundamental aspects and their clinical relevance. *J Mater Sci* 1993; **4**: 95-101.

- 42) Wilson AD, Prosser HJ, Powis DM. Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *J Dent Res* 1983; **62**: 590-592.
- 43) Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002; **24**: 423-429.
- 44) Hume WR, Mount GJ. In vitro studies on the potential for pulpal cytotoxicity of glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1988; **67**: 915-918.
- 45) Kaya T, Tirali RE. Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2013; **7**: 71-77.
- 46) Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentin adhesives. *Oper Dent* 1987; **12**: 53-78.
- 47) Small IC, Watson TF, Chadwick AV, Sidhu SK. Water sorption in resin-modified glass-ionomer cements: an in vitro comparison with other materials. *Biomaterials* 1998; **19**: 545-550.
- 48) Kunzelmann KH, Burkle V, Bauer C. Two-body and three-body wear of glass ionomer cements. *Int J Paediatr Dent* 2003; **13**: 434-440.
- 49) Craig RG, Ward ML. *Restorative Dental Materials*, 10 edn. Missouri, U.S.A: Mosby-Year book Inc., 1996.
- 50) McLean JW, Gasser O. Glass-cermet cements. *Quintessence Int* 1985; **16**: 333-343.
- 51) Krämer N, Kunzelmann KH, Pollety T, Pelka M, Hickel R. Long-term results with cermet cement filling in class I/II cavities. *Deutsch Zahnärztl Z* 1994; **49**: 5-9.
- 52) Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res* 1991; **70**: 72-74.
- 53) Burgess J, Norling B, Summitt J. Resin ionomer restorative materials: the new generation. *J Esthet Dent* 1994; **6**: 207-215.
- 54) Cattani LM, Dupuis V, Moya F, Payan J, Meyer JM. Comparative study of the physical properties of the polyacid-modified glass ionomer cement. *Dent Mater* 1999; **15**: 21-32.
- 55) Miyazaki M, Iwasaki K, Soyamura T, Onose H, Moore BK. Resin-modified glass ionomers: dentin bond strength versus time. *Oper Dent* 1998; **23**: 144-149.
- 56) Almuammar MF, Schulman A, Salama FS. Shear bond strength of six restorative materials. *J Clin Pediatr Dent* 2001; **25**: 221-225.

- 57) Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. . *Shear bond strength of six restorative materials* ankara: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, 1993.
- 58) Berzins DW, Abey S, Costache MC, Wilkie CA, Roberts HW. Resin-modified glass-ionomer setting reaction competition. *J Dent Res* 2010; **89**: 82-86.
- 59) Kan KC, Messer LB, Messer HH. Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent Res* 1997; **76**: 1502-1507.
- 60) Deepa G, Shobba T. A clinical evaluation of two glass ionomer cements in primary molars using atraumatic restorative treatment technique in India: 1 year follow-up. *Int J Pediatr Dent* 2010; **20**: 410-418.
- 61) 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**: 566-573.
- 62) Forsten L. Short- and long-term fluoride release from glass ionomers and other fluoride-containing filling materials in vitro. *Scand J Dent Res* 1990; **98**: 179-185.
- 63) Çelik EU, Ermiş RB. Koruyucu Rezin Uygulamasının Yüksek Vizkoziteli Geleneksel Cam İyonomer Simanın Mikrosertliği Üzerine Etkisinin In vitro Olarak Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2008; **11**: 91-95.
- 64) Jackson RD, Morgan M. The new posterior resins and a simplified placement technique. *J Am Dent Assoc* 2000; **131**: 375-383.
- 65) Ruse ND. What is a "compomer"? *J Can Dent Assoc* 1999; **65**: 500-504.
- 66) Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *J Dent Res* 1997; **76**: 883-894.
- 67) Christensen GJ. Compomers vs. resin-reinforced glass ionomers. *J Am Dent Assoc* 1997; **128**: 479-480.
- 68) Cildir SK, Sandalli N. Fluoride release/uptake of glass-ionomer cements and polyacid-modified composite resins. *Dent Mater J* 2005; **24**: 92-97.
- 69) Hewlett ER, Mount GJ. Glass ionomers in contemporary restorative dentistry--a clinical update. *J Calif Dent Assoc* 2003; **31**: 483-492.
- 70) Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins (compomers) and their use in clinical dentistry. *Dent Mater* 2007; **23**: 615-622.

