T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CETRİMİDE VEYA GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİ İLAVESİNİN CAM İYONOMER SİMANIN ANTİBAKTERİYEL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN *IN-VITRO* ŞARTLARDA İNCELENMESİ

Sevil BORBAY AKGÜL

DOKTORA TEZİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Murat Selim BOTSALI

Konya-2015

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CETRİMİDE VEYA GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİ İLAVESİNİN CAM İYONOMER SİMANIN ANTİBAKTERİYEL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN *IN-VITRO* ŞARTLARDA İNCELENMESİ

Sevil BORBAY AKGÜL

DOKTORA TEZİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Murat Selim BOTSALI

II. Danışman

Doç. Dr. Uğur ARSLAN

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 14102003 proje numarası ile desteklenmiştir.

Konya-2015

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim süresince bana yol gösteren, birikimlerini benimle paylaşan, sabır ve anlayışla bana destek olan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat Selim BOTSALI' ya,

Tez çalışmalarım süresince bana her türlü yardımı yapan ve destek olan ikinci tez danışmanın Doç. Dr. Uğur ARSLAN'a,

Doktora eğitimim boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Sibel YILDIRIM, Doç. Dr. Gül TOSUN ve Yrd. Doç. Dr. Firdevs KAHVECİOĞLU' na,

Birlikte çalıştığımız tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve bölümümüzün bütün personeline,

Tüm yaşamım boyunca benim arkamda olan, varlıklarıyla bana huzur veren, benden sonsuz sevgi ve desteklerini esirgemeyen ve bugünlere gelmem için bana her türlü imkanı sağlayan çok değerli annem, babam ve ablama, çalışmalarım süresince bana gösterdiği, sabır ve anlayış için çok değerli eşim Yasin Erdem AKGÜL' e

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR v

1.GİRİŞ 1

1.1. Cam İyonomer Simanlar 2

1.1.1. Cam İyonomer Simanların Genel Özellikleri 2

1.1.2. Cam İyonomer Simanların Antibakteriyel Özellikleri 7

1.2. Cam İyonomer Siman Materyallerinin Modifikasyonunda Kullanılan Antibakteriyel Ajanlar 8

1.2.1. Cetrimide ve Özellikleri 12

1.2.2. Gümüş ve Özellikleri 15

1.3. Dolgu Materyallerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Değerlendirilmesi 21

1.4. Dolgu Materyallerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi 22

1.4.1. Yüzey Sertliği Testi 22

1.4.2. Bağlanma Dayanımı Testi 23

1.4.3. Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi 24

2. GEREÇ VE YÖNTEM 26

2.1. Cam İyonomer Materyallerin Modifiye Edilmesi 27

2.2. Direkt Kontakt Testi (DKT) 29

2.3. Bağlanma Dayanım testi 33

2.4. Yüzey Mikro Sertliği Testi (VHN) 36

2.5. Su Emilimi ve Çözünürlük Testi 38

2.6. İstatistiksel Değerlendirme 40

3. BULGULAR 42

3.1. Direkt Kontakt Testi Bulguları 42

3.1.1. *L. Casei* ile Yapılan Testin Bulguları 42

3.1.2. *S. Mutans* ile Yapılan Testin Bulguları 52

3.2. Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları 60

3.3. Yüzey Mikro Sertliği Testi Bulguları 63

3.4. Su Emilimi Testi Bulguları 64

3.5. Çözünürlük Testi Bulguları 66

4. TARTIŞMA 68

5. SONUÇ ve ÖNERİLER 86

6. KAYNAKLAR 91

7. EKLER 98

EK-A Etik Kurul Kararı 98

8. ÖZGEÇMİŞ 100

SİMGELER VE KISALTMALAR

A: Actinomyces

ADT: Agar difüzyon testi

Ag NP: Gümüş nanopartikül

$AgNO_3$: Gümüş nitrat

Al^{+3}: Alüminyum

ART: Atravmatik restoratif tedavi

Ba^{+2}: Baryum

$BaSO_4$: Baryum sülfat

BC: Benzalkonyum chlorür

BHI: Brain Hearth infuzyon broth

Ca^{+2}: Kalsiyum

CHX: Chlorhexidine

COO^{-}: Karboksil

CPC: Cetyl piridinyum chlorür

CT: Cetrimide

DKT: Direkt kontakt testi

F^{-}: Flor

H^{+1}: Hidrojen

K^{+1}: Potasyum

KM: Ketac Molar

L: Lactobacillus

La^{+3}: Latanyum

La_2O_3: Latanyum oksit

Maks: Maksimum

Min: Minimum

mL: Mililitre

mm: Milimetre

MMP: Matriksmetalloproteinaz

Mpa: Megapaskal

N: Newton

Na^{+1}: Sodyum

nm: Nanometre

OD: Optik dansite

OH^{-}: Hidroksil

P^{-3}: Fosfor

PBS: Phosphate Buffer Saline

RD: R&D Series Novaglass-F

RMCİS: Rezin modifiye cam iyonomer siman

S: Streptococcus

Sr^{+2}: Stronsiyum

SrO: Stronsiyum oksit

Std Sap: Standart sapma

TiO_2: Titanium dioksit

TSB: Triptik Soy Broth

VHN: Vicker's Hardness

Zn^{+2}: Çinko

ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Cetrimide veya Gümüş Nanopartikülleri İlavesinin Cam İyonomer Simanın Antibakteriyel ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisinin *In-Vitro* Şartlarda İncelenmesi

Sevil BORBAY AKGÜL
Pedodonti Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA-2015

Bu tez çalışmasında iki farklı cam iyonomer siman (Ketac Molar Easymix ve R&D Series Novaglass F) materyaline cetrimide (CT) ve gümüş nanopartikül (Ag NP) ilavesinin *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus casei* üzerine antibakteriyel etkisinin değerlendirilmesi ve materyallerin fiziksel özelliklerinin *in-vitro* olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Cam iyonomer siman materyallere %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edildi. Kontrol grubuna CT veya Ag NP ilave edilmedi. CT veya Ag NP ilavesinin *S. mutans* ve *L. casei* üzerinde antibakteriyel etki gösterip göstermediği Direkt Kontakt Testi ile değerlendirildi. CT veya Ag NP ilavesinin fiziksel özelliklere etkisinin incelenmesi için dentine bağlanma dayanımı, yüzey sertliği, su emilimi ve suda çözünürlük testleri uygulandı. Çalışmamızda deneysel olarak hazırlanan cam iyonomer simanların antibakteriyel etkinliği değerlendirildiğinde; %1 ve %2 CT ilavesinin yaşlandırılmış RD örnekleri dışında tüm örneklerde yüksek antibakteriyel etkisi olduğu, %1 ve %2 Ag NP ilavesinin *S. mutans* üzerinde tüm taze örneklerde inhibisyon etkisi olduğu, *L. casei* üzerinde ise yaşlandırılmış KM örnekleri dışında belirgin bir antibakteriyel etkisinin olmadığı görüldü. Fiziksel özelliklerin test edilmesi sonucunda, genel olarak %1 ve %2 CT veya Ag NP ilavesi ile fiziksel özelliklerde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede azalma meydana geldiği gözlendi.

Diş hekimliğinde oldukça geniş bir endikasyon sahası olan cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin geliştirilmesi, özellikle pedodonti kliniklerinde daha başarılı restorasyonların yapılmasını sağlayacaktır. CT ve Ag NP'nin cam iyonomer simanların antibakteriyel ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştıran daha çok çalışma yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

Anahtar Sözcükler: antibakteriyel, cam iyonomer siman, cetrimide, direkt kontakt test, gümüş nanopartikülleri.

SUMMARY

REPUBLIC of TURKEY
SELCUK UNIVERSITY
HEALTH SCIENCES INSTITUTE

***In-Vitro* Evaluation of Influence on Antibacterial and Physical Properties of Cetrimide and Silver Nanoparticles Incorporation in Glass Ionomer Cement**

Sevil BORBAY AKGÜL
Department of Pediatric Dentistry

PhD THESIS / KONYA-2015

The purpose of this *in-vitro* study is evaluating the antibacterial effect of two different type of glass ionomer cements (Ketac Molar Easymix and R&D Series Novaglass F) which were prepared by the addition of cetrimide (CT) and silver nanoparticles (Ag NP) into *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus casei* and also investigating the physical properties of the materials.

Into the experimental group of glass ionomer cement we added 1% and 2% CT or Ag NP. CT and Ag NP were not added to the control group. Antibacterial effect of the addition of CT and Ag NP on *S. mutans* and *L. casei* was evaluated by the direct contact test. To investigate the effect of the addition of CT and Ag NP on physical properties, bond strength to dentin, surface hardness, water absorption and solubility tests were used. In this study, evaluation of antibacterial properties of two glass ionomer cements was prepared by the addition of CT showed inhibitory effect on *S. mutans* and *L. casei* in all samples except aged RD samples. Addition of Ag NP showed inhibitory effect on *S. mutans* in all fresh samples, and no significant antibacterial effect on *L. casei* except aged KM samples. According to physical tests, as a result of the addition of CT or Ag NP decreased physical properties.

Strentghening antibacterial effects of glass ionomer cements which have wide indication areas in dentistry give rise to successful restorative applications especially in pediatric dentistry. We believe that investigating the effect of antibacterial and physical properties of the glass ionomer cements including CT and Ag NP more study needs to be done.

Key Words: antibacterial, cetrimide, direct contact test, glass ionomer cement, silver nanoparticles.

1. GİRİŞ

Diş çürüğünün tedavisi çürüğün mekanik ya da kimyasal bir yöntemle ortadan kaldırılması ile mümkün olmaktadır. Çürüğün mekanik olarak kaldırılması, mikroorganizmaların eliminasyonu için yeterli olmamaktadır. Diş çürüğünün temizlenmesindeki amaç enfekte dentinin uzaklaştırılması ve çürükten etkilenmiş dentin dokusunun, yani parsiyel olarak demineralize olmuş, fakat kollajen matriksi bozulmamış ve remineralizasyon potansiyeline sahip dokuların korunmasıdır (Yazıcı ve ark 2002, Dinç 2012).

Pulpal enflamasyonda başlıca etkenin mikroorganizmalar ve ürünleri olduğu bilinmektedir (Siqueira ve Rocas 2008). Dişlerdeki madde kayıpları restore edilse bile restorasyondan sonra rezidüel mikroorganizmaların çoğalabilecekleri ve toksinlerinin pulpaya diffüze olarak enfeksiyona neden olabilecekleri bildirilmiştir (Polydorou ve ark 2006). Bu sebeple mikroorganizmaların neden olduğu postoperatif duyarlılığı, çürük rezidivini ve pulpa enflamasyonunu engellemek amacıyla antibakteriyel etkiye sahip restoratif materyallerin kullanımı tavsiye edilmektedir (Polydorou ve ark 2006, Davidovich ve ark 2007).

Cam iyonomer simanlar, asit-baz reaksiyonu ile sertleşmesi, mine ve dentine kimyasal olarak bağlanması, kabul edilebilir estetik, florid salımı yaparak restorasyona komşu diş dokularını sekonder çürüklere karşı potansiyel koruyucu etkisi gibi olumlu özellikleri nedeniyle yaygın kullanım alanı bulan materyallerdir. Cam iyonomer simanların potansiyel çürük durdurucu etkileri, florid salımı ve antibakteriyel aktiviteleri gibi özellikleri bu materyalleri avantajlı hale getirmiştir (Markovic ve ark 2008).

Diş ve restorasyon ara yüzeyindeki bakteri miktarının azaltılması ile sekonder çürük oluşma riskinin azalması beklenmektedir. Bu durum antibakteriyel etkinliği yüksek ve dişte remineralizyon yapma potansiyeli olan materyaller ile mümkündür (Hicks ve ark 1986, Wiegand ve ark 2007). Yapılan klinik çalışmalarda cam iyonomer siman ile restore edilen dişlerin altında rezidüel bakterilerin iki yıldan daha uzun süre ile yaşamlarını sürdürebildiği bildirilmektedir (Weerheijm ve ark 1993, Frencken ve ark 1998, Weereijm ve Groen 1999). Bu nedenle cam iyonomer simanların çürük önleyici etkisi halâ tartışılmaktadır (Weerheijm ve ark 1993,

Tüzüner 2008). Cam iyonomer simanların antibakteriyel özellikleri geliştirilerek karyojenik bakterilerin öldürülmesi istenen özelliklerdir (Botelho 2003, Elsaka ve ark 2011).

Bu doğrultuda cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerini geliştirmek amacıyla birçok farklı materyal kullanılmaktadır (Botelho 2003, Botelho 2005a, Takahashi ve ark 2006, Yeşilyurt ve ark 2009, Deepalakshmi ve ark 2010, Elsaka ve ark 2011). Benzalkonium Chloride, Benzethonium Chloride, Cetrimide, Cetrimonium Bromide, Cetyplpridinium Chloride, Cetalkonium Chloride, Stearalkonium Chloride ve Chlorhexidine antibakteriyel özelliği bulunan katyonik dezenfektanlardır (Tüzüner 2008). Günümüzde yapılan çalışmalarda katyonik dezenfektanlar cam iyonomer simanın tozuna, likidine veya düzenleyicisi (conditioner) içerisine ilave edilerek antibakteriyel etkinliği değerlendirilmektedir. Günümüzde cam iyonomer simanların antibakteriyel etkinliğini geliştirmek amacıyla kullanılan diğer bir alan nanopartiküllerdir. Nanopartiküller ile modifiye edilen cam iyonomer simanlarda katyonik dezenfektanlara göre daha uzun süreli antibakteriyel etkinlik ve daha iyi fiziksel özellikler hedeflenmektedir (Fujun ve ark 2013). Nanoteknolojinin ve nanoteknolojik ürünlerin günlük hayatımıza girmesiyle birlikte nanoteknoloji, nanopartiküllerin mevcut antibiyotiklere karşı dirençli olan bakteriler üzerinde de etki göstermesi sebebiyle, restoratif materyallere antibakteriyel özellik kazandırılması konusunda araştırma konularından biri haline gelmiştir (Yeğin 2013).

1.1. Cam İyonomer Simanlar

1.1.1. Cam İyonomer Simanların Genel Özellikleri

1972 yılında Wilson ve Kent tarafından geliştirilen cam iyonomer simanlar ilk tanıtıldığında ASPA (alüminasilikat poliakrilik asit) olarak isimlendirilmiştir (Wilson ve Kent 1972). Cam iyonomer siman yapısında florid içeren ve dişlere fizikokimyasal olarak bağlanabilen bir materyaldir. Yüksek oranda florid salabilme özelliğine sahip olan bu materyal, diş hekimliğinde çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Zaimoğlu ve ark 1993, Önal 2004).

Cam; SiO_2, Al_2O_3, CaF_2, $AlPO_4$, Na_3AlF_4 moleküllerinden oluşur. Metal iyonları sodyum (Na^{+1}), çinko (Zn^{+2}), stronsiyum (Sr^{+2}), kalsiyum (Ca^{+2}), alüminyum

(Al^{+3}), lantanyum (La^{+3}) ve potasyumdan (K^{+1}) meydana gelmektedir (Mount 1994, Smith 1998).

Cam iyonomer simanın üretim sürecinde, erime ısısını arttırmada fosfat (P^{-3}) ve florid (F^{-}) iyonları kullanılır. Na^{+1} ve Ca^{+2} iyonları ise sertleşme reaksiyonunda etkilidir (Mount 1994, Smith 1998). Son dönemlerde camın yapısında stronsiyum (Sr^{+2}), baryum (Ba^{+2}) ve çinko (Zn^{+2}) bulunmaktadır. Cam iyonomer simana radyoopasite kazandırmak için camın tozuna stronsiyum oksit (SrO), baryum sülfat ($BaSO_4$) ve lantanyum oksit (La_2O_3) molekülleri katılmaktadır (Deb ve Nicholson 1999).

Floroalümina silikat cam florid iyonu salma özelliğine sahiptir (Mount 1994). Asit difüzyonu evresinde florid iyonu NaF molekülünden yayılmaktadır. Florid iyonu salımından sonra cam iyonomer simanın fiziksel özelliği bozulmamaktadır. Cam iyonomer simanın florid iyonunu reşarj edebilme özelliği bulunmaktadır. Bu özellik sayesinde cam iyonomer simanın uzun dönem florid iyonu salımı yapabileceği bildirilmektedir (Vermeersch ve ark 2001).

Cam iyonomer simanın likit bölümü poliakrilik asit, tartarik asit, itakonik asit veya sadece distile sudan oluşabilir. Likit bölümü sadece sudan oluşan cam iyonomer simanlarda poliakrilik asit yerine tozunda polimaleik asit vardır (O'Brien 2002, Önal 2004). Poliakrilik asidin reaktivitesi kopolimerin içeriğine, molekül ağırlığına ve konsantrasyonuna bağlıdır. Akrilik aside itakonik asit veya maleik asit eklenmesine bağlı olarak karboksilik grupların sayısı artmaktadır. Karboksilik grupların sayısındaki bu artış sertleşme sürecinde fiziksel özellikleri olumlu yönde etkilemektedir (Nicholson 1998).

Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu, alümina silikat cam tozu ve poliasit likit arasındaki asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşmektedir (Mount 1994, Kleverlaan ve ark 2004). Sertleşme reaksiyonu üç aşamadan oluşmaktadır. İyon salımı fazı da denilen ilk aşama alümina silika cam tozu ile poliasidin karıştırılmasıyla başlar. Poliasitten gelen H^{+1} iyonları floroalümina silikatın dış yüzeyini çözerek Al^{+3}, Ca^{+2}, Na^{+1} ve F^{-} iyonlarının salımını arttırır. Floroalümina silikatın yüzeyinde metalik iyon kaybı oluşur ve bununla birlikte silika jel tabakası

oluşmaya başlar. Oluşan bu silika jel tabakası reaksiyona girmemiş cam partiküllerini sarar (Nicholson 1998).

Hidrojel fazı da denen ikinci aşama, karıştırma işlemi başladıktan beş-on dakika sonra başlar. Ortama salınan Ca^{+2} ve Al^{+3} iyonları asitten gelen karboksilat iyonları (COO^{-}) ile reaksiyona girer ve ikili veya üçlü çapraz bağlar ile iyonik köprüler meydana gelir. İlk aşamada camdan salınan Ca^{+2} iyonları, kalsiyumpoliakrilat çapraz bağlarını oluşturur. Kalsiyumpoliakrilat çapraz bağlarının oluşması simanın ilk 3-5 dakikadaki erken dönem sertleşmesinden sorumludur. Kalsiyumpoliakrilat çapraz bağlarının zayıf yapıda olması ve suda çözünmesi sebebiyle cam iyonomer siman suya bu dönemde daha duyarlıdır (Nicholson 1998). Daha sonra Al^{+3} iyonları salınmaktadır, meydana gelen alüminyumpoliakrilat çapraz bağları simanın 24-48 saat süren geç sertleşmesinden sorumludur. Alüminyumpoliakrilat çapraz bağları suya daha dayanıklıdır (Kleverlaan ve ark 2004).

Üçüncü aşama olan polikarboksilat jel fazı aşamasında siman sert bir yapıdadır ve simanın olgunlaşması Al^{+3} iyonlarının yavaş salımı ile gerçekleşmektedir (Nicholson 1998).

Cam iyonomer simanların dişe herhangi ilave bir uygulama gerektirmeden adezyon özellikleri vardır. Adezyonun oluşabilmesi için; uygulanan yüzeyin temiz olması, bu yüzeyin adezivle tam olarak ıslanması ve adezivin katı forma geçişi gerekmektedir (Lin ve ark 1992). Cam iyonomer simanın diş dokusuna adezyonu iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada mikromekanik bir bağlanma olur. Bu bağlanma, alkenoik asidin diş yüzeyini temizlemesi ile yüzeyel demineralizasyon oluşması ve hidroksiapatit ile kaplı kollajen fibrillerin yüzeyel hibridizasyonu ile sağlanır. İkinci aşamada ise kimyasal bağlanma meydana gelir. Bu bağlanma polialkenoik asidin karboksil grubu ile açığa çıkan kollajen etrafında kalan hidroksiapatitin kalsiyumu arasında iyonik bağın oluşması ile sağlanır (Köroğlu ve ark 2012). Dentinde ise hidroksiapatite bağlanmanın yanısıra, dentin kollajeni ile polikarboksilik asitin karboksilik grupları arasında hidrojen iyon köprüleri aracılığıyla ikinci bir bağlanmanın olduğu bildirilmiştir (Bek ve Gülmez 2001).

Adezyon sonucunda oluşan tabakaya Asit Baz Rezistans tabaka, hibrit benzeri tabaka veya iyondan zengin tabaka adı verilir (Kleverlaan ve ark 2004). Dişte bulunan Asit Baz Rezistans tabakası dış ortamdaki bozulmalara karşı dirençlidir. Cam iyonomer siman düştükten sonra çürük oluşmaması, Asit Baz Rezistans tabakanın diş yüzeyinde kalması ve bu bölgenin florid iyonundan zengin olması sebebindendir (Nicholson 1998, Kleverlaan ve ark 2004).

Cam iyonomer simanların bir florid deposu olarak hizmet ettiği ve uzun bir süre boyunca yavaş bir şekilde florid iyonu salmaya devam ettikleri bildirilmiştir. Bu simanların sürekli olarak florid salımı yapması, simanın çürük önleyici etki gösterebileceğini ortaya koymuştur. Florid hidroksiapatitin OH^- iyonları ile yer değiştirerek minenin yüzey enerjisini azaltmaktadır. Ayrıca patojen mikroorganizma enzimlerinin aktivitesini önlemektedir (Croll ve Nicholson 2002).

Cam iyonomer simanların dişe kimyasal olarak bağlanabilmesi ve yüksek oranda florid salımı ile çürük önleyici etki gösterebilmesi sebebiyle, restoratif dolgu materyali olarak kullanımı önerilmiştir (Croll ve Nicholson 2002) .

Cam iyonomer simanların kimyasal adezyonları, florid salımına bağlı olarak çürük önleyici özellikleri, biouyumluluk gibi avantajlarının yanısıra sertleşmenin erken döneminde nem hassasiyeti ve dehidratasyon, düşük kırılma dayanımı ve düşük aşınma direnci gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Croll ve Nicholson 2002, Qvist ve ark 2004, Markovic ve ark 2008, Bonifacio ve ark 2009, Kaya ve Tirali 2013). Cam iyonomer simanlar dezavantajları sebebiyle diş hekimliğinde kullanım alanları sınırlı olup henüz ideal restoratif materyal olarak kullanılamamaktadır. Araştırmacılar yapılan çalışmalarda bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla yeni formüller geliştirerek özellikle cam iyonomer simanların fiziksel ve antibakteriyel özelliklerinin arttırılmasına odaklanmışlardır (Croll ve Nicholson 2002, Botelho 2003, Önal 2004).

Cam iyonomer simanların geliştirilebilmesiyle ilgili yapılan çalışmalarda, gümüş, altın gibi değerli metaller, basınç ve ısı altında cam tozuyla birleştirilerek seramik-metal (sermet) simanlar elde edilmiştir. Gümüş-sermet simanları ortalama 3,5 μm boyutlarındaki gümüş tozlarının basınç ve ısı altında camla birleştirilmesiyle hazırlanmıştır. Renk uyumlarını arttırmak için ağırlıkça %5 oranında titanyum

dioksit eklenmiştir. Bu simanların likit kısmı ise poliakrilik asitten oluşur (Zaimoğlu ve ark 1993, Smith 1998, Croll ve Nicholson 2002, Önal 2004). Estetik olmaması sebebiyle kullanımı arka grup dişlerle sınırlıdır. Cam iyonomer sermet simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre abrazyona ve kırılma direncine dayanıklılıkları artmıştır (McLean ve Gasser 1985).

Geleneksel cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla simana rezin eklenerek rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) geliştirilmiştir. Bu simanlarda çalışma süresi ve yüzey sertliği artmıştır. RMCİS, fotosensitif cam tozu ve fotoinitiator içeren ve temeli poliakrilik asit olan likitten oluşur. RMCİS'lerin ilk reaksiyonu asit-baz reaksiyonu, ikincil reaksiyonu fotokimyasal polimerizasyondur (Kaya ve Tirali 2013).

Cam iyonomer simanların erken dönemde suya hassasiyetini azaltmak, aşınma direncini ve sertliğini arttırmak, yoğun çiğneme kuvvetlerine maruz kalan alanlarda kullanılabilmelerini sağlamak için 1990'lı yıllarda kondanse edilebilir yüksek viskoziteli simanlar üretilmeye başlanmıştır (Frencken ve ark 1996, Frencken ve ark 1998, Frencken ve Holmgren 1999). Bu simanlar; yüksek viskoziteli toza poliakrilik asit eklenmesiyle elde edilir. Yüzey sertlikleri hibrit kompozitlere benzer bulunmuştur. Abrazyon dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha fazla olup, florid salınımları ise geleneksel cam iyonomer simanlara benzerdir. Aşınma direnci ve gerilme direnci geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha üstündür (Kaya ve Tirali 2013).

Cam iyonomer simanlar geliştirilerek cam partiküllerinin yüzeyindeki fazla Ca^{+2} iyonlarının uzaklaştırılmasıyla, toz/likit oranının, partikül boyutlarının ve dağılımının değiştirilmesiyle, simanın mekanik özellikleri ve aşınma direnci iyileştirilmiştir. Araştırmalarda, yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların diğer cam iyonomer simanlara göre sertleşme reaksiyonunu daha hızlı tamamladığı, bu sebeple erken dönemde suya maruz kalmalarının simanın fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği bildirilmektedir (Çelik ve Ermiş 2008). Yüksek viskozitede üretilen bu simanlar temel asit-baz reaksiyonu ile sertleşmektedirler (Frencken ve ark 1996).

Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların, kooperasyonun sağlanamadığı yüksek çürük risk grubu çocuklarda süt dişlerinin sınıf III restorasyonlarında kullanılabilmeleri, kaviteye tek parça halinde yerleştirilebilmeleri avantaj sağlamaktadır (Çelik ve Ermiş 2008). Bu materyallerin sınıf I restorasyonlarda oldukça başarılı sonuçlar gösterdiği bildirilmektedir (Phantumvanit ve ark 1996).

Son yıllarda cam iyonomer simanların fiziksel ve antibakteriyel özelliklerini geliştirmek adına çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Fiziksel özelliklerini geliştirmeye yönelik girişimler; ultrasonik dalga aktivasyonu, N-vinylcaprolactam eklenmesi, nanopartiküllerin eklenmesi, ısı uygulanması, lazer ile kavite preperasyonu ve materyalin sertleşme ortamının modifiye edilmesi şeklindedir. Antibakteriyel özelliklerini geliştirmeye yönelik girişimler antibakteriyal ajanların eklenmesi ile karşımıza çıkmaktadır (Kaya ve Tirali 2013).

Rezin kompozitlere nanopartikül eklenmesinin kompozitlerin dayanıklılığını ve mekanik özelliklerini attırdığı bulunmuştur. Yakın zamanda cam iyonomer simanlara nanopartikül eklenmesi gündeme gelmiştir. Materyalin tozuna iterbiyum florür ve baryum sülfat nanopartiküllerinin eklenmesinin çalışma süresi ve başlangıç sertleşme süresini kısalttığı, ancak baryum sülfatın daha fazla eklenmesi sertleşme reaksiyonuna engel olduğu bildirilmiştir. Basma dayanıklılığının; baryum sülfat veya iterbiyum florür eklenmesiyle azaldığı ve yüzey sertliğinin önemsiz oranda arttığı, fazla nanopartikül ilavesiyle ise azaldığı bulunmuştur (Kaya ve Tirali 2013).

1.1.2. Cam İyonomer Simanların Antibakteriyel Özellikleri

Yaman ve ark (2004) cam iyonomer simanların kompomer ve kompozitlerle karşılaştırıldığında çürük oluşumunu önleyici etkisinin olduğunu bildirmiştir. Bu etkinin simandan florid iyonunun salınmasıyla ilgili olabileceği düşünülmektedir. Cam iyonomer simanların diş restorasyon ara yüzünde çürüğe karşı belirgin bir koruma sağladığı ve restorasyona komşu bölgeyi de çürükten koruduğu bildirilmiştir. Materyallerden salınan floridin komşu dişteki minenin yapısına dahil olduğu ve minenin çözünürlüğünde azalma sağladığı bildirilmiştir (Zimmerman ve ark 1984, Donly ve ark 1999, Yaman ve ark 2004).

Diş çürüğüne karşı koruma bakteriyel asit üretiminin inhibisyonu ve bakterilerin gelişiminin baskılanması ile sağlanır. Yapılan bir çalışmada asit

üretiminin inhibisyonuyla *in vivo* olarak diş yüzeyindeki demineralizasyonun durdurulduğu ve remineralizasyonun sağlandığı gözlenmiştir (Nakajo ve ark 2009).

Cam iyonomer simanların florid iyonu saldıkları için, dolgu-diş arayüzeyinde bakterilerin metabolizmalarını engelleyerek antibakteriyel özellik gösterdikleri öne sürülmüştür (Svanberg ve ark 1990, Marquis 1995).

Cam iyonomer simanlar ile yapılan dolguların üzerindeki *Streptococcus mutans (S. mutans)* sayısının kompozit dolgulara göre daha az olduğu bildirilmiştir (Nakajo ve ark 2009).

Da Silva ve ark (2007) ART'de kullanılan cam iyonomer simanın *S. mutans*, *S. sobrinus, Lactobacillus acidophylus (L. acidophylus)* bakterileri üzerine etkisini araştırmışlardır. Agar difüzyon test (ADT) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada cam iyonomer simanların antibakteriyel etki gösterdiği bulunmuştur.

Cam iyonomer simandan florid salımının, uygulandıktan sonraki ilk birkaç günde en yüksek olduğu daha sonra uzun dönemde azalarak sabit seviyeye indiği bildirilmiştir (Davidovich ve ark 2007).

Yukarıda belirtilen literatür ışığında, cam iyonomer simanların belirli bir miktar antibakteriyel etkiye sahip oldukları ancak kavitede kalan bakterilerin yok edilmesi ve sekonder çürük ihtimalinin azaltılması için bu materyallerin antibakteriyel etkinliğinin arttırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

1.2. Cam İyonomer Siman Materyallerinin Modifikasyonunda Kullanılan Antibakteriyel Ajanlar

Cam iyonomer siman materyalleri antibakteriyel ajanlar ile kombine edildiği zaman terapötik yarar elde edilebilir. Yapılan restorasyonların başarı oranındaki artış için cam iyonomer simana antibakteriyel ajanlar katılmıştır (Botelho 2003). Cam iyonomer simana chlorhexidine (CHX) ya da türevlerinin ilavesi cam iyonomer simanın karyojenik mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkisini geliştirmiştir (Botelho 2003, Takahashi ve ark 2006). Ayrıca, antibiyotik içeren cam iyonomer simanlar çürük lezyonlarının tedavisi için önerilmektedir (Pinheiro ve ark 2005). Cam iyonomer simana CHX, cetyl piridinyum chlorür (CPC), cetrimide (CT), benzalkonyum chlorür (BC), titanium dioksit (TiO_2) nanopartikülleri**,** gümüş

nanopartikülleri (Ag NP) gibi bakterisidler ilave edilerek gelişmiş antibakteriyel etkileri bildirilmiştir (Botelho 2003, Ahn ve ark 2009, Elsaka ve ark 2011).

Antibakteriyel ajan seçimi ve miktarı oldukça önemlidir. Bu katkı maddeleri materyalin temel özelliklerini riske atmamalıdır. Restoratif dental materyalin fonksiyonel kuvvetlere dayanması, uzun dönem klinik performansları için önemli bir gerekliliktir. Klinik kabul edilebilirlik için modifiye materyaller mekanik özelliklerden ödün vermeden üstün antimikrobiyal aktivite sağlamalıdırlar (Takahashi ve ark 2006, Tüzüner ve ark 2011). Fakat önceki bulgular cam iyonomer simana antimikrobiyallerin eklenmesinin, cam iyonomer simanın fiziko-mekanik performansını azalttığını ortaya koymuştur (Palmer ve ark 2004). CHX içeren cam iyonomerin, fiziksel özellikleri riske atmadan çürük durdurucu etkisi Takahashi ve ark (2006) tarafından bildirilmiştir.

Literatür, CHX'in yaygın bir şekilde cam iyonomer simana dahil edilmiş olduğunu ve tüm çalışmalar antibakteriyel etkilerinde bir artış göstermiş olduğunu ortaya koymuştur (Jedrychowski ve ark 1983, Ribeiro ve Ericson 1991, Botelho 2003).

Riberio ve Ericson (1991) yaptıkları çalışmalarında, CHX içeren cam iyonomer siman örneklerini, içermeyenlere göre *S. mutans, S. sobrinus* ve *Lactobacillus* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak 3 bakteri türüne karşı da antibakteriyel etkinlikte artış olduğu bulgulanmıştır.

Al-Musallam ve ark (2006) yaptıkları çalışmalarında, braketlerin yapıştırılması için kullanılan, ışıkla sertleşen adeziv içerisine %2,5; %5 ve %10 oranlarında CPC ekleyerek antibakteriyel etkinliğini değerlendirmişlerdir. CPC içeren tüm örneklerin bakteriyel inhibisyon gösterdiklerini bildirmişlerdir. En yüksek inhibitör etkinin ilk haftada görüldüğü, CPC konsantrasyonu ile inhibitör etkinin doğru orantılı arttığı fakat fiziksel özellikleri en az etkilenen grubun %2,5 CPC içeren adeziv örnekleri olduğunu bildirmişlerdir.

Antibiyotikler cam iyonomer siman tozu ile kolaylıkla karıştırılabilen katı maddelerdir (Yeşilyurt ve ark 2009). Antibiyotik aktivitesinin geniş spektrumlu

olması yani antibiyotiklerin kombine edilmesi, dirençli suş seçiciliği ihtimalini en aza indirir (Pinheiro ve ark 2005).

Pinherio ve ark (2005) yaptıkları çalışmalarında; çocukların düşen dişlerinde çürüğün parsiyel olarak temizlenmesinden ve %1 metronidazole, %1 ciprofloxacin, %1 cefalor ile kombine cam iyonomer siman ile kapatıldıktan sonra enfekte dentinden izole edilen bakteri sayılarında %98'den daha fazla azalma olduğunu bildirmişlerdir. Pinherio ve ark (2005), antibiyotik karışımı içeren bir cam iyonomer simanın, total canlı bakteriyi azaltarak çürük lezyonlarının tedavisinde kullanılabileceğini önermiştir. Bu antibiyotikler pulpa vitalitesi ve dentin dokusunu korurken total canlı bakteri sayısını azaltmaktadır.

Yeşilyurt ve ark (2009) yaptıkları bir çalışmada %1,5; %3 ve %4,5 oranlarında antibiyotik karışımı (siprofloksasin, metronidazol ve minosiklin) içeren cam iyonomer simanın antibakteriyel etkilerini, fiziksel özelliklerini ve bağlanma dayanımını değerlendirmiştir. Bu *in vitro* araştırmanın sonucunda, antibiyotik karışımı içeren cam iyonomer simanlar çürükle ilişkili bakteri inhibisyonunda etkili bulunmuştur. Antibiyotik içeren örnekler kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, *S. mutans ve L. casei*'ye karşı inhibitör etki gösterdiği bulgulanmıştır. Agar difüzyon testi, *S. mutans* ve *L. casei* varlığında ortaya çıkan inhibisyon zonunun büyüklüğünün, cam iyonomer siman ile birleştirilen antibiyotiğin miktarına bağlı olduğunu göstermiştir. Antibiyotik konsantrasyonunun artmasıyla, karışımın fiziksel özellikleri üzerine artan yan etkilere sebep olduğu gözlenmiştir. %3 ve %4,5 konsantrasyon oranlarındaki grupların basma dayanımında önemli derecede azalma gözlenmiştir (Yeşilyurt ve ark 2009).