- 71) Bala O. Poliasit-modifiye kompozit rezinler literatür taraması. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg* 1998; **1**: 113-118.
- 72) Shaw AJ, Carrick T, McCabe JF. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. *J Dent* 1998; **26**: 355-359.
- 73) Bani M. Cam iyonomer içerikli farklı restoratif materyallerin florid salınım ve geri alım özelliklerinin, yüzey pürüzlülüklerinin ve dentine bağlanma değerlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi. Ankara: Ankara Üniversitesi, 2011. doktora tezi.
- 74) Mount GJ. Clinical performance of glass-ionomers. *Biomaterials* 1998; **19**: 573-579.
- 75) Terenaka T, Okado S, Hanaoka K. Diffusion of fluoride ion from giomer products into dentin, *2nd Giomer International Meeting*. tokiyo, japan, 2001.
- 76) Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J* 2008; **27**: 315-339.
- 77) Gordon VV, BlaserP, Watson RE.. A clincial evaluation of a giomer restorative sysytem containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year old clinical examination. *J Amer Dent Assoc* 2014; **145**: 1036-1043.
- 78) Manuja N, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Nagpal R. Comperative evaluaiton of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011; **29**: 7-13.
- 79) Subramaniam P, Girish Babu K, Jayasurya S. Evaluation of solubility and microleakage of glass carbomer sealent. *J Clin Pediatr Dent* 2015; **39**: 429-434.
- 80) Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur J Dent* 2013; **7**: 15-21.
- 81) Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K. Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent* 1992; **17**: 57-61.
- 82) Valera V, Navarro MFL, Taga EM, Pascotto RC. Effect of nail varnishes and petroleum jelly combination on glass ionomer dye uptake. *Am J Dent* 1997; **10**: 251-253.
- 83) Cefaly DF, Seabra BG, Tapety CM, Taga EM, Valera F, Navarro MF. Effectiveness of surface protection of resin modified glass ionomer cements evaluated spectrophotometrically. *Oper Dent* 2001; **26**: 401-405.

- 84) Earl MS, Mount GJ, Hume WR. The effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass ionomer cement surface. II. *Aust Dent J* 1989; **34**: 326-329.
- 85) Pandey P, Ewinng G. Rheological characterization of petrolatum using a controlled stress rheometer. *Drug Dev Ind Pharm* 2008; **34**: 57-63.
- 86) Heugten AJPV, Helder M, Vromans H. Elucidation of the variability in consistency of pahrmocepeia quality petrolatum. *Drug Development and Industrial Pharmacy* 2017; **43**: 595-599.
- 87) Lupien JR. Overview of the Nutritional Benefits of Cocoa and Chocolate, In: I. K, ed. *Chocolate and Cocoa: Health and Nutrition*. Oxford, UK: Blackwell Science, 1999: 3-8.
- 88) Genç M, Olçay M. Kakao Yağları ve Alternatifleri. 2001; **9**: 35-39.
- 89) Nejad AR, Enami E, Chandad F, Durand R. The Correlation Between Caries and Periodontal Diseases, *IADR General Session*. Brasil, 2012.
- 90) Çakır F, Gürgan S, Attar N. Çürük mikrobiyolojisi. *Hacettepe diş hekimliği fakültesi dergisi* 2010; **34**: 78-91.
- 91) İnci G. Farklı çürük temizleme yöntemlerinin süt dişlerinde sekonder çürük oluşumuna etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. Konya: Selçuk Üniversitesi, 2012. doktora tezi.
- 92) Cunningham AB Lennox J, Ross RJ. *The Biofilms: Hypertextbook: The Montana State University*, 2008: 1-4.
- 93) Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clin Microbiol Rev* 2002; **15**: 167-193.
- 94) Chandki R, Banthia P, Banthia R. Biofilms: A microbial home. *J Indian Soc Periodontol* 2011; **15**: 111-114.
- 95) Costerton B, Lange K. *Dental Inflammation. Center For Biofilm Engineering: Montana State University*, 1999.
- 96) Overman PR. Biofilm: a new view of plaque. *J Contemp Dent Pract* 2000; **1**: 18-29.
- 97) Dawes C, Jenkins G, Tonge C. The nomenclature of the integuments of the enamel surface of teeth. *Br Dent J* 1963; **16**: 65-68.
- 98) Roberson TM, Hahnel O, Swift EJ. Cariology: The Lesion, Etiology, Prevention and Control, In: Gürgan S YCF, ed. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri, 2010: 67-134.