Dentin bağlanma dayanım testi sonuçları, basma dayanımı testi sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Cam iyonomer simana %1,5 antibiyotik ilave edildiğinde, kontrol grubu cam iyonomer siman ile benzer bağlanma dayanımı göstermiştir, fakat %3 ve %4,5 antibiyotik içeren cam iyonomer siman için bağlanma dayanımında önemli bir azalma gözlenmiştir. Düşük bağlanma dayanımı sonuçlarının, polar ve iyonik çekimde, karboksilat ve inorganik iyonların dentin ile etkileşimi sebebiyle olabileceği bildirilmiştir. Antibiyotik karışımının %1,5 oranında ilave edilmesi, bağlanma ve fiziksel özelliklerde beklenen başarı için optimal bulunmuştur (Yeşilyurt ve ark 2009).

Antibiyotik eklenen cam iyonomer simanın, antibiyotik eklenmeyen cam iyonomer simanın altına kaide materyali olarak yerleştirilebileceği önerilmiştir. Cam iyonomer simanlara antibiyotik eklenmesi, zamanla ilaç direnci gelişimi ya da yan etki riskini arttırabilmektedir. Antibiyotik içeren cam iyonomer simanın uzun dönem farmakolojik ve klinik etkilerinin gelecekteki çalışmalarla araştırılması gerektiği bildirilmiştir (Yeşilyurt ve ark 2009).

Doksisiklin hiklat içeren bir RMCİS'in mekanik ve biolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada doksisiklin hiklat %1,5; %3; %4,5 oranlarında eklenmiş ve *S. mutans, L. acidophilus, L. casei ve A. viscosus* bakterilerine karşı test edilmiştir. Doksisiklin hiklat eklenen RMCİS, yalnız başına RMCİS ile karşılaştırıldığında test edilen bakterilere karşı antibakteriyel özelliklerde artış olduğu gözlenmiştir. Test edilen tüm doksisiklin konsantrasyonları mikroorganizmaların cam iyonomer simana tutunmasını azaltarak benzer antibakteriyel etki göstermişlerdir. Fakat 7 gün sonra sadece %4,5 doksisiklin test edilen bakterilere karşı etkili bulunmuştur. *L. acidophilus* antibiyotiğe karşı en duyarlı bakteri olarak bulunmuştur. Pulpa hücreleri için toksik etkilere sebep olmadan ya da simanın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden oral patojenlere karşı en yüksek antibakteriyel etkiyi %4,5 doksisiklin konsantrasyonunun oluşturduğu bildirilmiştir. Materyalin mekanik özelliklerinde değişme gözlenmemiştir. Doksisiklin hiklat'ın parsiyel çürük uzaklaştırma prosedürlerinden sonra dentin tedavisi için umut verici bir materyal olabileceği bildirilmiştir (de Castilho ve ark 2012).

Tetrasiklin ve semi sentetik formlarının, doksisiklin ve minosiklin insan hücreleri için güvenli olduğu, *gram pozitif, gram negatif*, anaerobik ve aerobik bakterilere karşı etkili olduğu düşünülmektedir. Tetrasiklinlerin diğer bir özelliği de matriksmetalloproteinaz (MMP)'ların sekresyonunu ve aktivitesini inhibe etmesidir. Çürük proçesinde, hidroksiapatitin bozulmasının ardından kollajen ağ enzimatik yıkılma için korunmasız hale gelir. Fakat, bakteriyel kollajenazlar demineralizasyon sırasındaki pH düşüşüne direnmez, hem dentin hem de tükürükte MMP'ler gibi proteolitik enzimleri öne sürerler. Dentinde organik matriks yıkılmasında önemli bir role sahiptir (Chaussain-Miller ve ark 2006). Bu sebeple tetrasiklinlerin ve

türevlerinin kullanılması inaktif MMP'ler için katkıda bulunarak çürük ilerlemesini durdurabilir (de Castilho ve ark 2012).

TiO_2 nanopartiküllerinin dental rezin kompozitler ve epoksi için güçlendirici doldurucu olarak kullanımı önerilmiştir (Xia ve ark 2008). TiO_2 bir katkı maddesi olarak birçok ümit verici özelliklere sahiptir. Kimyasal olarak stabildir. Biyolojik uyumludur ve toksik değildir (Yang ve ark 2001).

Yapılan bir çalışmada geleneksel cam iyonomer siman (Kavitan Plus) tozuna %3, %5 ve %7 oranlarında TiO_2 nanopartikülleri ilave edilmiştir. Fiziksel özellikleri ve *S. mutans'* a karşı antibakteriyel aktiviteleri değerlendirilmiştir. Cam iyonomerin TiO_2 içeren tüm oranları TiO_2 içermeyen kontrol grubuna göre önemli derecede daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir. TiO_2 nanopartüküllerin %3 ve %5 oranlarında ilave edilmesi kırılma, bükülme ve basma dayanımını arttırmıştır. TiO_2 nanopartiküllerin %7 oranında ilave edilmesi mekanik özelliklerde azalma göstermiştir. TiO_2 nanopartiküllerin %5 ve %7 oranlarında ilave edilmesi yüzey mikrosertliğini olumsuz etkilemiştir. Çalışma zamanı azalmıştır. Dentine bağlanma dayanımı ya da florid salımını etkilememiştir. %3 TiO_2 nanopartiküllerinin mekanik ve antibakteriyel özellikleri geliştiren güvenilir bir restoratif materyal olduğu sonucuna varılmıştır (Elsaka ve ark 2011).

1.2.1. Cetrimide ve Özellikleri

Deterjanlar, yüzey gerilimini azaltan yüzey aktif maddelerdir. Yüzey aktif maddeler, hidrofobik ve hidrofilik gruplara sahiptirler. Hidrofilik polar gruplar kimyasal karakterlerine göre; aniyonik, noniyonik ve katyonik yüzey aktif maddeler olarak gruplara ayrılırlar (Chambers 2007).

Kuaterner amonyum ve piridinyum tuzları katyonik yüzey aktif maddelerdir. Antiseptik ve dezenfektan olarak kullanılmaktadırlar (Kayaalp 2009). Renksiz, kokusuz, korozif olmayan, boyamayan, aşındırıcı olmayan, ucuz, kısmen nontoksik ve deterjan özellikleri ile ideal dezenfektanlardır. Katyonik dezenfektanların etkileri alkali çözeltilerde maksimum iken, organik madde bulunduğunda çok azalır (Söğüt 2013). Bu dezenfektanlar, sabun gibi aniyonik deterjanlar, noniyonik deterjanlar, kalsiyum, magnezyum, ferrik ve alüminyum iyonları tarafından inaktive edilirler. Genellikle iyi tolere edilirler (Chambers 2007). Katyonik dezenfektanlar, hastane

ortamında; duvar, yer, mobilya, tuvalet ve alet yüzeyleri gibi kritik olmayan bölgelerin dezenfeksiyonunda kullanılabilirler. Cerrahi el yıkamada, kontak lens dezenfektanı olarak, tıbbi aletler üzerine jermisid etkili olarak ve besin endüstrisinde kapların dezenfeksiyonu için de kullanılırlar (Kayaalp 2009, Söğüt 2013).

Katyonik dezenfektanlar, bakteriostatik, fungustatik ve sporistatik, yüksek konsantrasyonlarda bakterisid etki oluştururlar (Chambers 2007). Bakterisid özellikleri enerji üreten enzimlerin inaktivasyonu, protein denatürasyonu ve hücre membranının yıkımı şeklinde etki göstermektedir. Bu dezenfektanların etki hedefi, bakterilerde sitoplazmik membran, mayalarda plazma membranıdır. Mikroorganizmaya penetre olan katyonik dezenfektanlar, yüzeyde aktif olmaları sebebiyle stoplazmik membran permeabilitesini artırırlar, lipid veya proteinleri etkileyerek membranın bozulmasına yol açarlar. Hücre içi enzimlerin, koenzimlerin, iyon ve metabolitlerin hücre dışına sızması ile bakteri hücresinin işlevsel dengesi bozulur. Katyonik dezenfektanlar konsantrasyon artışına bağlı olarak bakteri hücresinde glukoz ve laktoz metabolizmasının inhibisyonu, yapısal proteinlerin bozulması, metabolik bozukluklar, enzim inaktivasyonu ve çok yüksek konsantrasyonlarda proteinlerin denatüre olmasına neden olurlar. Protein ve nükleik asitlerin bozulması sonucunda otolitik enzimler tarafından hücre lizisi gerçekleşir. Katyonik dezenfektanlar kısaca bakterilerde yapı ve sitoplazma membranı bütünlüğünün bozulmasına sebep olurlar (Chambers 2007, Kayaalp 2009).

Katyonik dezenfektanlar antimikrobiyal etki spektrumları ele alındığında bakteriler, virüsler, mantarlar ve alglere etkilidirler. *Gram-pozitif* bakteriler üzerindeki etkileri, *gram-negatif* bakterilere göre daha güçlüdür. Düşük konsantrasyonda solüsyonlar halinde bile etkilidirler ve ayrıca sistemik toksisiteleri de zayıftır. Sabunlarla ve temizlik için kullanılan diğer anyonik deterjanlarla birlikte kullanıldıklarında kimyasal kompleks oluşumu sonucu inaktif hale gelirler; aynı şekilde iyod, potasyum permanganat, gümüş tuzları ve çinko sülfat bileşikleri de etkinliklerini azaltır. Alkali ortamda etkileri artarken, asit ortamda etkinlikleri azalır. Plastik, lastik, pamuk ve pamuk liflerinden yapılmış eşya ve alet yüzeylerine adsorbe olduklarından bu maddelerle temas halinde etkinlikleri azalır (Söğüt 2013).

Katyonik dezenfektanların başlıcaları; Benzalkonyum chlorür, Cetrimide, Cetrimonyum bromür, Cetil pridinyum chlorür, Benzetonyum chlorür, Chlorhexidine ve Alexidin'dir (Kayaalp 2009).

Seyreltik cetrimide solüsyonları şampuan şeklinde kepeğin önlenmesinde ayrıca cilt, yara ve yanıkların temizliğinde, jinekolojide, ürolojide, ameliyat öncesi hızlı deri antisepsisinde, antiseptik olarak hastane eşya, alet ve donanımının genel antisepsisi için dezenfektan olarak, koku giderici özelliğinden dolayı vücudun kötü kokularını gidermede kullanılır. Güçlü bir antibakteriyel etkisi vardır. Katyonik yapıda olduğundan dokulara kuvvetli biçimde bağlanır ve absorbsiyonu yok denecek kadar azdır. Göz ve mukoza membranları için irritandır (Kayaalp 2009, Söğüt 2013).

Diş hekimliğinde CT ve CHX kombinasyonu kök kanal tedavilerinde kullanılmaktadır ve güçlü antibakteriyel etkileri bildirilmiştir (Önçağ ve ark 2003).

Yapılan bir çalışmada, Fuji IX cam iyonomer simanın antibakteriyel potansiyelini arttırmak için, Fuji IX cam iyonomer simanın içerisine katyonik antibakteriyel ajan olan CHX diasetat ve CT ilave edilmiştir. Antibakteriyel, fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. *L. casei'*ye karşı üretilen inhibisyon zonu boyutlarının, CHX ve CT'nin konsantrasyonuna bağlı olduğu bulunmuştur. CHX ve CT'nin %2 oranında ilave edildiği gruplar, %1 oranında ilave edildiği gruplar ile karşılaştırıldığında daha büyük inhibisyon zonları üretmiştir. CHX ve CT'nin %2 oranında ilave edilen gruplarının basma dayanımı, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli derecede azalmıştır. Fakat %1 CHX ve %1 CT gruplarında basma dayanımı üzerine hiçbir etki gözlenmemiştir (Deepalakshmi ve ark 2010). *Lactobacillus* cam iyonomer simanın inhibitör etkileri için en dirençli organizmalar olarak bulunmuştur (Herrera ve ark 1999, Deepalakshmi ve ark 2010). Cam iyonomer simanın CT ile kombinasyonu, CHX ile karşılaştırıldığında daha etkili bulunmuştur. Cam iyonomer simana %1 CT eklenmesinin, antibakteriyel etkiyi, fiziksel özellikleri etkilemeden sağlamak için optimal olduğu bildirilmiştir (Deepalakshmi ve ark 2010).

Botelho (2003) yaptığı çalışmasında Fuji IX'un tozuna CHX, CPC ve CT, likidine de BC %1, %2, %4 oranlarında eklenmiş ve *S. mutans*, *S. sobrinus*, *Lactobacillus, A. odontolyticus, A. naeslundii* bakterilerine karşı antibakteriyel

etkinlikleri değerlendirilmiştir. Kontrol grubu olarak belirlenen antibakteriyel içermeyen cam iyonomer grubunda antibakteriyel etkinlik olmadığı, antibakteriyel ajan içeren gruplarda antibakteriyel ajanın konsantrasyonu arttıkça inhibitör etkide artış olduğu bulgulanmıştır. En fazla inhibitör etkinin ilk birinci haftada oluştuğu, zamanla bu etkinin azaldığı bildirilmiştir. En iyi inhibitör etkiyi CT-Fuji IX kombinasyonunun oluşturduğu, *Lactobacillus* ve *A. odontolyticus* örneklerinde BC-Fuji IX ve CT-Fuji IX kombinasyonlarının CPC-Fuji IX ve CHX-Fuji IX kombinasyonlarına göre daha yüksek inhibitör etki oluşturduğu, *Streptococcus* örneklerinde ise CHX-Fuji IX kombinasyonunun istatiksel olarak anlamlı olmayacak şekilde daha yüksek inhibitör etki oluşturduğu bildirilmiştir (Botelho 2003).

Botelho (2005a) yaptığı diğer bir çalışmasında Fuji IX'un dentin düzenleyicisi içerisine %1 ve %5 oranlarında ayrı ayrı CT, CPC, CHX ve BC ekleyerek, *A. Naeslundi, Lactobacillus* ve *S. mutans* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinliklerini değerlendirmiştir. Antibakteriyel ajan içeren dentin düzenleyici örneklerinde içermeyenlere göre daha fazla inhibitör etki saptanmıştır. En fazla antibakteriyel etki oluşturan materyaller CT ve BC içeren dentin düzenleyici örnekleri, ikinci en yüksek etkiyi CHX içeren dentin düzenleyici örnekleri oluşturmuştur. CPC içeren solüsyonun *S. mutans* ve *A. naeslundi* bakterileri üzerinde en az etkiyi oluşturduğu bulgulanmıştır (Botelho 2005a).

Literatür incelendiğinde genel olarak, antibakteriyel etkinliklerinin geliştirilmesi amacıyla cam iyonomer simanlara eklenen katyonik dezenfektanlar içerisinde en etkili ajanın CT olduğu, antibakteriyel etkinliğin konsantrasyonla orantılı şekilde arttığı ve fiziksel özelliklerin konsantrasyon arttıkça azaldığı gözlenmiştir.

1.2.2. Gümüş ve Özellikleri

Gümüş (Ag), 1800'lerden beri sağlık sektöründe antiçürük, antimikrobiyal ve antiromatizmal özellikleri için kullanılmaktadır. Gümüş bileşikleri 1900'lerde romatizma ve tetanoz tedavisi için popüler ajanlardı. Antibiyotikler bulunmadan önce klinisyenler belsoğukluğunu gümüş bileşikleri yardımı ile tedavi etmeye çalışmışlardır (Peng ve ark 2012). Antibiyotiklerin gelişmesiyle 1930'larda penisilin ve diğer antibiyotikler kullanılmaya başlanmış ve gümüş bileşiklerinden daha üstün

bulunmuşlardır (Klasen 2001). Bu nedenle gümüş bileşiklerine klinik ilgi ve araştırma hızla azalmıştır. Fakat 1970'lerde bazı antibiyotiklerin antibakteriyel direnci sebebiyle gümüş bileşiklerine ilgi yeniden ortaya çıkmıştır. Günümüzde gümüş; geniş spektrumu, düşük toksisitesi ve bakteri direnci olmaması sebebiyle antibakteriyel ajan olarak yeniden avantajlı hale gelmiştir (Peng ve ark 2012). Gümüş nitrat ($AgNO_3$) ve gümüş sülfadiazin gibi gümüş bileşikleri deri enfeksiyonlarının kontrolü için, yanık ve kronik ülserlerin tedavisi için topikal antibakteriyel ajan olarak kullanılmaktadır (Atiyeh ve ark 2007).

Diş hekimliğinde, gümüş bileşikleri 1840'lardan beri kullanılmaktadır. Gümüş, yüzeye bakteri tutunmasını ve biofilm formasyonunu inhibe eder (Spacciapoli ve ark 2001, Azarsina ve ark 2013). Gümüş nitrat, süt dentisyonunda çürük insidansını azaltmada kullanılmıştır (Peng ve ark 2012). Daha sonra daimi molarlarda çürük önleyici ajan olarak, kavite sterilize ajanı (Seltzer 1942) ve dentin hassasiyet giderici (Everett ve ark 1966) olarak kullanılmıştır. 1960'larda gümüşün antiçürük ajan olarak florid ile kombine edilmesi savunulmuştur (Rosenblatt ve ark 2009, Peng ve ark 2012).

$AgNO_3$ çürük durdurmada kullanılan ilk gümüş bileşiğidir (Seltzer 1942). $AgNO_3$ hem sağlam hem de çürük dentine, vital ve non vital dentine penetre olabilir. Pulpa üzerine hafif, kendi kendini sınırlayan lokalize bir etkisi olduğu söylenebilir. Fakat sınırlı sayıda çalışma olduğu için, pulpal etkileri üzerine daha fazla araştırma gerektiği bildirilmiştir (Peng ve ark 2012).

Diğer bir gümüş bileşiği olan Gümüş diammine floridin kimyasal asit sorununa karşı diş dokusunun çözünürlüğünü azalttığı ve mine remineralizasyonunu kolaylaştırdığı gösterilmiştir (Delbem ve ark 2006). *S. mutans*'ın karyojenik suşlarına karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Peng ve ark 2012). Diğer bir çalışmada, Gümüş diammine floridin kök çürüklerini azaltma etkisi gösterilmiştir (Hiraishi ve ark 2010). Bu sonuçlar Gümüş diammine floridin antibakteriyel etkisini ve diş yüzeylerindeki bakteri kolonizasyonunu önleme yeteneğini göstermektedir.