- 99) Kolenbrander PE. Oral microbial communities: biofilms, interactions, and genetic systems. *Annu Rev Microbiol* 2000; **54**: 413-437.
- 100) Kolenbrander PE, Andersen R, Holdeman LV. Coaggregation of Oral Bacteroides Species with Other Bacteria: Central Role in Coaggregation Bridges and Competitions. *Infect Immun* 1985; **48**: 7411-7746.
- 101) Fejerskov O, Kidd E. *The Disease and Its Clinical Management* Copenhagen, Denmark: Blackwell Publishing Ltd, 203.
- 102) Rolla G, Ciardi JE, Schultz SA. Adsorption of glucosyltransferase to saliva coated hydroxyapatite. Possible mechanism for sucrose dependent bacterial colonization of teeth. *Scand J Dent Res* 1983; **91**: 112-117.
- 103) Garcia-Godoy F, Hicks MJ. Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc* 2008; **139 Suppl**: 25S-34S.
- 104) Nicolas GG, Lavoie MC. [Streptococcus mutans and oral streptococci in dental plaque]. *Can J Microbiol* 2011; **57**: 1-20.
- 105) Erdem AP. Streptococcus mutans ve streptococcus sobrinus biyofilmlerinde üç farklı florid verniğin florid konsantrasyonlarının ve antibakteriyel etkilerinin incelenmesi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 2006. doktora tezi.
- 106) Igarashi T, Yamamoto A, Goto N. PCR for detection and identification of Streptococcus sobrinus. *J Med Microbiol* 2000; **49**: 1069-1074.
- 107) Conrads G, de Soet JJ, Song L, et al. Comparing the cariogenic species Streptococcus sobrinus and S. mutans on whole genome level. *J Oral Microbiol* 2014; **6**: 26189.
- 108) Phillips D. Streptococcus mutans SEM image (6000x),2016. <https://www.gettyimages.com/license/vis171402>.
- 109) Forssten SD, Bjorklund M, Ouwehand AC. Streptococcus mutans, caries and simulation models. *Nutrients* 2010; **2**: 290-298.
- 110) Tamura S, Yonezawa H, Motegi M, et al. Inhibiting effects of Streptococcus salivarius on competence-stimulating peptide-dependent biofilm formation by Streptococcus mutans. *Oral Microbiol Immunol* 2009; **24**: 152-161.
- 111) Ccahuana-Vasquez RA, Cury JA. S. mutans biofilm model to evaluate antimicrobial substances and enamel demineralization. *Braz Oral Res* 2010; **24**: 135-141.

- 112) Ahn SJ, Ahn SJ, Wen ZT, Brady LJ, Burne RA. Characteristics of biofilm formation by *Streptococcus mutans* in the presence of saliva. *Infect Immun* 2008; **76**: 4259-4268.
- 113) DiaTek Diagnostik Ürünler ve Teknik Danışmanlık. Biyofilm nedir?,2015.http://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Mikrobiyolojik-Analiz/Biyofilm-Nedir_3317.htm
- 114) Sieuwerts S, de Bok FA, Mols E, de vos WM, Vlieg JE. A simple and fast method for determining colony forming units. *Lett Appl Microbiol* 2008; **47**: 275-278.
- 115) Axelsson P. Etiologic factors involved in dental caries. *Diagnosis and risk prediction of dental caries* 2000; **2**: 41.
- 116) Hayat MA. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy. *New York: Litton Educational* 1978; **6**.
- 117) Usanmaz D. STM/AFM İle Yüzey Karakterizasyonu. Ankara: Ankara Üniversitesi, 2005. doktora tezi.
- 118) Gharechani M, Mosavi H, Forghani M. Effect of surface Roughness and Materials Composition on Biofilm Formation. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology* 2012; **3**: 541-546.
- 119) Ben-Amar A, Cardash HS. The fluid-filled gap under amalgam and resin composite restorations. *Am J Dent* 1991; **4**: 226-230.
- 120) International Caries Detection and Assessment System Coordinating Committee. Rationale and Evidence for the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS II). *iccms-webcom* 2012.
- 121) Ekstrand KR, Martignon S, Ricketts DJ, Qvist V. Detection and activity assessment of primary coronal caries lesions: a methodologic study. *Oper Dent* 2007; **32**: 225-235.
- 122) Fejerskov O, Kidd E. Visual-Tactile Caries Diagnosis In: Nyvad B FO, Baelum V, ed. *Dental Caries and The Disease and It's Clinical Management*. Oxford, UK: Blackwell Munsgaard, 2008: 61-142.
- 123) Poorterman JH, Weerheijm KL, Groen HJ, Kalsbeek H. Clinical and radiographic judgement of occlusal caries in adolescents. *Eur J Oral Sci* 2000; **108**: 93-98.
- 124) Yildizer Keris E, Demirel O, Ozdede M, Altunkaynak B, Peker I. Diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography in detecting secondary caries under composite fillings: an in vitro study. *J Istanb Univ Fac Dent* 2017; **51**: 22-27.

- 125) Lenzi TL, Piovesan C, Mendes FM, Braga MM, Raggio DP. In vitro performance of QLF system and conventional methods for detection of occlusal caries around tooth-colored restorations in primary molars. *Int J Paediatr Dent* 2016; **26**: 26-34.
- 126) Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A. Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res* 2008; **42**: 297-304.
- 127) Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations. *Medical Laser Application* 2001; **16**: 205-213.
- 128) Zhao IS, Mei ML, Burrow MF, Lo EC, Chu CH. Prevention of secondary caries using silver diamine fluoride treatment and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate modified glass-ionomer cement. *J Dent* 2017; **57**: 38-44.
- 129) ISO. Dentistry -Evaluation of biocompatibility of medical devices used in dentistry In: I, ed.
- 130) Silva Santana SV, Bombana AC, Florio FM, Basting RT. Effect of surface sealants on marginal microleakage in Class V resin composite restorations. *J Esthet Restor Dent* 2009; **21**: 397-404.
- 131) Ten Cate JM, Larsen JM, Pearce EIF, Fejerskov O. *Chemical interactions between the tooth and oral fluids*, 8 edn. Copenhagen, Denmark: Blackwell Munksgaard, 2003.
- 132) Lea SC, Landini G, Walmsley AD. A novel method for the evaluation of powered toothbrush oscillation characteristics. *Am J Dent* 2004; **17**: 307-309.
- 133) Koo H, Falsetta ML, Klein MI. The exopolysaccharide matrix: a virulence determinant of cariogenic biofilm. *J Dent Res* 2013; **92**: 1065-1073.
- 134) Sbordone L, Bortolaia C. Oral microbial biofilms and plaque-related diseases: microbial communities and their role in the shift from oral health to disease. *Clin Oral Investig* 2003; **7**: 181-188.
- 135) Fucio SB, Paula AB, Sardi JC, Duque C, Correr-Sobrinho L, Puppim-Rontani RM. Streptococcus Mutans Biofilm Influences on the Antimicrobial Properties of Glass Ionomer Cements. *Braz Dent J* 2016; **27**: 681-687.
- 136) Ten Cate JM, Featherstone JD. Physicochemical aspects of fluoride-enamel interactions., In: Fejerskov O EJ, Burt BA, ed. *Fluoride in Dentistry*. Copenhagen: Munksgaard, 1996: 252-272.

- 137) Forss H, Jokinen J, Spets-Happonen S, Seppa L, Luoma H. Fluoride and mutans streptococci in plaque grown on glass ionomer and composite. *Caries Res* 1991; **25**: 454-458.
- 138) 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**: 364-371.
- 139) Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 2003; **24**: 2451-2461.
- 140) Yap AU, Khor E, Foo SH. Fluoride release and antibacterial properties of new-generation tooth-colored restoratives. *Oper Dent* 1999; **24**: 297-305.
- 141) Phillips S, Bishop BM. An in vitro study of the effect of moisture on glass-ionomer cement. *Quintessence Int* 1985; **16**: 175-177.
- 142) Serra MC, Navarro MF, Freitas SF, Carvalho RM, Cury JA, Retief DH. Glass ionomer cement surface protection. *Am J Dent* 1994; **7**: 203-206.
- 143) Castro GW, Gray SE, Buikema DJ, Reagan SE. The effect of various surface coatings on fluoride release from glass-ionomer cement. *Oper Dent* 1994; **19**: 194-198.
- 144) Hotta M, Hirukawa H, Aono M. The effect of glaze on restorative glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil* 1995; **22**: 197-201.
- 145) Chuang SF, Jin YT, Tsai PF, Wong TY. Effect of various surface protections on the margin microleakage of resin-modified glass ionomer cements. *J Prosthet Dent* 2001; **86**: 309-314.
- 146) Hattab FN, Amin WM. Fluoride release from glass ionomer restorative materials and the effects of surface coating. *Biomaterials* 2001; **22**: 1449-1458.
- 147) Bouschlicher MR, Vargas MA. Effect of desiccation on microleakage of glass-ionomer restorative materials. *J Dent Res* 1995; **74**: 109.
- 148) Kamatham R, Reddy SJ. Surface coatings on glass ionomer restorations in Pediatric dentistry-Worthy or not? *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2013; **31**: 229-233.
- 149) Karaoglanoglu S, Akgul N, Ozdabak HN, Akgul HM. Effectiveness of surface protection for glass-ionomer, resin-modified glass-ionomer and polyacid-modified composite resins. *Dent Mater J* 2009; **28**: 96-101.