Çürük durdurmada gümüş bileşiklerine ilgi son zamanlarda yeniden gündeme gelmiştir. Gümüş partikülleri, adeziv ajanlar, rezin kompozitler ve cam iyonomer simanlar gibi restoratif materyallere eklenmektedir (Gateau ve ark 2001, Ahn ve ark

2009, Burgers ve ark 2009). Bazı çalışmalarda, gümüş partikül aditiflerinin, dental restoratif yüzeylere bakteriyel adezyonu önlemede etkili olduğu bildirilmektedir (Ahn ve ark 2009, Burgers ve ark 2009).

Ag NP eklenen bir rezin kompozit materyalin anti-adherens aktiviteleri ve *S. mutans*'a karşı antibakteriyel aktivitesinin değerlendirildiği bir çalışmaya göre, gümüş aditifleri bakterisid etkisinin yanı sıra anti-adherens etkinlik de göstermektedir (Burgers ve ark 2009).

Gümüş, çeşitli tıbbi cihazlarda kullanılan doku uyumlu bir materyaldir. Fakat gümüşün fazlasının, deride, karaciğerde, böbreklerde, dalakta, korneada, dişetinde, müköz membranlarda ve tırnaklarda biriktiği bildirilmektedir. Gümüş bileşiklerine büyük miktarlarda ve uzun süre maruz kalmak deride (argyria) ya da gözlerde (argyrosis) geri dönüşümsüz pigmentasyona neden olur. Gümüş bileşiklerinin düşük dozlarda uzun süre alınımının işaretleri karaciğerin ve böbreklerin yağlı dejenerasyonunu içerebilir ve kan hücrelerinde değişikliklere sebep olur. Gümüş, bazı organ ve dokularda birikmesine rağmen, muhtemel toksik etkileri gösteren çok az veri mevcuttur (Peng ve ark 2012).

Diş hekimliğinde, gümüş bileşiklerinin en açık dezavantajı diş dokusunu siyaha boyamasıdır. Bu renk değişimine metalik gümüşün içindeki iyonize gümüşün oksidasyonu sebep olmaktadır. Bu eksiklik, estetik talebi olan hastalarda gümüş bileşiklerin klinik kullanımını potansiyel olarak sınırlamaktadır. Gümüş düşecek olan süt dişlerinin tedavisi için kullanılabilir, ya da renklenmenin üzerinden diş renginde restoratif materyaller ile restore edilebilir (Peng ve ark 2012).

Diş hekimliğinde gümüş bileşikleri bir yüzyılı aşkın süredir kullanılmaktadır. Laboratuar ve klinik çalışmalar, gümüş bileşiklerinin süt ve daimi dişlerde özellikle çürük önleme ve durdurmada etkili ajanlar olduğunu göstermektedir. Renklenme etkisi şüphesiz birçok hasta için önemli bir yan etki iken, gümüş tedavisi çürük yönetimi için kullanımı basit ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Özellikle sınırlı kaynakları olan dünyanın gelişmekte olan bölgelerinde ya da diş bakımı için sınırlı erişimi olan hastalar için yararlı olacaktır. Gümüş bileşiklerinin geniş kullanımının araştırılması için, renklenmenin maskelenmesi gerekmektedir (Peng ve ark 2012).

Gümüş nanopartikülleri çeşitli tıbbi uygulamalar ile ortaya çıkmıştır ve dental restoratif materyallere ilave edilmiştir. Gümüş uygulaması için uzun dönem klinik verinin sınırlı olması ve bir optimal klinik protokolün henüz belirlenmemiş olmasına rağmen, gümüş bileşikleri dental çürük yönetiminde ağız ve diş sağlığı profesyonellerinin araçlarında bir yere sahip görünmektedir (Peng ve ark 2012).

Nanoteknoloji ve Diş Hekimliği

Nanometre, 1 metrenin milyarda biridir. Nanoteknolojinin gelişmesinde materyalleri nano boyutlarda gözlemlemeyi sağlayan görüntüleme tekniklerinin kullanımı önemli bir aşama olmuştur. Bu görüntüleme tekniklerinden en önemlileri; Geçirimli Elektron Mikroskobu, Taramalı Tünellemeli Mikroskop ve Atomik Kuvvet Mikroskobudur (Çıracı 2006).

Nanopartiküller sentetik veya doğal kaynaklı bir makromolekülden meydana gelen, değişik morfolojilere sahip, yaklaşık 5-100 nm boyutunda kolloidal yapılardır. Diş hekimliği ve tıp alanı dahil olmak üzere birçok alanda enfeksiyonla mücadele konusunda metal esaslı nanomateryaller gündeme gelmiştir. Nanopartiküllerin aktif yüzey alanı, kimyasal reaktiviteleri ve biyolojik etkileri mikrometre boyutundaki partiküllere göre önemli derecede farklılık göstermektedir (Oyar 2014).

Nanoteknolojinin sağlık alanındaki kullanım alanları ilaçların taşınması, biyomateryallerin oluşturulması, *in vivo* görüntüleme, *in vitro* tanı, aktif implantların oluşturulması ve hastalıkların tedavisi olmak üzere çeşitli konuları içermektedir (Suri ve ark 2007, Abamor 2010). Son zamanlarda nanopartiküllerden mikrobiyoloji alanında da yararlanılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalarda nanopartiküllerin birçok bakteri türü ve diğer hücre modelleri üzerinde antimikrobiyal özellik sağladıkları bulgulanmıştır. Nanopartiküllerin mevcut antibiyotiklere karşı direnç gösteren bakteriler üzerinde de etkili olması enfeksiyonla mücadele konusunda ümit verici bir gelişme olmuştur (Abamor 2010). Bakterilerin metal nanopartiküllerine karşı direnç kazanma ihtimalinin, diğer konvansiyonel ve dar spektrumlu antibiyotiklere oranla daha az olduğu bildirilmiştir (Oyar 2014).

Hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılmak üzere nanopartiküller ve nano cihazlar; kuantum dotlar, nano kabuklar, nano küreler, metal nanopartiküller, paramanyetik nanopartiküller ve karbon nanotüpler araştırılmaktadır. Enfeksiyonlara

karşı en büyük etkinin Ag ve TiO_2 nanopartikülleri tarafından elde edildiği bildirilmiştir (Abamor 2010).

Gümüş oral kavitede streptokoklara ve periodontal patojenlere karşı önemli bir antimikrobiyal etkiye sahiptir (Spacciapoli ve ark 2001). Bu nedenle özellikle nanometre boyutunda uygulandığı zaman bir antibakteriyel ajan olarak dental restorasyonların içerisine katılmasının faydalı olabileceği belirtilmiştir (Azarsina ve ark 2013).

Ag NP'lerin mantar, protoza, bazı virüsler ve *Staphylococcus Aureus, S. mutans, Lactobacillus* ve *Escherichia coli* bakterileri üzerine sitotoksisitesi daha önceki çalışmalarda kanıtlanmıştır (Kim ve ark 2007, Martinez-Gutierrez ve ark 2010, Azarsina ve ark 2013). Gümüş ya da gümüş bileşiklerinin antimikrobiyal, antifungal ve antiviral etkisi salınan bioaktif gümüş iyonları (Ag^+) miktarı ile ve bu iyonların bakteri ya da mantar hücre membranları ile etkileşiminin olması ile orantılıdır (Durner ve ark 2011). Gümüş; gümüş zeolitleri ya da nanopartikülleri olarak iyonize ve elamenter formlarda kullanılmaktadır (Monteiro ve ark 2009, Magalhaes ve ark 2012).

Nanopartiküller daha küçük partiküller üzerinde hacim oranına göre yüksek yüzey alanları sebebiyle daha güçlü antibakteriyel aktivite göstermektedirler (Morones ve ark 2005, Magalhaes ve ark 2012).

Diş hekimliğinde, dental materyallere gümüş ilave edilerek antibakteriyel etkinin değerlendirildiği çalışmalar yapılmıştır (Ahn ve ark 2009, Burgers ve ark 2009). Yoshida ve ark (1999) rezin kompozite gümüş içerikli materyal ilavesinin *S. mutans*'a karşı uzun dönem inhibitör etki gösterdiğini bildirmiştir. Mikropartiküllü gümüş ile modifiye edilen kompozit rezinler *S. mutans*'a karşı antiadherens aktivite ve bakterisidal etki göstermiştir (Burgers ve ark 2009). Nanogümüş partiküllü ortodontik adezivler fiziksel özelliklerinden ödün vermeden antibakteriyel aktivitelerinde artış gözlenmiştir (Ahn ve ark 2009, Magalhaes ve ark 2012).

Gümüş Nanopartikülleri

Ag NP'nin bakterisid etkisinin mekanizması konusunda çeşitli çalışmalar, Ag NP'lerin bakteri hücre membranı yüzeyine bağlanabileceğini ve hücrenin geçirgenlik

ve solunum fonksiyonlarını bozabileceğini göstermektedir. Etkileşim için büyük yüzey alanına sahip olan daha küçük Ag NP'ler, daha büyük Ag NP'lere göre daha iyi bakterisid etki gösterirler. Ag NP'ler yalnızca membran yüzeyi ile etkileşime girmez, aynı zamanda, bakterilerin içine nüfuz edebilir (Morones ve ark 2005, Sharma ve ark 2009).

Birçok çalışma göstermektedir ki gümüş, proteinlerin sülfidril grupları ile ve DNA ile etkileşir; hidrojen bağlanmasını, solunum sürecini hücre duvarı sentezini ve hücre bölünmesini değiştirir. Makro düzeyde bu etkileşimler etkili şekilde bakteri ölümüne sebep olur (Lansdown 2006, Wu ve ark 2007, Contreras ve ark 2011).

Ag NP'leri *gram-negatif* bakterilere karşı hücre duvarında oyuklar oluşturarak antimikrobiyal aktivite gösterirler. Böylece membran geçirgenlikte ciddi artış gösterir ve hücre ölümü ile sonuçlanır. Temel olarak gümüş hücre duvarı için denatürasyon ve oksitlenmeyi indükler, bu yolla internal hücre organellerinin rüptürüne yol açarak bakteri ölümü ile sonuçlanır. Bakteriyel hücre lizisi, gözlenen antibakteriyel özellik nedenlerinden biri olabilir, ancak, nanopartiküller aynı zamanda bakteriyel sinyal transdüksiyonunu etkileyen ve organizmaların büyümesini engelleyen, putatif bakteriyel peptidlerin fosfotirozin profilini modüle eder (Contreras ve ark 2011).

Gümüş, cam iyonomer simanlara antibakteriyel özelliklerinin ve aynı zamanda basma ve gerilme dayanımının geliştirilmesi amacıyla ilave edilmektedir (Contreras ve ark 2011).

Antikorlar ile kaplanan Ag NP'leri membran reseptör internalizasyon sürecini düzenleyebilir. Membran reseptörlerinin bağlanma ve aktivasyonu ve daha sonra da protein salgılanması güçlü şekilde nanopartikül boyutuna bağlıdır. 2–100 nm boyut aralığındaki tüm nanopartiküllerin temel hücre fonksiyonları için gerekli olan sinyalizasyonu değiştirmesine rağmen (hücre ölümünü içeren) 7, 40 ve 50 nm boyutundaki nanopartiküller en iyi etkiyi göstermektedir (Contreras ve ark 2011).

Literatür incelendiğinde yapılan çalışmalarda Ag NP'lerinin restoratif materyallerin antibakteriyel özelliklerini geliştirmek amacıyla; kompozit adezive (Ahn ve ark 2009), kompozit rezine (Azarsina ve ark 2013) ve cam iyonomer

simanlara (Magalhaes ve ark 2012, Fujun ve ark 2013) ilave edildiği ve antibakteriyel etkinlik sağlandığı görülmektedir.

1.3. Dolgu Materyallerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Dolgu materyallerin antibakteriyel etkinlikleri genellikle standart suş mikroorganizmalar veya enfekte dişlerden izole edilen mikroorganizmalar üzerinde ve genellikle ADT yöntemi kullanılarak değerlendirilmektedir. Fakat ADT yöntemindeki kısıtlamalar ve teknolojideki gelişmeler ile araştırmacılar farklı yöntem arayışına gitmişlerdir (Weiss ve ark 1996).

ADT yönteminde hazırlanan materyaller katılaşmış agar tabağının üzerine açılan standart çukurlara doldurulmakta veya emici kağıt disk ya da kağıt plaklar üzerine yayılmış olan patlar agar üzerine yerleştirilmektedir. Diğer bir şekilde ise ortası boş paslanmaz çelik tüpler içine yerleştirilen materyaller agar üzerine oturtularak etrafında oluşan inhibisyon zonlarının çapı ölçülmektedir (Tekeli 2005).

Direkt kontakt testi (DKT) yönteminde ise test bakterisi ve test örnekleri arasında kontrollü zaman periyodunda fiziksel direkt kontakt olması sağlanmaktadır. Bu yönteme göre test örnekleri ile kaplanan 96 kuyucuklu ELİSA plakları 10 mikrolitre bakteriyel süspansiyon ile 1 saat 37 ºC nemli atmosferde inkübe edildikten sonra süspansiyonun sıvı kısmının buharlaşması ile bakteriler ve test örnekleri arasında direkt temas sağlanmaktadır. Daha sonra test düzeneğine besiyeri eklenerek bakteri gelişim kinetiği spektrofotometrede optik densitometre açısından değerlendirilmektedir. DKT akışkan olmayan materyallerin antibakteriyel aktivitesini değerlendirmek için geliştirilmiştir (Weiss ve ark 1996).

Spektrofotometre, optik tekniğe dayalı olarak çalışan bir cihazdır. Bu cihaz, istenilen dalga boyuna sahip bir ışık oluşturmaktadır. Oluşturduğu bu ışığı özel olarak hazırlanmış bir küvet içine konulmuş örnekten geçirerek, geçen ışığın yoğunluğunu ölçmektedir. Cihazın algıladığı ışık miktarına göre Optik Dansite (OD) değeri elde edilmektedir (Temizkan ve Arda 2004).

Bir çalışma ile; çinko fosfat (Harvard), polikarboksilat (Duralon) ve cam iyonomer (Ketac Cem) materyallerinin *S. mutans* üzerindeki antibakteriyel etkinlikleri DKT ve ADT kullanılarak karşılaştırılmıştır. DKT ile 3 ay sonra bakılan

Duralon ve Harvard simanları antibakteriyel etki gösterirken, Ketac-Cem materyalinin antibakteriyel etki göstermediği gözlenmiştir. ADT ile test edilen materyallerde hiçbir antibakteriyel etki gözlenmemiştir. Bu çalışma ile DKT yönteminin, test mikroorganizmalarının ve test materyallerinin direkt temasta olması açısından, ADT yöntemine göre materyallerin antibakteriyel özelliklerini belirlemede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Lewinstein ve ark 2005).

1.4. Dolgu Materyallerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

1.5.1. Yüzey Sertliği Testi

Yüzey sertliği, bir materyalin penetrasyonlara karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (Deliktaş ve Ulusoy 2006). Dental materyallerde yüzey sertliği, aşınmaya ve çizilmeye karşı gösterdikleri direnç olarak ifade edilmektedir. Yüzey sertliği materyallerin klinik başarısı konusunda fikir yürütmede yardımcı bir parametredir. Restoratif materyallerin ağız içerisinde yoğun çiğneme kuvvetlerine maruz kalması sebebiyle sertlik değerlerinin yüksek düzeyde olması gerekmektedir. Yüzey sertliği düşük materyallerin aşınma miktarı artmaktadır (Zaimoğlu ve ark 1993, Benderli ve Yücel 1994, Seymen ve Gülhan 1996, Taşveren 2005, Deliktaş ve Ulusoy 2006, Ersoy ve ark 2007, Çelik ve Ermiş 2008).

Yüzey sertliği materyallerin özelliklerine göre değişebilmektedir. Partikül boyutu, doldurucu içeriği, sertleşme şekli gibi çeşitli faktörler materyallerin yüzey sertliğini etkileyebilmektedir (Benderli ve Yücel 1994, Deliktaş ve Ulusoy 2006, Ersoy ve ark 2007, Sarı ve ark 2010).

Çelik ve Ermiş (2008), cam iyonomer simanlar ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, simanların toz likit oranlarını ve partikül boyutlarını değiştirerek simanın viskozitesini artırmış ve sertlik değerini olumlu şekilde etkilediğini bildirmişlerdir.

Şener ve Koyutürk (2006), üç farklı cam iyonomer siman (Ketac Molar Aplicap, Ionofil, Fuji IX GP) ile yaptıkları çalışmada yedinci gün sonunda en iyi sertlik değerlerinin Ketac Molar Aplicap'ta gözlendiğini bildirmiştir. Bu farklılıkların, makinede karıştırılan cam iyonomerin elle karıştırılana göre daha homojen bir karışım sağlamasından dolayı olabileceği düşünülmüştür.

Yüzey sertliği ölçümlerinde kullanılan test metotları; Rockwell, Brinell, Knoop ve Vicker's sertlik testleridir. Kullanılacak test yöntemi materyalin cinsine göre seçilir (Sarı ve ark 2010). Vicker's sertlik testi kırılgan materyallerin sertliğinin ölçülmesine uygun bir testtir. Bu nedenle dental materyallerin ve diş dokularının sertliğinin ölçülmesinde sıklıkla bu test yöntemi kullanılmaktadır (Zaimoğlu ve ark 1993, Taşveren 2005, Deliktaş ve Ulusoy 2006, Ersoy ve ark 2007, Çelik ve Ermiş 2008).

Vicker's sertlik testinde piramit şeklinde elmas bir uç ile materyal yüzeyine yükleme yapılır ve yükleme sonrası elmas uç yüzeyde kare şeklinde bir iz oluşturur. Sertlik değeri; oluşan bu izin genişliğinin mikroskop altında ölçülmesinden sonra test yöntemine ait tablodaki uygun karşılığının bulunmasıyla hesaplanır (Zaimoğlu ve ark 1993, Benderli ve Yücel 1994, Seymen ve Gülhan 1996, Sarı ve ark 2010).