- 150) Klinke T, Daboul A, Turek A, Frankenberger R, Hickel R, Biffar R. Clinical performance during 48 months of two current glass ionomer restorative systems with coatings: a randomized clinical trial in the field. *Trials* 2016; **17**: 239.
- 151) Ismail AI, Hasson H, Sohn W. Dental caries in the second millennium. *J Dent Educ* 2001; **65**: 953-959.
- 152) Llana Puy C, Forner Navarro L. Evidence concerning the medical management of caries. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008; **13**: E325-330.
- 153) Naik RG, Dodamani AS, Khairnar MR, Jadhav HC, Deshmukh MA. Comparative assessment of antibacterial activity of different glass ionomer cements on cariogenic bacteria. *Restor Dent Endod* 2016; **41**: 278-282.
- 154) Fucio SB, Carvalho FG, Sobrinho LC, Sinhoreti MA, Puppim-Rontani RM. The influence of 30-day-old *Streptococcus mutans* biofilm on the surface of esthetic restorative materials--an in vitro study. *J Dent* 2008; **36**: 833-839.
- 155) Mitra SB, Lee CY, Bui HT, Tantbirojn D, Rusin RP. Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater* 2009; **25**: 459-466.
- 156) Mellberg JR. Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ. *J Dent Res* 1992; **71 Spec No**: 913-919.
- 157) Zero DT. In situ caries models. *Adv Dent Res* 1995; **9**: 214-230; discussion 231-214.
- 158) Rueggeberg FA. Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. *Dent Mater* 1991; **7**: 2-10.
- 159) Skene L. Ownership of human tissue and the law. *Nat Rev Genet* 2002; **3**: 145-148.
- 160) Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci* 2011; **53**: 273-282.
- 161) Poole DF, Shellis RP, Tyler JE. Rates of formation in vitro of dental caries-like enamel lesions in man and some non-human primates. *Arch Oral Biol* 1981; **26**: 413-417.
- 162) Featherstone JD, Mellberg JR. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Res* 1981; **15**: 109-114.
- 163) Gönenç Ö. Yeni Geliştirilmiş Remineralizasyon Ajanlarının Uygulandığı Yapay Çürük Lezyonlu Dişlerin Yüzey Mikrosertlik Değerlerinin ve Mineral Yoğunluk

- Ölçümlerinin Karşılaştırılması. İstanbul: Yeditepe Üniversitesi, 2015. Doktora Tezi.
- 164) Abuabara A, Santos AJ, Aguiar FH, Lovadino JR. Evaluation of microleakage in human, bovine and swine enamels. *Braz Oral Res* 2004; **18**: 312-316.
- 165) Lopes FM, Markarian RA, Sendyk CL, Duarte CP, Arana-Chavez VE. Swine teeth as potential substitutes for in vitro studies in tooth adhesion: a SEM observation. *Arch Oral Biol* 2006; **51**: 548-551.
- 166) Edmunds DH, Whittaker DK, Green RM. Suitability of human, bovine, equine, and ovine tooth enamel for studies of artificial bacterial carious lesions. *Caries Res* 1988; **22**: 327-336.
- 167) Takagi S, Liao H, Chow LC. Effect of tooth-bound fluoride on enamel demineralization/ remineralization in vitro. *Caries Res* 2000; **34**: 281-288.
- 168) Wennberg A, Orstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J* 1990; **23**: 13-19.
- 169) Yassin OM. In vitro studies of the effect of a dental explorer on the formation of an artificial carious lesion. *ASDC J Dent Child* 1995; **62**: 111-117.
- 170) Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Factors affecting the development of carious lesions in bovine teeth in vitro. *Arch Oral Biol* 1998; **43**: 619-628.
- 171) Tiwari S, Nandlal B. "Effect of nano-filled surface coating agent on fluoride release from conventional glass ionomer cement: an in vitro trial". *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2013; **31**: 91-95.
- 172) Bayrak GD, Sandalli N, Selvi-Kuvvetli S, Topcuoglu N, Kulekci G. Effect of two different polishing systems on fluoride release, surface roughness and bacterial adhesion of newly developed restorative materials. *J Esthet Restor Dent* 2017; **29**: 424-434.
- 173) Hahnel S, Muhlbauer G, Hoffmann J, et al. Streptococcus mutans and Streptococcus sobrinus biofilm formation and metabolic activity on dental materials. *Acta Odontol Scand* 2012; **70**: 114-121.
- 174) Meier R, Hauser-Gerspach I, Luthy H, Meyer J. Adhesion of oral streptococci to all-ceramics dental restorative materials in vitro. *J Mater Sci Mater Med* 2008; **19**: 3249-3253.
- 175) Montanaro L, Campoccia D, Rizzi S, et al. Evaluation of bacterial adhesion of Streptococcus mutans on dental restorative materials. *Biomaterials* 2004; **25**: 4457-4463.

- 176) Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent* 2010; **103**: 221-227.
- 177) Harris NO, Garcia-Godoy F. *Primary Preventive Dentistry*, 6th ed. edn. New Jersey: Pearson Education, 2004.
- 178) Axelsson P. *Diagnosis and risk prediction of dental caries*. Illionis: Quintessence, 2000.
- 179) Pereira CA, Eskelson E, Cavalli V, Liporoni PC, Jorge AO, do Rego MA. Streptococcus mutans biofilm adhesion on composite resin surfaces after different finishing and polishing techniques. *Oper Dent* 2011; **36**: 311-317.
- 180) Çökük N. Çeşitli full seramik sistemlerde; yüzey pürüzlülüğün ve polisaj metotlarının bakteri adezyonuna etkisinin incelenmesi. Konya: Selçuk Üniversitesi, 2007. doktora tezi.
- 181) Shahal Y, Steinberg D, Hirschfeld Z, Bronshteyn M, Kopolovic K. In vitro bacterial adherence onto pellicle-coated aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil* 1998; **25**: 52-58.
- 182) Poortinga AT, Smit J, van der Mei HC, Busscher HJ. Electric field induced desorption of bacteria from a conditioning film covered substratum. *Biotechnol Bioeng* 2001; **76**: 395-399.
- 183) Poortinga AT, Bos R, Busscher HJ. Electrostatic interactions in the adhesion of an ion-penetrable and ion-impenetrable bacterial strain to glass. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2001; **20**: 105-117.
- 184) Weerkamp AH, Uyen HM, Busscher HJ. Effect of zeta potential and surface energy on bacterial adhesion to uncoated and saliva-coated human enamel and dentin. *J Dent Res* 1988; **67**: 1483-1487.
- 185) Kolenbrander PE, Andersen RN, Blehert DS, Eglund PG, Foster JS, Palmer RJ, Jr. Communication among oral bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev* 2002; **66**: 486-505, table of contents.
- 186) Ikeda M, Matin K, Nikaido T, Foxton RM, Tagami J. Effect of surface characteristics on adherence of S. mutans biofilms to indirect resin composites. *Dent Mater J* 2007; **26**: 915-923.
- 187) Nishihara T, Koseki T. Microbial etiology of periodontitis. *Periodontol* 2000 2004; **36**: 14-26.

- 188) Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol* 1995; **22**: 1-14.
- 189) Carlen A, Nikdel K, Wennerberg A, Holmberg K, Olsson J. Surface characteristics and in vitro biofilm formation on glass ionomer and composite resin. *Biomaterials* 2001; **22**: 481-487.
- 190) Teughels W, Van Assche N, Sliepen I, Quirynen M. Effect of material characteristics and/or surface topography on biofilm development. *Clin Oral Implants Res* 2006; **17 Suppl 2**: 68-81.
- 191) Poggio C, Arciola CR, Rosti F, Scribante A, Saino E, Visai L. Adhesion of *Streptococcus mutans* to different restorative materials. *Int J Artif Organs* 2009; **32**: 671-677.
- 192) Eick S, Glockmann E, Brandl B, Pfister W. Adherence of *Streptococcus mutans* to various restorative materials in a continuous flow system. *J Oral Rehabil* 2004; **31**: 278-285.
- 193) Hahnel S, Ionescu AC, Cazzaniga G, Ottobelli M, Brambilla E. Biofilm formation and release of fluoride from dental restorative materials in relation to their surface properties. *J Dent* 2017; **60**: 14-24.
- 194) Lohbauer U, Kramer N, Siedschlag G, et al. Strength and wear resistance of a dental glass-ionomer cement with a novel nanofilled resin coating. *Am J Dent* 2011; **24**: 124-128.
- 195) Wang S, Guo L, Seneviratne CJ, et al. Biofilm formation of salivary microbiota on dental restorative materials analyzed by denaturing gradient gel electrophoresis and sequencing. *Dent Mater J* 2014; **33**: 325-331.
- 196) Zhang N, Melo MAS, Weir MD, Reynolds MA, Bai Y, Xu HHK. Do Dental Resin Composites Accumulate More Oral Biofilms and Plaque than Amalgam and Glass Ionomer Materials? *Materials (Basel)* 2016; **9**.
- 197) Andruccioli MC, Faria G, Nelson-Filho P, Romano FL, Matsumoto MA. Influence of resin-modified glass ionomer and topical fluoride on levels of *Streptococcus mutans* in saliva and biofilm adjacent to metallic brackets. *J Appl Oral Sci* 2017; **25**: 196-202.
- 198) Feng J, Cheng L, Zhou X, et al. In situ antibiofilm effect of glass-ionomer cement containing dimethylaminododecyl methacrylate. *Dent Mater* 2015; **31**: 992-1002.