1.4.2. Bağlanma Dayanımı Testi

Bağlanma dayanımı testleri restoratif materyalin mine veya dentin ile adezyon derecesini değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Diş sert dokuları ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetinin öğrenilmesi, bu materyallerin klinik başarıları hakkında fikir yürütülmesi ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi açısından önemlidir (Özyeşil ve ark 2009, Tekçe ve ark 2013).

Bağlanma dayanımı testi yöntemleri içinde makaslama ve gerilme kuvvetine dayanım testleri sıklıkla kullanılmaktadır. Diş ve restorasyon materyali arasında oluşan gerilimin paralel veya dik olmasına göre makaslama veya çekme gerilimi şeklinde tanımlanabilir (Ayaz ve ark 2011).

Çekme testi yönteminde bağlanma bölgesi diş yüzeyine 90° açıyla yani dik olarak hareket eden bir kuvvet tarafından kırılır (Ayaz ve ark 2011).

Makaslama testinde ise bağlanma bölgesi diş yüzeyine paralel olarak belli bir hızla hareket eden makaslama bıçağı yardımı ile kırılır (Ayaz ve ark 2011).

Çekme ve makaslama testleri, restorasyonların ağız ortamında maruz kalabileceği gerilimleri taklit ederek materyalin bağlanma dayanımını değerlendirmek amacıyla yapılan testlerdir (Ayaz ve ark 2011).

Bu testlerle elde edilen sonuçlar mine ve dentin için farklılık gösterebileceği gibi, örneklerin hazırlanması ve saklanması gibi çeşitli faktörlerin bağlanma dayanım değerlerini etkileyebildiği bildirilmektedir (Tekçe ve ark 2013).

Bağlanma dayanımı değerlerinin belirlenmesi kadar kırılma tipi de önemli bir parametredir. Başarısızlık tipi; adeziv, koheziv veya karma başarısızlık olabilir. Eğer restoratif materyalin %80'inden fazlası dentin yüzeyinde kalmışsa koheziv başarısızlık, %20'sinden daha azı dentin yüzeyinde kalmışsa adeziv başarısızlık ve eğer bazı sahalarda koheziv kırılma ve diğer sahalarda da adeziv kırılmalar varsa miks başarısızlık olarak adlandırılmaktadır (Woronko ve ark 1996, Ramoğlu ve ark 2008). Bağlanma dayanımı değerlerinin yorumlanmasında başarısızlık tipinin belirtilmesi gerekmektedir (Hubbezoğlu ve ark 2005, Ramoğlu ve ark 2008).

1.4.3. Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi

Su emilimi, materyalin bulunduğu ortamdan yapısına aldığı toplam su miktarı demektir. Restoratif materyaller yapılarına su emerek hidroskopik genleşme gösterirler. Böylece materyalde hem hacimsel bir büyüme hem de ağırlık artışı oluşmaktadır (Toledano ve ark 2003).

Asit-baz reaksiyonlarının meydana geldiği cam iyonomer simanlarda su emilimi, siman matriksinin hidrolizine bağlı olarak zaman içinde siman kütlelerinin bozulmasına sebep olmakta ve restorasyonların ömrünü azaltmaktadır (Nicholson ve ark 1992).

Su emilimi testinde, disk şeklinde hazırlanan örnekler içeriklerindeki suyun tamamen buharlaştırılması için $37^{o}C$'de 24 saat boyunca desikatörde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide ölçülerek sabit kütle ağırlıkları miligram (mg) cinsinden ve "M_1" olarak kaydedilmektedir. Daha sonra 24 saat distile su içerisinde bekletilen örneklerin ağırlıkları tekrar ölçülerek bu değerler "M_2" olarak kaydedilmektedir. Sabit kütle ağırlıklarını yeniden kazanmaları için desikatörde 24 saat boyunca tekrar bekletilen örnekler, bir kez daha tartılmakta ve ağırlıkları "M_3" olarak kaydedilmektedir. Örneklerin hacimleri milimetreküp (mm^3) cinsinden hesaplandıktan sonra su emilimi ve suda çözünürlük değerleri hesaplanmaktadır.

Modern konservatif diş hekimliğinde hazırlanan kavitelerde mikroorganizma kalma olasılığı artmaktadır. Bu kavitelerde kalan diş sert dokularında remineralizasyon sağlayacak ve kalan mikroorganizmalar üzerine antibakteriyel etki gösterecek materyallere ihtiyaç duyulmaktadır (Yalçın 2009). Günümüzde kullanılan restoratif materyallerden olan cam iyonomer simanların antibakteriyel etkinliğinin arttırılması ve koruyucu diş hekimliği hizmetine sunulması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Bu çalışmada konservatif tedavide kullanılan geleneksel cam iyonomer simanların içerisine değişik oranlarda antibakteriyel ajanlar ilave edilerek cam iyonomer simanların antibakteriyel etkilerinin geliştirilmeye çalışılması ve ilave edilen bu antibakteriyel ajanların cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında hipotezimiz;

H_0: Geleneksel cam iyonomer simanlara %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilmesi ile edilmemesi arasında simanların antibakteriyel ve fiziksel özellikleri açısından anlamlı bir fark yoktur.

H_1: Geleneksel cam iyonomer simanlara %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilmesi ile edilmemesi arasında simanların antibakteriyel ve fiziksel özellikleri açısından anlamlı bir fark vardır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya başlamadan önce 2013/08 sayılı ve 20.08.2013 tarihli Selçuk Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan Etik Kurul Onayı alınmıştır (Bkz. EK-A).

Bu araştırma, CT toz (M7635 Sigma Alkyltrimethylammonium bromide) ve/veya Ag NP (Nanokar) materyalleri ilave edilen cam iyonomer simanların (Ketac Molar Easymix ve R&D Series Novaglass-F)

- *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel aktivitesini,
- dentin yüzeyine bağlanma kuvveti değerlerini,
- yüzey mikrosertlik değerlerini,
- su emilimi ve çözünürlüğünü karşılaştırmalı olarak incelemek amacıyla gerçekleştirildi.

Çalışmamızda kendi kendine sertleşen Ketac Molar Easymix (KM) (Şekil 2.1) ve R&D Series Novaglass-F (RD) (Şekil 2.2) marka cam iyonomer simanlar kullanıldı (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Ketac Molar Easymix ve R&D Series Novaglass-F özellikleri

Cam iyonomer siman	***Tipi***	***İçerik***	***Üretici Firma***
Ketac-Molar Hand-mixed version	Geleneksel	Poli (co-akrilik asit/maleik asit), tartarik asit, H_2O, Ca–Al–F–silikat cam.	3M/ESPE GmbH, Seefeld, Almanya.
R&D Series Novaglass-F	Geleneksel	Poliakrilik asit, tartarik asit, paraben, H_2O, Ca–Al–F- silikat, baryum oksit, çinko oksit.	Imicryl, Konya, Türkiye.



Şekil 2.1. Ketac Molar Easymix



Şekil 2.2. R&D Series Novaglass-F

Çalışmamızda cam iyonomer simanları modifiye etmek için CT toz (M7635 SIGMA Alkyltrimethylammonium bromide) (Şekil 2.3) ve/veya Ag NP toz (Şekil 2.4) materyalleri kullanıldı (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Cam iyonomer simanların modifikasyonunda kullanılan materyaller

Materyal	***Üretici firma***
CT toz (Alkyltrimethylammonium bromide)	Aldrich, Sigma- Aldrich Chemie Gmbh, Steinhelm, Almanya
Ag NP toz (20-50 nm boyutunda %99,9 saflıkta)	Nanokar, Karabük, Türkiye



Şekil 2.3. Cetrimide



Şekil 2.4. Gümüş nanopartikülleri

2.1. Cam İyonomer Materyallerin Modifiye Edilmesi

Bu çalışmada, iki farklı cam iyonomer siman (R&D Series Novaglass-F ve Ketac Molar Easymix) kontrol grubu olarak, CT toz ve/veya 20-50 nm boyutunda Ag NP materyallerinin ilave edildiği cam iyonomer siman grupları ise deney grupları olarak belirlendi (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Kontrol grubu ve deney grupları

Kontrol Grupları	***Deney Grupları***
Cam iyonomer siman (R&D Series Novaglass-F)	Tozuna %1 CT toz ilave edilen R&D Series Novaglass-F Tozuna %2 CT toz ilave edilen R&D Series Novaglass-F Tozuna %1 Ag NP ilave edilen R&D Series Novaglass-F Tozuna %2 Ag NP ilave edilen R&D Series Novaglass-F
Cam iyonomer siman (Ketac Molar Easymix)	Tozuna %1 CT toz ilave edilen Ketac Molar Easymix Tozuna %2 CT toz ilave edilen Ketac Molar Easymix Tozuna %1, Ag NP ilave edilen Ketac Molar Easymix Tozuna %2 Ag NP ilave edilen Ketac Molar Easymix

Ağırlıkça yüzde olarak hesaplanan CT ve Ag NP materyallerinin toz formları cam iyonomer simanın tozuna hassas terazi (Shimadzu AY220) aracılığı ile tartılarak, ayrı ayrı ilave edildi (Şekil 2.5). Homojen bir karışım elde edilmesi için materyaller 1500 rpm'de 2 dakika karıştırma mikserinde (UM-117 Unicyclone, Tokyo, Japonya) karıştırıldı (Şekil 2.6).



Şekil 2.5. Hassas terazi



Şekil 2.6. Karıştırma mikseri

2.2. Direkt Kontakt Testi

CT ve Ag NP ile modifiye edilmiş cam iyonomer siman materyallerin, *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel etkilerinin araştırılması amacıyla DKT yöntemi uygulandı.

DKT Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarında gerçekleştirildi. Modifiye edilen cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliğini değerlendirmek amacıyla çürük oluşumunda önemli rolü olan ;

- S. mutans (Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, 676)

- L. casei (Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, 900)

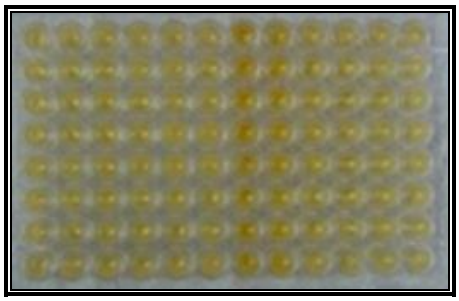
olmak üzere iki farklı bakteri kullanıldı. Bu bakteriler üzerinde DKT yöntemiyle antibakteriyel etki değerlendirildi. Bu test metodunda modifiye edilmiş cam iyonomer simanların bakteriler ile direkt teması sağlandı. Daha sonra spektrofotometre cihazında ölçümler yapılarak bu materyallerin bakteriyel büyüme üzerine etkisi araştırıldı.

Bu test metodu üç aşamada gerçekleştirildi:

- Materyallerin hazırlanıp ELISA plaklarına aktarılması
- Bakteri süspansiyonunun hazırlanması
- DKT yönteminin uygulanması

Materyallerin Hazırlanıp ELISA Plaklarına Aktarılması

Modifiye edilen simanların toz ve likidini karıştırmaya başlamadan önce, siman örnekleri ve testlerde kullanılan aletler, deney koşullarında en az bir saat bekletilerek, materyallerin standart sıcaklık değerlerine gelmesi sağlandı. Materyaller, 22 ^{0}C oda sıcaklığında hazırlandı. ELISA plakları vertikal olarak tutuldu ve kuyucukların yan yüzeyleri üretici firma tavsiyelerine göre karıştırılan test materyalleri ile kaplandı. Her örnek sekizer kuyucuğa uygulandı. Örneklerin karışmaması için 96 kuyucuklu steril ELISA plaklarınının kapaklarına kuyucuklara uygulanan materyallerin isimleri yazıldı. Yaşlandırılacak örnekler için de aynı işlemler uygulandı ve ayrı bir ELISA plağı hazırlandı (Şekil 2.7).



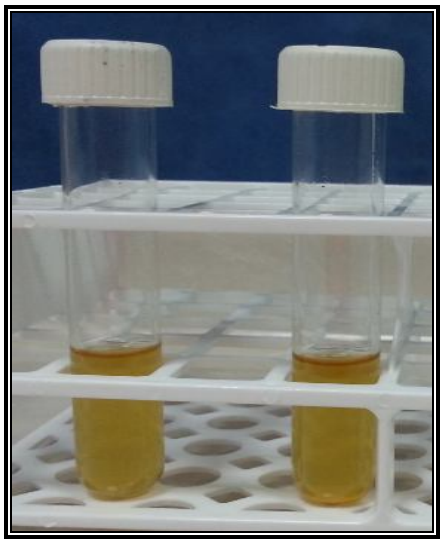
Şekil 2.7. ELISA plağı

Bakteri Süspansiyonunun Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılacak test mikroorganizmaları olan *S. mutans* %5'lik koyun kanlı agarı (Oxoid, New Jersey, ABD), *L. casei* ise MRS Agar (Merck, Darmstadt, Almanya) besi yerine ekilerek 18 saatlik inkübasyon sonucu elde edilen taze kültürleri kullanıldı. Bu kültürler, Brain Hearth infuzyon broth (BHI) (Oxoid, New Jersey, ABD) içeren tüplere alınarak, yoğunluk spektrofotometrede (Boeco S-22 UV/Vis Almanya) (Şekil 2.8) 650 nm dalga boyunda 0,5 optik dansitede olacak şekilde ayarlandı ve DKT için bu yoğunlukta hazırlanan bakteri süspansiyonu kullanıldı (Şekil 2.9).



Şekil 2.8. Spektrofotometre



Şekil 2.9. Bakteri süspansiyonları

Direkt Kontakt Test Yönteminin uygulanması

Direkt Kontakt Testi, Weiss ve ark (1996)'a göre yapıldı. Test örneklerinin DKT testi için hazırlanması Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvar'ında Laminar Flow (Metisafe Class II E120, Türkiye) içerisinde gerçekleştirildi (Şekil 2.10). Steril ELISA plakları kullanılarak bakteriyel büyüme tespit edildi. ELISA plaklarına uygulanan test materyalleri üzerine mikropipet (Şekil 2.11) yardımı ile 650 nm 0,5 optik dansitede 10 mikrolitre bakteriyal süspansiyonları eklendi. Bakteriyal süspansiyon likitinin buharlaşması için 37 °C de 1 saat bekletildi. ELISA plakları horizontal pozisyona getirildi. Bakteri ile direkt teması sağlanan test materyallerinin bulunduğu kuyucuklara mikropipet kullanımı ile 220 mikrolitre BHI besiyeri eklendi.



Şekil 2.10. Laminar Flow



Şekil 2.11. Mikropipetler

Pozitif kontrol (üreme kontrol) grubu için duvarları herhangi bir materyalle kaplanmayan sekiz kuyucuğa 10 mikrolitre bakteri ekildi ve üzeri 220 mikrolitre BHI ile tamamlandı. Negatif kontrol grubu için diğer sekiz kuyucuğa sadece 220

mikrolitre BHI besiyeri eklendi. Bu prosedür her iki bakteri için aynı şekilde tekrarlandı.

Toplam 16 saat olmak üzere saatte bir spektrofotometre (µquant, Bio-Tek Instruments Inc., ABD)'de 650 nm dalga boyu kullanılarak ölçüm yapıldı (Şekil 2.12). Bakteri gelişim kinetiği optik dansitometre açısından değerlendirildi.



Şekil 2.12. Spektrofotometre

Yaşlandırma işlemi için hazırlanan 96 kuyucuklu steril ELISA plaklarına yerleştirilen materyallerin üzerine 220 mikrolitre Dulbecco's Phosphate Buffer Saline (PBS) (Sigma, Steinhelm, Almanya) eklenip iki günde bir PBS değiştirilerek materyaller 1 hafta boyunca yaşlandırıldı ve DKT tekrar uygulandı.

2.3. Bağlanma dayanım testi

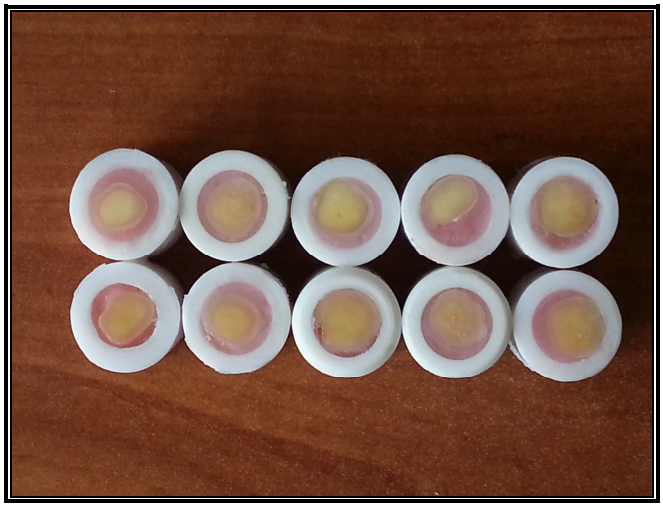
Bağlanma dayanım testi için örneklerin hazırlanması

Hazırlanan deneysel cam iyonomer siman materyallerin dentin dokusuna bağlanma dayanımlarının belirlenmesi amacıyla her grup için 10 adet çürüksüz insan daimi molar dişi kullanıldı. Yumuşak doku artıkları ve eklentilerden arındırılan dişler çalışma için kullanılana kadar oda sıcaklığında serum fizyolojikte bekletildi. Dişlerin kökleri Isomet kesit cihazına bağlı (Isomet; Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) elmas bir separe ile su soğutması altında kesilerek kuronlarından ayrıldı (Şekil 2.13). Kesilen dişlerin açıkta kalması planlanan oklüzal dentin yüzeyleri tabaka mumlara 1 mm kadar gömüldü. Bu şekilde hazırlanan dişlerin üzerlerine silindirik plastik kalıplar yerleştirildi ve içerisine akrilik rezin dolduruldu. Minenin tamamen kaldırılması amacıyla, elmas separe ile dişlerin uzun aksına dik ve okluzal pitin 2 mm apikalinden

geçecek şekilde bir kesi gerçekleştirildi. Açığa çıkartılan dentin yüzeyleri, su soğutması altında 600 gritlik zımpara ile zımparalandı. Dişler her grupta 10 örnek olacak şekilde hazırlandı (Şekil 2.14).