- 199) El-Wassefy NA, El-Mahdy RH, El-Kholany NR. The impact of silver nanoparticles integration on biofilm formation and mechanical properties of glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent* 2018; **30**: 146-152.
- 200) Debnath A, Kesavappa SB, Singh GP, et al. Comparative Evaluation of Antibacterial and Adhesive Properties of Chitosan Modified Glass Ionomer Cement and Conventional Glass Ionomer Cement: an In vitro Study. *J Clin Diagn Res* 2017; **11**: ZC75-ZC78.
- 201) 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**: 58-64.
- 202) Tsutsumi C, Takakuda K, Wakabayashi N. Reduction of Candida biofilm adhesion by incorporation of prereacted glass ionomer filler in denture base resin. *J Dent* 2016; **44**: 37-43.
- 203) Suzuki N, Yoneda M, Haruna K, et al. Effects of S-PRG eluate on oral biofilm and oral malodor. *Arch Oral Biol* 2014; **59**: 407-413.
- 204) An YH, Friedman R. Laboratory methods for studies of bacterial adhesion. *Journal of Microbiological Methods* 1997; **30**: 141-152.
- 205) Guedes OA, Borges AH, Bandeca MC, et al. Chemical and structural characterization of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *J Contemp Dent Pract* 2015; **16**: 61-67.
- 206) Yoshiyama M, Tay FR, Doi J, et al. Bonding of self-etch and total-etch adhesives to carious dentin. *J Dent Res* 2002; **81**: 556-560.
- 207) Dijkman GE, de Vries J, Arends J. Secondary caries in dentine around composites: a wavelength-independent microradiographical study. *Caries Res* 1994; **28**: 87-93.
- 208) Diercke K, Lussi A, Kersten T, Seemann R. Isolated development of inner (wall) caries like lesions in a bacterial-based in vitro model. *Clin Oral Investig* 2009; **13**: 439-444.
- 209) Amend S, Frankenberger R, Lucker S, Domann E, Kramer N. Secondary caries formation with a two-species biofilm artificial mouth. *Dent Mater* 2018; **34**: 786-796.
- 210) Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, et al. Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater* 2001; **17**: 445-455.