Şekil 2.13. Isomet kesit cihazı



Şekil 2.14. Bağlanma dayanımı testi için hazırlanan örnekler

Örnekler hazırlanmadan önce tüm dişlerin dentin yüzeylerine poliakrilik asit dentin düzeneyicisi 10 sn süreyle uygulandı ve yıkanarak kurutuldu. Daha sonra cam iyonomer materyaller ideal toz/likit oranına uygun olarak karıştırıldı. Karıştırılan materyaller hazırlanan standart kalıplardaki boşluklara (3 mm yüksekliğinde ve 3 mm çapında) (Şekil 2.15) taşmayacak şekilde doldurularak 15 dk boyunca sertleşmeye bırakıldı. Böylece örnekler makaslama bağlanma dayanım testinin yapılabilmesi için hazır hale getirildi.



Şekil 2.15. Bağlanma dayanımı testi için hazırlanan kalıplar

Bağlanma dayanımının belirlenmesi

Sertleşmesi tamamlanan örnekler oda sıcaklığında 24 saat boyunca distile suda bekletildi. Örnekler Universal test makinesine (Testometric, Lancashire, UK) (Şekil 2.16) bir bağlantı aparatı yardımıyla bağlandı ve künt çelik uç kullanılarak her bir örneğin diş/cam iyonomer siman materyal ara yüzeyine kuvvetin iletilmesi sağlandı. Universal test makinesi ile her bir örneğin diş/cam iyonomer siman materyal ara yüzeyinde kırılma meydana gelinceye kadar 0,5 mm/dk hızda kuvvet uygulandı. Newton (N) cinsinden elde edilen kırılma değerleri restoratif materyalin bağlanma yüzey alanına (7,06 mm^2) bölünerek bağlanma dayanım değerleri Mega Paskal (MPa) cinsinden kaydedildi (Formül 2.1).

$$\mathbf{MPa = Newton / mm^2 = N / \pi r^2}$$
$$\mathbf{Alan = \pi r^2 = 3{,}14 \times (1{,}5)^2 = 7{,}06 mm^2}$$

Formül 2.1. Newton (N) cinsinden elde edilen verilerin Megapaskal (MPa) birimine çevrim formülü



Şekil 2.16. Universal test makinesi

Kırılma analizleri

Bağlanma dayanım değerleri belirlenen örneklerin yüzeyleri, kırılma analizinin yapılması için stereomikroskop (OlympusSZ4045 TRPT, Osaka, Japonya) (Şekil 2.17) kullanılarak incelendi. Eğer restoratif materyalin %80'inden fazlası dentin yüzeyinde kalmışsa koheziv başarısızlık, %20'sinden daha azı dentin yüzeyinde kalmışsa adeziv başarısızlık ve bazı sahalarda koheziv kırılma ve diğer sahalarda da adeziv kırılmalar varsa miks başarısızlık olarak kaydedildi (Woronko ve ark 1996).

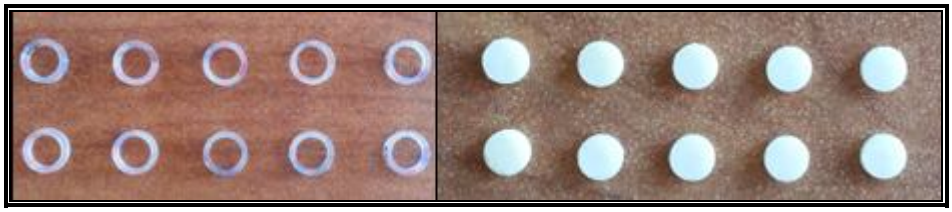


Şekil 2.17. Stereomikroskop

2.4. Yüzey Mikro Sertliği Testi (VHN)

Yüzey Mikro Sertliği Testi İçin Örneklerin Hazırlanması

Yüzey Mikro Sertliği Testi için her bir materyalden üretici firma talimatları doğrultusunda karıştırılarak hazırlanan cam iyonomer simanlar 2 mm yüksekliğinde ve 6 mm çapında yuvarlak kalıplar içerisine yerleştirilerek her bir grup için 10 adet örnek hazırlandı (Şekil 2.18). Materyaller, oda sıcaklığında karıştırılarak kalıbın içine yerleştirildi, kalıbın üst yüzeyine siman camı yerleştirerek fazlalıkların taşması sağlandı.



Şekil 2.18. Yüzey Mikro Sertliği testi için hazırlanan kalıplar ve örnekler

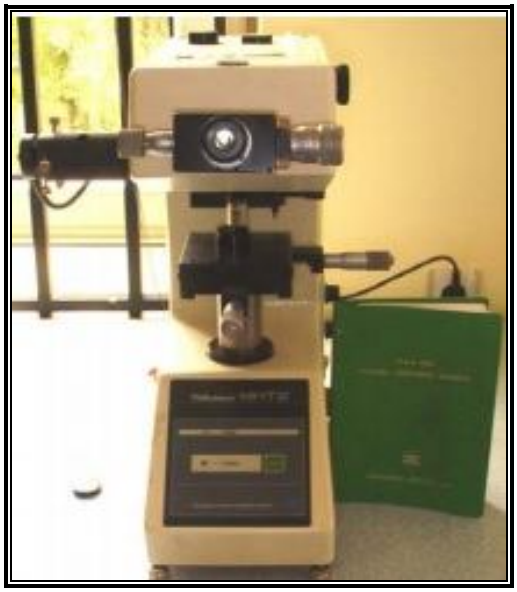
Materyaller sertleştikten sonra kalıptan çıkarılarak distile su içerisine yerleştirildi. Distile su içerisine alınan siman örnekleri 37^0C'lik inkübatörde (EN 120, Konya, Türkiye) (Şekil 2.19) 1 hafta süre ile bekletildi.



Şekil 2.19. Çalışmada kullanılan inkübatör

Yüzey Mikro Sertliğinin Ölçülmesi

Siman örnekleri 1 hafta sonra 37^0C'lik inkübatörden çıkarıldı. Örneklerin yüzey mikro sertliği, oda sıcaklığında 15 saniye 100 gr yük uygulanarak Vicker's sertlik ölçüm cihazında (Matsuzawa Seiki Co. Ltd. MHTZ, Tokyo, Japonya) ölçüldü (Şekil 2.20).



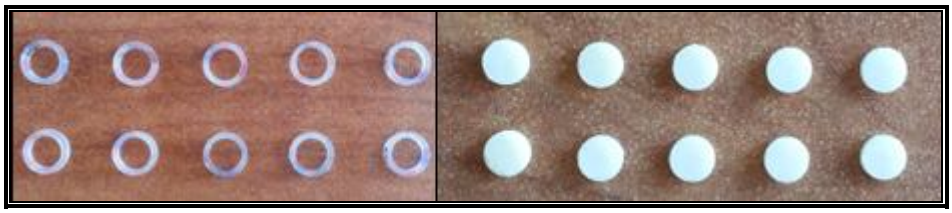
Şekil 2.20. Yüzey Mikro Sertliği ölçüm cihazı

Her örnekten elde edilen ölçümlere karşılık gelen sertlik değerleri Vicker's sertlik ölçüm cetvelinden belirlendi.

2.5. Su Emilimi ve Çözünürlük Testi

Su Emilimi ve Çözünürlük Testi İçin Örneklerin Hazırlanması

Su emilimi ve çözünürlük testi için ölçülecek test materyallerinden standart boyutlarda siman örnekleri elde edebilmek amacıyla 6 mm çapında 2 mm kalınlığında halka kalıplar hazırlandı (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Örneklerin hazırlanması için kullanılan kalıplar ve örnekler

Materyaller, oda sıcaklığında karıştırılarak kalıbın içine yerleştirildi, kalıbın üst yüzeyine siman camı yerleştirerek fazlalıkların taşması sağlandı. Her bir test materyali için 10 örnek hazırlandı. Materyaller sertleştikten sonra etrafındaki teflon kalıplar dikkatli bir şekilde uzaklaştırıldı. Ardından içeriklerindeki suyun tamamen buharlaştırılması için tüm örnekler 37^0C'de 24 saat boyunca içerisinde silika jel (Silicagel with Moisture İndicator Blue Gel Desiccant) bulunan desikatörde (Labor Teknik, İstanbul, Türkiye) kurutuldu (Şekil 2.22).



Şekil 2.22. Desikatör

Su Emilimi ve Çözünürlüğün Hesaplanması

Örnekler desikatörde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide (Shimadzu AY220) ölçülerek, sabit kütle ağırlıkları mikrogram (µg) cinsinden ve "M1" olarak belirlendi. Ardından her bir örnek, içerisinde distile su bulunan şişelere yerleştirildi (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Distile su içindeki örnekler

Distile su içerisine konan siman örnekleri, 37^0C inkübatörde 24 saat süre ile bekletildi. 24 saat sonra inkübatörden çıkarılan siman örnekleri kurulama kağıdı yardımıyla hafif bir şekilde kurulandı. 24 saat sonra sudan çıkarılan örnekler tekrar

ölçüldü ve ağırlıkları mikrogram (µg) cinsinden ve "M2" olarak belirlendi. Sabit kütle ağırlıklarını tekrar kazanmaları için desikatörde 24 saat boyunca yeniden bekletilen örnekler, bir kez daha ölçüldü ve ağırlıkları "M3" olarak kaydedildi. Örneklerin hacimleri; merkez çaplarına ve kalınlıklarına göre milimetreküp (mm^3) cinsinden hesaplandıktan sonra, örneklerin su emilimi ve suda çözünürlük değerleri, $\mu g/mm^3$ olacak şekilde hesaplandı (Formül 2.2**)**.

Su emilimi = M_2-M_3 / V
Suda çözünürlük = M_1-M_3 / V

Formül 2.2. Su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin formülü

2.6. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmanın istatistiksel değerlendirmeleri Selçuk Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı'nda IBM SPSS 21.0 (SPSS Inc, Chiago, IL) istatistik programı kullanılarak %80 güven aralığında gerçekleştirildi.

Materyallerin gruplara göre farklılıkları analiz edilirken son ölçümler ve ilk ölçümler arasındaki farklar alınarak SPSS programında istatistiksel değerlendirme bu farklar üzerinden yapıldı. Gruplar arası karşılaştırma yapılırken ölçüm sonuçlarının Normalliği Shapiro-Wilk normallik testi ile kontrol edildi. Normal olduğu belirlenen veri grubuna (*L. casei* grubu ve *S. mutans* RD grubu) Tek Yönlü Varyans Analizi (F testi; One Way ANOVA testi), normal dağılım göstermeyen veri grubuna (*S. mutans* KM grubu) ise Kruskal Wallis (Parametrik Olmayan - İkiden Çok Örneklemin Karşılaştırılması testi) testi uygulandı. Gruplar arasındaki farklılığın tespitinde Student-Newman-Keuls (S-N-K) Çoklu (İkili) Karşılaştırma testi ile grupların ikili karşılaştırması yapıldı. Her bir gruba numara verilerek (grup numarası) diğer gruplarla arasındaki farklılıklar sunuldu. Bu testler ile iki farklı cam iyonomer simana farklı konsantrasyonlarda CT ve Ag NP ilavesinin antibakteriyel etkinlik üzerinde etkisi olup olmadığı değerlendirildi.

KM ve RD gruplarının tüm yaşlandırılmış örneklere ve *L. casei*'ye karşı taze örneklere göre karşılaştırılmasında İki Bağımsız Örneklem t-testi, *S. mutans*'a karşı taze örneklere göre karşılaştırılmasında ise Mann Whitney-U testi (Parametrik Olmayan-Nonparametrik- İki Bağımsız Örneklem testi) kullanıldı.

Grupların 0-16 Saat farklarına ilişkin istatistikler Ortalama±Std. Sapma ve Normal dağılıma sahip olmayan Nonparametrik testlerin sunumunda ise Ortalama±Std. Sapma ile Medyan şeklinde sunuldu. Karşılaştırılan grupların farklılığını belirtmek için $p<0,05$ kullanılmıştır. Her bir gruba numara verilerek (grup numarası) diğer gruplarla arasındaki farklılıklar sunuldu. İki grup incelendiğinde ise Farklılık Evet veya Hayır şeklinde sözel olarak sunuldu.

Grup karşılaştırmalarında kullanılan parametrik testler için $\alpha = 0.05$ (1.tip hata), $n_{KM} = n_{RD} = 8$ (gruplara ilişkin örnek sayıları) olmak üzere güçler hesaplandı.

Başlangıç saatinden itibaren (0.Saat) 16 Saat boyunca konsantrasyonların farklı dolgu ve bakteri türlerindeki yoğunluk miktarları çizgi grafikleri şeklinde sunuldu.

Bağlanma dayanımı, Vicker's Sertlik Değeri, Su Emilimi ve Çözünürlük testleri için gruplar arası farklılıkların tespit edilmesinde Tek Yönlü Varyans Analizi ve Kruskal Wallis testleri kullanıldı. Farklılık tespit edilen gruplar için çoklu karşılaştırma testlerinden Student – Newman – Keuls (S-N-K) testinden yararlanıldı. KM ve RD gruplarının karşılaştırılmasında İki Bağımsız Örneklem t testi (student t) kullanıldı. Grupların değişkenlere ilişkin istatistikleri Ortalama±Std. Sapma ile Minimum-Maksimum veya Medyan şeklinde sunuldu. Karşılaştırılan grupların farklılığını belirtmek için $p<0,05$ kullanıldı. Her bir gruba numara verilerek (grup numarası) diğer gruplarla arasındaki farklılıklar sunuldu. İki grup incelendiğinde ise Farklılık Evet veya Hayır şeklinde sözel olarak sunuldu.

3. BULGULAR

3.1. Direkt Kontakt Testi Bulguları

Direkt Kontakt Testi sonuçları üzerinde istatistiksel değerlendirmeler spektrofotometreden okunan ve bakteri çoğalmasını yansıtan ilk (0. Saat) ve son (16. Saat) OD verileri farkı üzerinden yapıldı. Farkın büyük olması test edilen materyalin antibakteriyel etkisinin düşük olduğuna ve bakteri üremesinin devam ettiğine işaret etmektedir.

Mikrobiyolojik testlerde kullanılan *S. mutans* ve *L. casei* bakterilerine ait bulgular ayrı ayrı değerlendirildi.

3.1.1. *L. Casei* ile Yapılan Testin Bulguları

DKT'de taze KM grupları için 0-16 saat farkları alınmış OD değerleri üzerinde yapılan değerlendirme sonucunda en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir ($F=46,913$;$p<0,001$). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.1'de sunuldu. Yapılan ölçümlere göre en yüksek OD farkı pozitif kontrol grubunda elde edildi ve bu değer tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu ($p<0,05$). En düşük OD farkı negatif kontrol grubunda elde edildi. KM grubu ile %1 ve %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), KM kontrol grubu ile %1 ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Bununla birlikte farklı konsantrasyonları dikkate alınarak modifikasyon materyalleri karşılaştırıldığında sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı görüldü ($p>0,05$) (Çizelge 3.1).

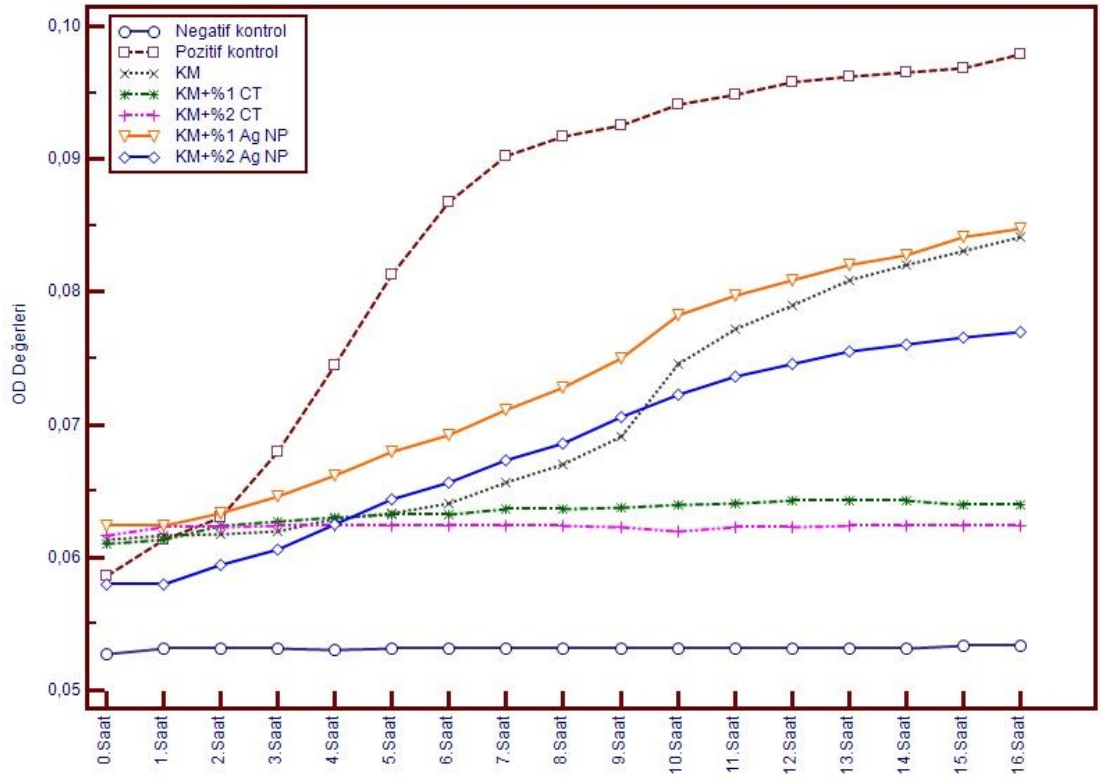
Çizelge 3.1. Taze KM gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	*Ort.±Std. Sap.*	*Min-Maks*	*Test*	*Gruplar arası Farklılık*
(1)*Negatif Kontrol*	8	0,001±0,006	-0,008:0,014		(2)(3)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,039±0,001	0,036:0,042		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)KM	8	0,023±0,008	0,004:0,029		(1)(2)(4)(5)
(4)KM+%1 CT	8	0,003±0,003	-0,004:0,008		(2)(3)(6)(7)
(5)KM+%2 CT	8	0,001±0,004	-0,008:0,007	*F*=46,913	(2)(3)(6)(7)
(6)KM+%1 Ag NP	8	0,022±0,009	0,006:0,032	*p*<0,001*	(1)(2)(4)(5)
(7)KM+%2 Ag NP	8	0,019±0,003	0,014:0,027		(1)(2)(4)(5)

One Way ANOVA testi

*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre taze KM gruplarında *L. casei'*nin çoğalma eğrisi Şekil 3.1'de sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. KM'nin %1 ve %2 CT deney gruplarında bakteri çoğalma eğrisinin negatif kontrol grubuna benzer şekilde düze yakın şekilde seyrettiği, %1 ve %2 Ag NP gruplarında ise bakteri çoğalma eğrisinin KM kontrol grubuna benzer şekilde paralele yakın şekilde seyrettiği gözlendi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Taze KM gruplarında *L. casei* çoğalma grafiği

DKT'de taze RD grupları için 0-16 saat farkları alınmış OD değerleri üzerinde yapılan değerlendirme sonucunda en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir (F=34,279;p<0,001). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.2'de sunuldu. Yapılan ölçümlere göre en yüksek OD farkı pozitif kontrol grubunda elde edildi. Pozitif kontrol grubu ile RD kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05). En düşük OD farkı negatif kontrol grubunda elde edildi ve bu değer %2 CT grubu dışında tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu (p<0,05). RD kontrol grubu ile %1 ve %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,05), RD kontrol grubu ile %1 ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05). Bununla birlikte %1 ve %2 CT'nin konsantrasyonları dikkate alınarak karşılaştırıldığında sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görüldü (p<0,05) (Çizelge 3.2).

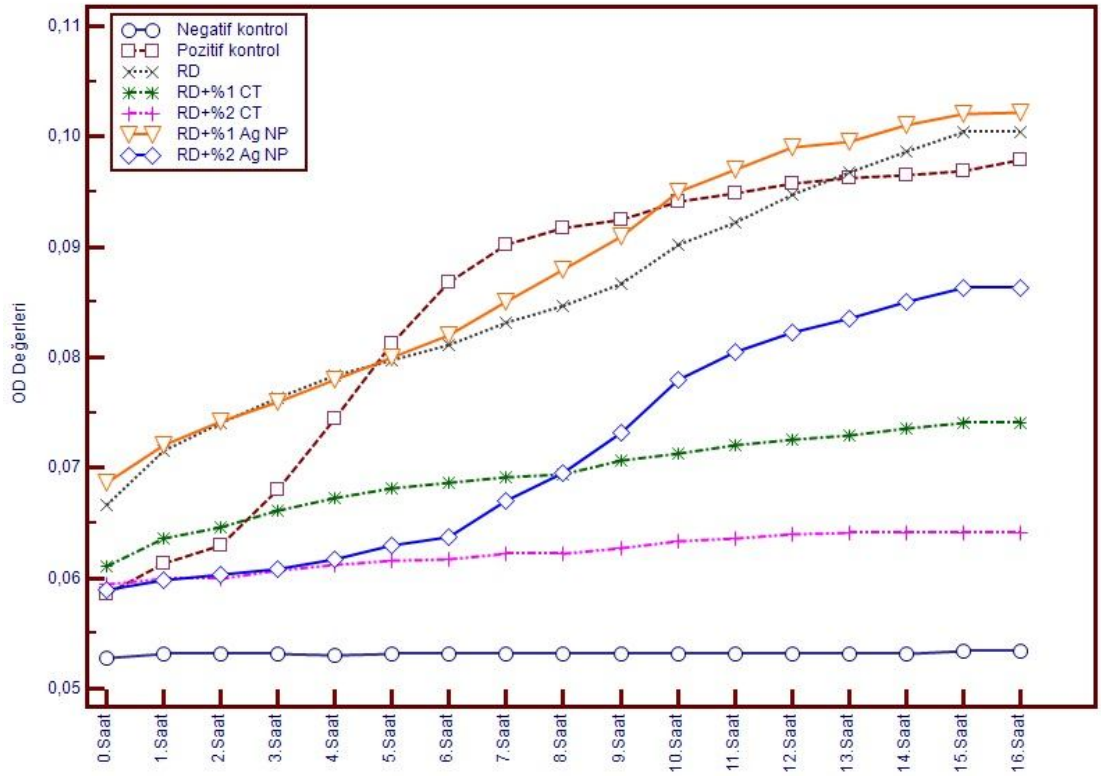
Çizelge 3.2. Taze RD gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0,001±0,006	-0,008:0,014		(2)(3)(4)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,039±0,001	0,036:0,042		(1)(4)(5)(7)
(3)RD	8	0,034±0,008	0,024:0,046		(1)(4)(5)
(4)RD+%1 CT	8	0,013±0,009	0,001:0,032		(1)(2)(3)(5)(6)(7)
(5)RD+%2 CT	8	0,005±0,004	-0,004:0,012	*F*=34,279	(2)(3)(4)(6)(7)
(6)RD+%1 Ag NP	8	0,033±0,011	0,016:0,050	*p*<0,001*	(1)(4)(5)
(7)RD+%2 Ag NP	8	0,027±0,003	0,020:0,034		(1)(2)(4)(5)

One Way ANOVA testi

*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre taze RD gruplarında *L. casei'*nin çoğalma eğrisi Şekil 3.2'de sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. RD'nin %2 CT deney grubu bakteri çoğalma eğrisinin negatif kontrol grubuna benzer şekilde seyrettiği ve %1 CT grubunun %2 CT grubuna göre hafif artış gösterdiği tespit edildi. %1 ve %2 Ag NP gruplarında bakteri çoğalma eğrisinin RD kontrol grubuna benzer şekilde paralele yakın şekilde seyrettiği gözlendi. Pozitif kontrol grubu, %1 Ag NP grubu ve RD kontrol grubunda bakteri çoğalmasında başlangıç anından itibaren bir artış görülürken, %2 Ag NP grubunda özellikle altıncı saatten sonra ciddi bir artış belirlendi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Taze RD gruplarında *L. casei* çoğalma grafiği

Antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilen modifiye KM simanları ile modifiye RD simanları (%1 CT ve %2 CT) kendi aralarında karşılaştırıldı ve Farklılık tespit edilen durumlar Evet şeklinde Çizelge 3.3'te sunuldu. KM-RD kontrol grupları arasında ve %1 CT grupları arasında anlamlı farklılık tespit edilirken ($p<0,05$), %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$). (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Taze KM ve RD gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ortalama±Std. Sapma	***Ortalama±Std. Sapma***				
KM-RD	0,023±0,008	0,034±0,008	-2,707	0,017*	Evet	0,725
%1 CT	0,003±0,003	0,013±0,009	-2,700	0,017*	Evet	0,791
%2 CT	0,001±0,004	0,005±0,004	-1,687	0,114	Hayır	0,438

İki Bağımsız Örneklem t-testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

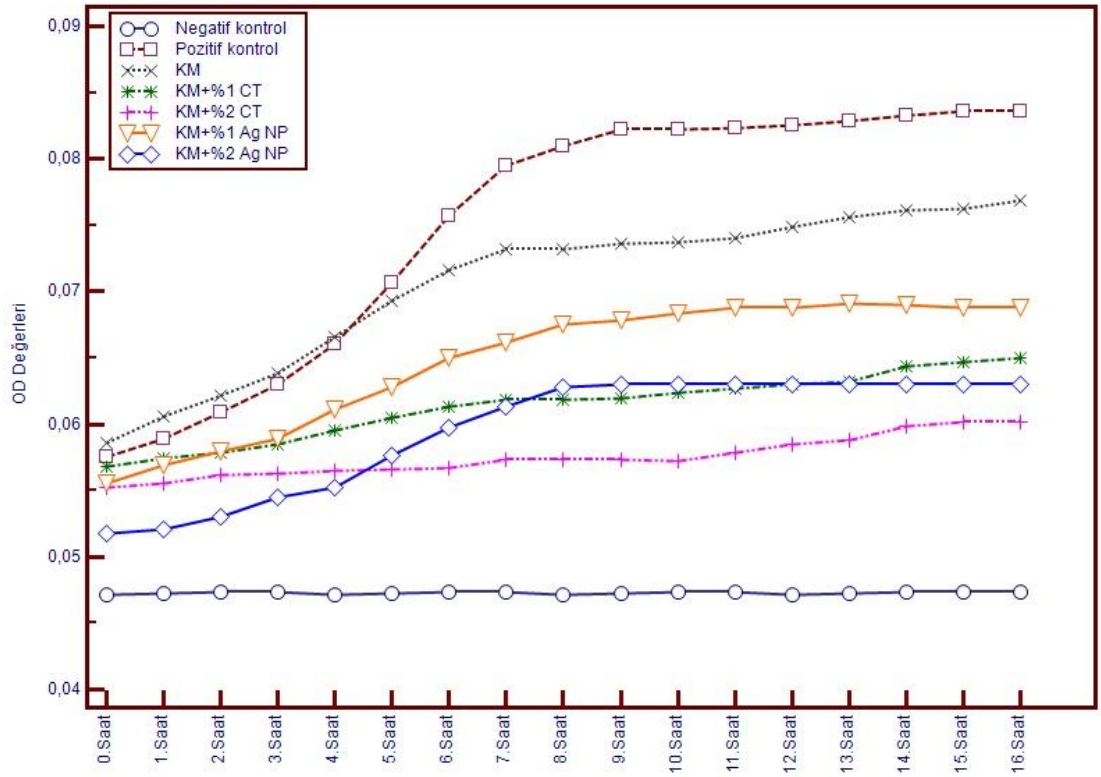
Yaşlandırılmış KM grupları için yapılan değerlendirmeye göre en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir ($F=27,107;p<0,001$). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.4'te sunuldu. Yapılan ölçümlere göre OD farkının en yüksek pozitif kontrol grubunda, en düşük ise negatif kontrol grubunda olduğu belirlendi ve bu değerler tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu ($p<0,05$). KM kontrol grubu ile tüm deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). KM'nin %1 CT grubu ile %2 CT, %1 ve %2 Ag NP grupları arasında fark bulunmazken ($p>0,05$), %2 CT grubu ile %1 ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Farklı konsantrasyonları dikkate alınarak modifikasyon materyalleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı görüldü ($p>0,05$) (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Yaşlandırılmış KM gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)(5)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,026±0,006	0,014:0,034		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)KM	8	0,018±0,004	0,010:0,026		(1)(2)(4)(5)(6)(7)
(4)KM+%1 CT	8	0,008±0,005	0:0,018	*F*=27,107	(1)(2)(3)
(5)KM+%2 CT	8	0,005±0,005	-0,005:0,014	*p*<0,001*	(1)(2)(3)(6)(7)
(6)KM+%1 Ag NP	8	0,013±0,003	0,008:0,018		(1)(2)(3)(5)
(7)KM+%2 Ag NP	8	0,011±0,004	0,004:0,020		(1)(2)(3)(5)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre yaşlandırılmış KM gruplarında *L. casei'*nin çoğalma eğrisi Şekil 3.3'te sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. KM'nin %2 CT grubunda bakteri çoğalma eğrisinin onuncu saate kadar negatif kontrol grubuna benzer şekilde düze yakın şekilde seyrettiği bu saatten sonra ise yavaş bir seyirde artmaya başladığı gözlendi. KM'nin %1 CT grubunda bakteri çoğalma eğrisinin başlangıçtan itibaren yavaş bir seyirde arttığı, altıncı saatten sonra ise %2 CT grubuna paralel şekilde seyrettiği gözlendi. KM'nin %1 ve %2 Ag NP gruplarında bakteri çoğalma eğrisinin on birinci saate kadar KM kontrol grubuna benzer şekilde paralele yakın şekilde seyrettiği, bu saaten sonra ise bakteri çoğalma eğrisinde artış olmadığı gözlendi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yaşlandırılmış KM gruplarında *L. casei* çoğalma grafiği

Yaşlandırılmış RD grupları için yapılan analiz sonuçlarına göre en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir (F=25,429;p<0,001). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.5'te sunuldu. Yapılan ölçümlere göre OD farkının en yüksek pozitif kontrol grubunda, en düşük ise negatif kontrol grubunda olduğu belirlendi ve bu değerler tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu (p<0,05). RD kontrol grubu ile deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05) (Çizelge 3.5). RD kontrol grubunun bakteri çoğalmasını istatistiksel olarak anlamlı derecede azalttığı tespit edildi. Deney grupları arasında en düşük bakteri çoğalmasının KM+%2 CT grubunda olduğu fakat bu değerin istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği bulgulandı (p>0,05). RD simanına eklenen %1 ve %2 CT konsantrasyonlarının 1 hafta sonra herhangi bir antibakteriyel etkinlik göstermedikleri bulgulandı.

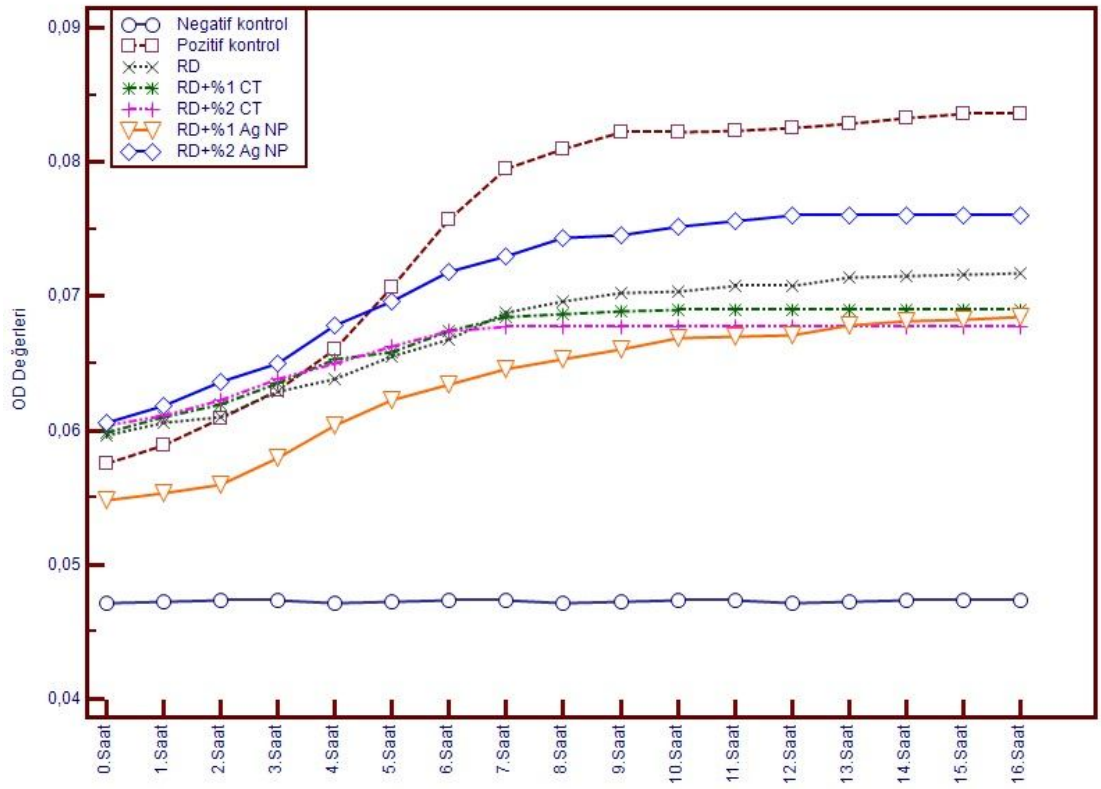
Çizelge 3.5. Yaşlandırılmış RD gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)(5)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,026±0,006	0,014:0,034		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)RD	8	0,012±0,003	0,008:0,019		(1)(2)
(4)RD+%1 CT	8	0,009±0,006	-0,003:0,019		(1)(2)(7)
(5)RD+%2 CT	8	0,007±0,004	0:0,013	*F*=25,429	(1)(2)(6)(7)
(6)RD+%1 Ag NP	8	0,014±0,003	0,007:0,018	*p*<0,001*	(1)(2)(5)
(7)RD+%2 Ag NP	8	0,015±0,003	0,009:0,020		(1)(2)(4)(5)

One Way ANOVA testi

*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre yaşlandırılmış RD gruplarında *L. casei'*nin çoğalma eğrisi Şekil 3.4'te sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. Dördüncü saate kadar pozitif kontrol grubu ile deney grupları arasında bakteri çoğalması açısından belirgin bir fark gözlenmezken bu saatten sonra pozitif kontrol grubunda bakteri çoğalmasında belirgin bir artış gözlendi. Tüm zaman dilimlerinde deney gruplarının birbirine paralele yakın bakteri çoğalma eğrisi çizdikleri gözlendi (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yaşlandırılmış RD gruplarında *L. casei* çoğalma grafiği

L. casei'ye karşı yaşlandırılmış KM grupları ile RD grupları karşılaştırıldı ve Farklılık tespit edilen durumlar Evet şeklinde Çizelge 3.6'da sunuldu. KM-RD kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p<0,05$). KM ve RD simanlarına %1 veya %2 oranlarında CT veya Ag NP ilavesinde ise aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Yaşlandırılmış KM ve RD gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ortalama±Std. Sapma	***Ortalama±Std. Sapma***				
KM-RD	0,018±0,004	0,012±0,003	3,012	0,009*	Evet	0,899
%1 CT	0,008±0,005	0,009±0,006	-0,340	0,739	Hayır	0,061
%2 CT	0,005±0,005	0,007±0,004	-1,011	0,329	Hayır	0,177
%1 Ag NP	0,013±0,003	0,014±0,003	-0,194	0,849	Hayır	0,055
%2 Ag NP	0,011±0,004	0,015±0,003	0,780	0,082	Hayır	0,589

İki Bağımsız Örneklem t-testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

L. casei'ye karşı taze ve yaşlandırılmış KM ve RD grupları için antibakteriyel etkinlik gösterdiği tespit edilen modifikasyon materyalleri ve konsantrasyon miktarları incelendi (Çizelge 3.7).