- 211) Cook NB, Feitosa SA, Patel A, Alfawaz Y, Eckert GJ, Bottino MC. Bonding ability of paste-paste glass ionomer systems to tooth structure: in vitro studies. *Oper Dent* 2015; **40**: 304-312.
- 212) Imbery TA, Namboodiri A, Duncan A, Amos R, Best AM, Moon PC. Evaluating dentin surface treatments for resin-modified glass ionomer restorative materials. *Oper Dent* 2013; **38**: 429-438.
- 213) Mount GJ. Buonocore Memorial Lecture. Glass-ionomer cements: past, present and future. *Oper Dent* 1994; **19**: 82-90.
- 214) Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of glass ionomer (polyalkenoate) cements to dentine using four conditioners. *J Dent* 2000; **28**: 361-366.
- 215) Hoshika S, De Munck J, Sano H, Sidhu SK, Van Meerbeek B. Effect of Conditioning and Aging on the Bond Strength and Interfacial Morphology of Glass-ionomer Cement Bonded to Dentin. *J Adhes Dent* 2015; **17**: 141-146.
- 216) Gilmour AS, Edmunds DH, Newcombe RG. Prevalence and depth of artificial caries-like lesions adjacent to cavities prepared in roots and restored with a glass ionomer or a dentin-bonded composite material. *J Dent Res* 1997; **76**: 1854-1861.
- 217) Lobo MM, Goncalves RB, Ambrosano GM, Pimenta LA. Chemical or microbiological models of secondary caries development around different dental restorative materials. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005; **74**: 725-731.
- 218) Staninec M, Giles WS, Saiku JM, Hattori M. Caries penetration and cement thickness of three luting agents. *Int J Prosthodont* 1988; **1**: 259-263.
- 219) White DJ. Use of synthetic polymer gels for artificial carious lesion preparation. *Caries Res* 1987; **21**: 228-242.
- 220) Tsanidis V, Koulourides T. An in vitro model for assessment of fluoride uptake from glass-ionomer cements by dentin and its effect on acid resistance. *J Dent Res* 1992; **71**: 7-12.
- 221) Featherstone JD. Fluoride, remineralization and root caries. *Am J Dent* 1994; **7**: 271-274.
- 222) Ozgul BM, Tirali RE, Cehreli SB. Effect of Biodentine on secondary caries formation: An in vitro study. *Am J Dent* 2016; **29**: 71-74.
- 223) Diniz MB, Eckert GJ, Gonzalez-Cabezas C, Cordeiro Rde C, Ferreira-Zandona AG. Caries Detection around Restorations Using ICDAS and Optical Devices. *J Esthet Restor Dent* 2016; **28**: 110-121.

- 224) Kasraei S, Shokri A, Poorolajal J, Khajeh S, Rahmani H. Comparison of Cone-Beam Computed Tomography and Intraoral Radiography in Detection of Recurrent Caries under Composite Restorations. *Braz Dent J* 2017; **28**: 85-91.
- 225) Sichani AV, Javadinejad S, Ghafari R. Diagnostic value of DIAGNOdent in detecting caries under composite restorations of primary molars. *Dent Res J (Isfahan)* 2016; **13**: 327-332.
- 226) Rodrigues JA, Neuhaus KW, Hug I, Stich H, Seemann R, Lussi A. In vitro detection of secondary caries associated with composite restorations on approximal surfaces using laser fluorescence. *Oper Dent* 2010; **35**: 564-571.
- 227) Kositbowornchai S, Sukanya C, Tidarat T, Chanoggarn T. Caries detection under composite restorations by laser fluorescence and digital radiography. *Clin Oral Investig* 2013; **17**: 2079-2084.
- 228) Nokhbatolfoghahaie H, Alikhasi M, Chiniforush N, Khoei F, Safavi N, Yaghoob Zadeh B. Evaluation of Accuracy of DIAGNOdent in Diagnosis of Primary and Secondary Caries in Comparison to Conventional Methods. *J Lasers Med Sci* 2013; **4**: 159-167.
- 229) Turkun LS, Kanik O. Clinical evaluation of new glass ionomer-coating combined systems for 18-months. Abstract no:402, *IADR General Session*. Barcelona, 2010.
- 230) Diem VT, Tyas MJ, Ngo HC, Phuong LH, Khanh ND. The effect of a nano-filled resin coating on the 3-year clinical performance of a conventional high-viscosity glass-ionomer cement. *Clin Oral Investig* 2014; **18**: 753-759.
- 231) Schwendicke F, Kniess J, Paris S, Blunck U. Margin Integrity and Secondary Caries of Lined or Non-lined Composite and Glass Hybrid Restorations After Selective Excavation In Vitro. *Oper Dent* 2017; **42**: 155-164.
- 232) Kramer N, Schmidt M, Lucker S, Domann E, Frankenberger R. Glass ionomer cement inhibits secondary caries in an in vitro biofilm model. *Clin Oral Investig* 2018; **22**: 1019-1031.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Avşar	Soyadı	ÖZTÜRK
Doğum Yeri	SAKARYA	Doğum Tarihi	26.06.1990
Uyruğu	TC	TC Kimlik No	17936575250
E-mail	avsarozturk@hotmail.com	Tel	0(532) 173 0912

Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans/Yüksek Lisans	Diş Hekimliği	Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	-	Sakarya Anadolu Lisesi	2008

Bildiği Yabancı Dilleri	Yabancı Dil Sınav Notu
İngilizce	65.00 (YDS)

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft office	İyi

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (*Proceedings*) basılan bildiriler

“The management of spontaneously erupted supernumerary teeth: three case reports.” IAPD 2015, Glasgow, UK. Poster sunumu.
“A comprehensive treatment approach to an immature permanent molar: a case report” ICPD 2018, Erzurum, Poster sunumu.