KM gruplarında; taze KM kontrol grubu ile yaşlandırılmış KM kontrol grubu arasında ve taze KM+%2 CT ile yaşlandırılmış KM+%2 CT arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Taze ve yaşlandırılmış KM+%1 CT, KM+%1 Ag NP ve KM+%2 Ag NP gruplarında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi(Çizelge 3.7).

RD gruplarında taze RD kontrol grubu ile yaşlandırılmış RD kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi. Taze ve yaşlandırılmış RD+%1 CT ve RD+%2 CT gruplarında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Taze ve Yaşlandırılmış KM ve RD gruplarının *L. casei* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	Taze	***1 HaftaYaşlandırılmış***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ort.±Std. Sap.	***Ort.±Std. Sap.***				
KM	0,023±0,008	0,018±0,004	1,374	0,191	Hayır	0,381
KM+%1 CT	0,003±0,003	0,008±0,005	-2,288	0,038*	Evet	0,766
KM+%2 CT	0,001±0,004	0,005±0,005	-1,640	0,123	Hayır	0,535
KM+%1 Ag NP	0,022±0,009	0,013±0,003	2,532	0,031*	Evet	0,826
KM+%2 Ag NP	0,019±0,003	0,011±0,004	3,559	0,003*	Evet	0,786
RD	0,034±0,008	0,012±0,003	6,788	<0,001*	Evet	0,999
RD+%1 CT	0,013±0,009	0,009±0,006	0,926	0,370	Hayır	0,246
RD+%2 CT	0,005±0,004	0,007±0,004	-1,222	0,242	Hayır	0,368

İki Bağımsız Örneklem t-testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

3.1.2. *S. Mutans* ile Yapılan Testin Bulguları

DKT'de taze KM grupları için 0-16 saat OD farkları üzerinde yapılan değerlendirme sonucunda en az bir grupta oluşan OD farkları diğer gruplardan farklılık göstermektedir (χ^2=30,90; p<0,001). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.8'de sunuldu.

Gruplar arası farklılıklar tek tek incelendiğinde, en yüksek OD farkının pozitif kontrol grubunda olduğu, en düşük OD farkının ise negatif kontrol grubunda olduğu ve bu değerlerin tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu gözlendi. KM kontrol grubu ile %1 CT, %2 CT ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu, %1 Ag NP grubu ile ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı gözlendi. KM'nin %1, %2 CT grupları ile %1, %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Modifikasyon materyalleri konsantrasyonlarına göre karşılaştırıldığında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmedi.

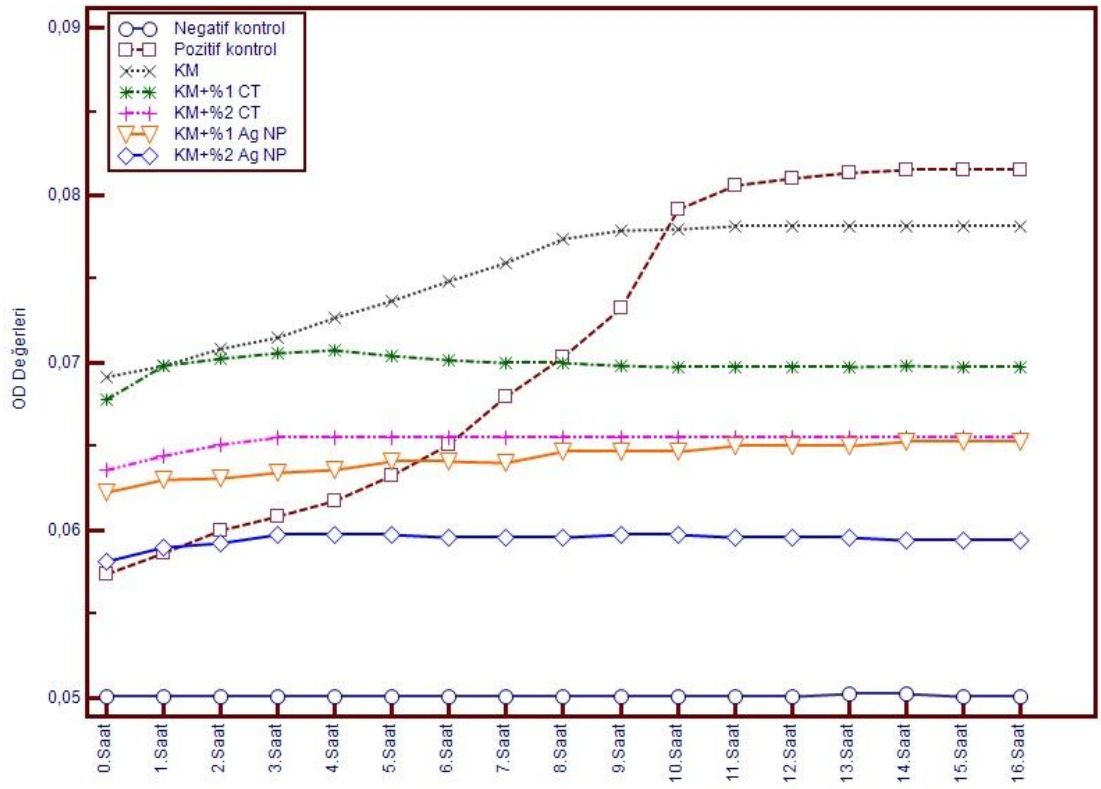
KM kontrol grubunun bakteri çoğalmasını istatistiksel olarak anlamlı derecede azalttığı, tüm modifikasyon materyallerinin KM kontrol grubuna göre bakteri çoğalmasını azalttığı ancak %1 Ag NP grubunda bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı, ayrıca konsantrasyonlar arasında da bakteriyel çoğalma açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı gözlendi.

Çizelge 3.8. Taze KM gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	*Ortalama±Std. Sapma*	*Medyan*	*Test*	*Gruplar arası Farklılık*
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)(5)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,024±0,003	0,0245		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)KM	8	0,009±0,008	0,0055		(1)(2)(4)(5)(7)
(4)KM+%1 CT	8	0,002±0,003	0,0019		(1)(2)(3)
(5)KM+%2 CT	8	0,002±0,001	0,0025	χ^2=32,447	(1)(2)(3)
(6)KM+%1 Ag NP	8	0,003±0,004	0,0035	*p*<0,001*	(1)(2)
(7)KM+%2 Ag NP	8	0,001±0,003	0,0030		(1)(2)(3)

Kruskal Wallis testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre taze KM gruplarında *S. mutans* çoğalma eğrisi Şekil 3.5'te sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. KM'nin %1 CT, %2 CT ve %2 Ag NP gruplarında bakteri çoğalma eğrisinde ilk üç saatte yavaş bir artış olduğu, bu saatten sonra ise negatif kontrol grubuna benzer şekilde düze yakın şekilde seyrettiği, %1 Ag NP grubunda ise bakteri çoğalma eğrisinin yavaş bir şekilde artmaya devam ettiği gözlendi (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Taze KM gruplarında *S. mutans* çoğalma grafiği

Taze RD grupları için gruplar arası farklılığın tespitinde yapılan değerlendirme sonucunda en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir (F=27,469; p<0,001). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.9'da sunuldu.

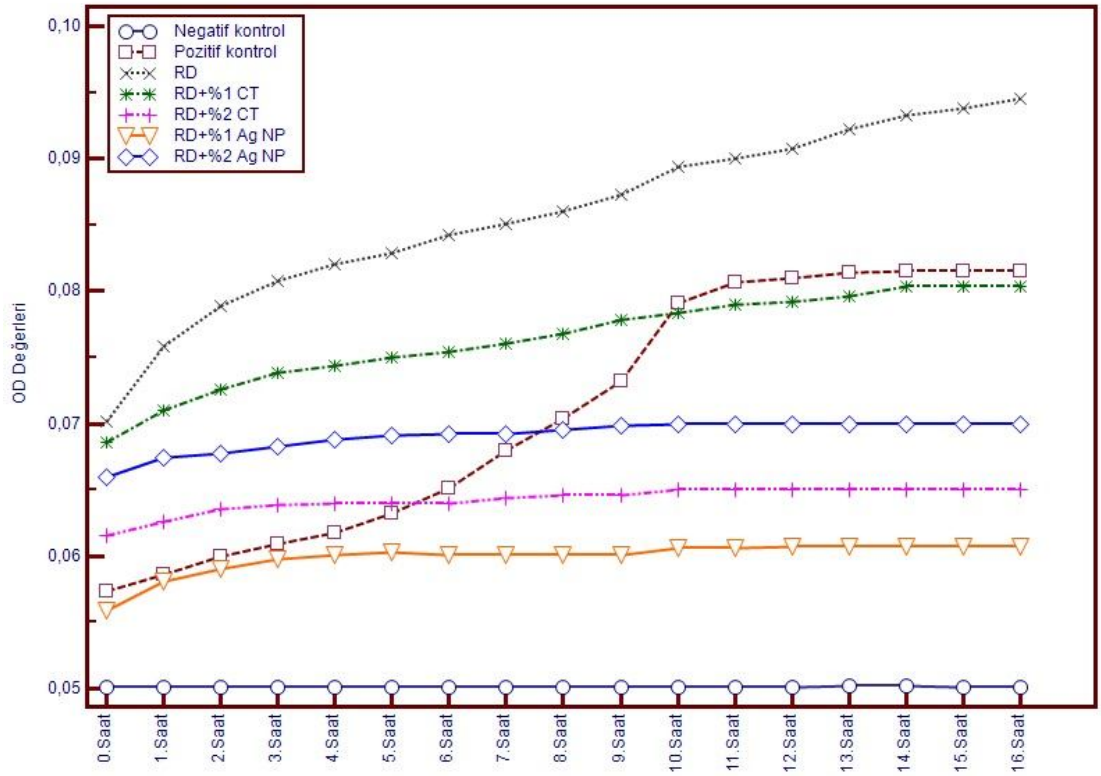
Yapılan ölçümlere göre en yüksek OD farkı pozitif kontrol grubu ve RD kontrol grubunda elde edildi ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. En düşük değer negatif kontrol grubunda elde edildi ve %2 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP grupları ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. RD kontrol grubu ile modifiye edilen tüm RD grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. RD'nin %1 CT grubu ile %2 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede fark bulundu (p<0,05). Konsantrasyonlar dikkate alınarak karşılaştırıldığında %1 ve %2 CT konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu (p<0,05), %1 ve %2 Ag NP konsantrasyonları arasında ise fark olmadığı görüldü (p>0,05). RD kontrol grubunun *S. mutans* üzerine herhangi bir antibakteriyel aktivite sağlamadığı, %1 CT ilavesinin antibakteriyel aktivite sağladığı, %2 CT, %1 ve %2 Ag NP ilavelerinde ise daha yüksek antibakteriyel aktivite oluştuğu gözlendi (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Taze RD gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,024±0,003	0,020:0,029		(1)(4)(5)(6)(7)
(3)RD	8	0,024±0,107	-0,007:0,038		(1)(4)(5)(6)(7)
(4)RD+%1 CT	8	0,012±0,005	0,007:0,022		(1)(2)(3)(5)(6)(7)
(5)RD+%2 CT	8	0,003±0,004	-0,003:0,012	*F*=27,469 *p*<0,001*	(2)(3)(4)
(6)RD+%1 Ag NP	8	0,005±0,006	-0,007:0,015		(2)(3)(4)
(7)RD+%2 Ag NP	8	0,004±0,007	-0,005:0,019		(2)(3)(4)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre RD gruplarında *S. mutans* çoğalma eğrisi Şekil 3.6'da sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. RD'nin %2 CT, %1 ve %2 Ag NP gruplarında bakteri çoğalma eğrisinin üçüncü saate kadar yavaş bir seyirde arttığı, bu saatten sonra ise negatif kontrol grubuna paralele yakın şekilde seyrettiği, %1 CT grubunda bakteri çoğalma eğrisinin yavaş bir seyirde artmaya devam ettiği tespit edildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Taze RD gruplarında *S. mutans* çoğalma grafiği

S. mutans üzerine taze KM ve RD gruplarının karşılaştırılmasında elde edilen sonuçlara göre, modifiye edilmemiş KM ve RD simanları arasında ($p<0,05$) ve %1 CT grupları arasında ($p<0,05$) istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi. Farklılık tespit edilen durumlar Evet şeklinde Çizelge 3.9'da sunuldu.

Çizelge 3.9. Taze KM ve RD gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM		***RD***		***p***	***Farklılık***
	Ort.±Std. Sap.	***Medyan***	***Ort.±Std. Sap.***	***Medyan***		
KM-RD	0,009±0,008	0,006	0,024±0,006	0,023	0,003*	Evet
%1 CT	0,002±0,003	0,002	0,012±0,005	0,011	<0,001*	Evet
%2 CT	0,002±0,001	0,003	0,003±0,004	0,003	0,442	Hayır
%1 Ag NP	0,003±0,004	0,004	0,005±0,006	0,005	0,574	Hayır
%2 Ag NP	0,001±0,003	0,003	0,004±0,007	0,002	0,878	Hayır

Mann Whitney-U testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

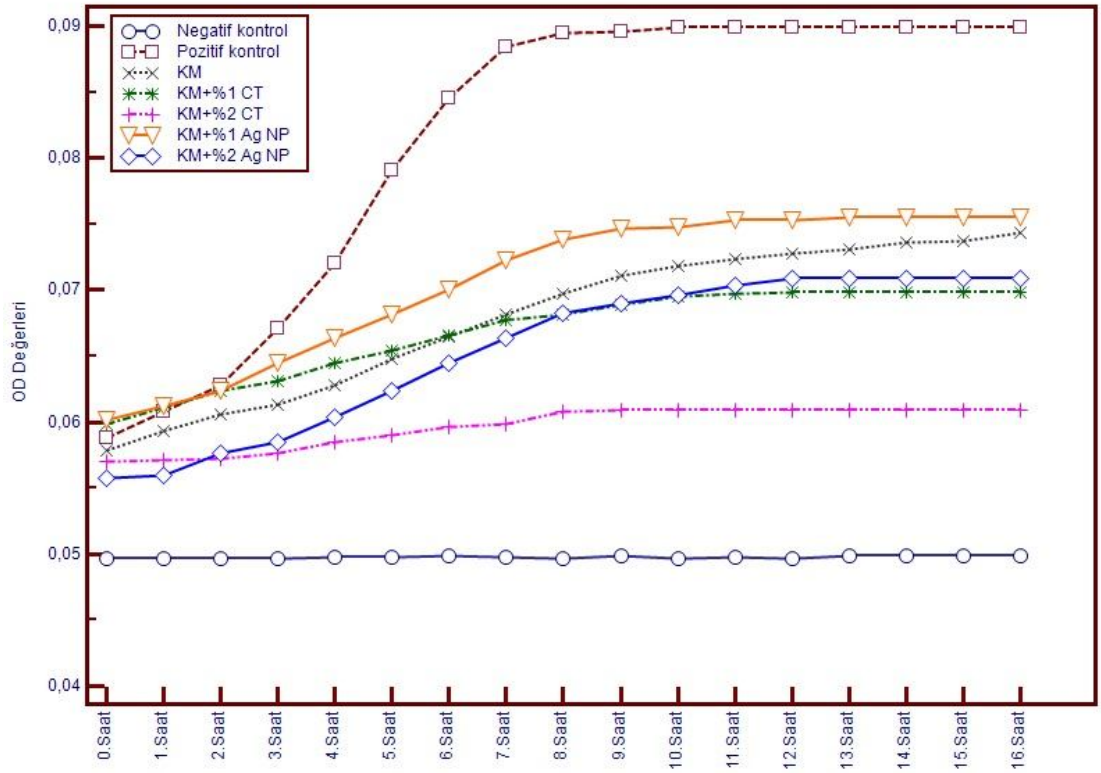
S. mutans üzerine yaşlandırılmış KM grupları için gruplar arası farklılık değerlendirildiğinde en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir ($F=77,120$; $p<0,001$*). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.10'da sunuldu. Yapılan ölçümlere göre OD farkının en yüksek pozitif kontrol grubunda, en düşük ise negatif kontrol grubunda olduğu belirlendi ve bu değerler tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu ($p<0,05$). KM kontrol grubu ile %1 ve %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken, KM kontrol grubu ile %1 ve %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. CT'nin %1 ve %2 konsantrasyonları dikkate alınarak karşılaştırıldığında sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görüldü (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. Yaşlandırılmış KM gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)(5)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,031±0,004	0,026:0,039		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)KM	8	0,017±0,003	0,012:0,022		(1)(2)(4)(5)
(4)KM+%1 CT	8	0,010±0,002	0,004:0,013		(1)(2)(3)(5)(6)(7)
(5)KM+%2 CT	8	0,004±0,004	-0,002:0,012	*F*=77,120 *p*<0,001*	(1)(2)(3)(4)(6)(7)
(6)KM+%1 Ag NP	8	0,015±0,001	0,013:0,019		(1)(2)(4)(5)
(7)KM+%2 Ag NP	8	0,015±0,002	0,012:0,021		(1)(2)(4)(5)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

DKT sonuçlarına göre yaşlandırılmış KM gruplarında *S. mutans* çoğalma eğrisi Şekil 3.7'de sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. KM'nin %2 CT grubunda bakteri çoğalma eğrisinin sekizinci saate kadar yavaş bir seyirde arttığı, bu saatten sonra ise negatif kontrol grubuna benzer şekilde düze yakın şekilde seyrettiği, %1 CT grubunda bakteri çoğalma eğrisinin %2 CT grubuna göre bir miktar daha fazla artış gösterdiği, %1 ve %2 Ag NP gruplarında ise bakteri çoğalma eğrisinin KM'ye benzer şekilde paralele yakın şekilde seyrettiği gözlendi (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yaşlandırılmış KM gruplarında *S. mutans* çoğalma grafiği

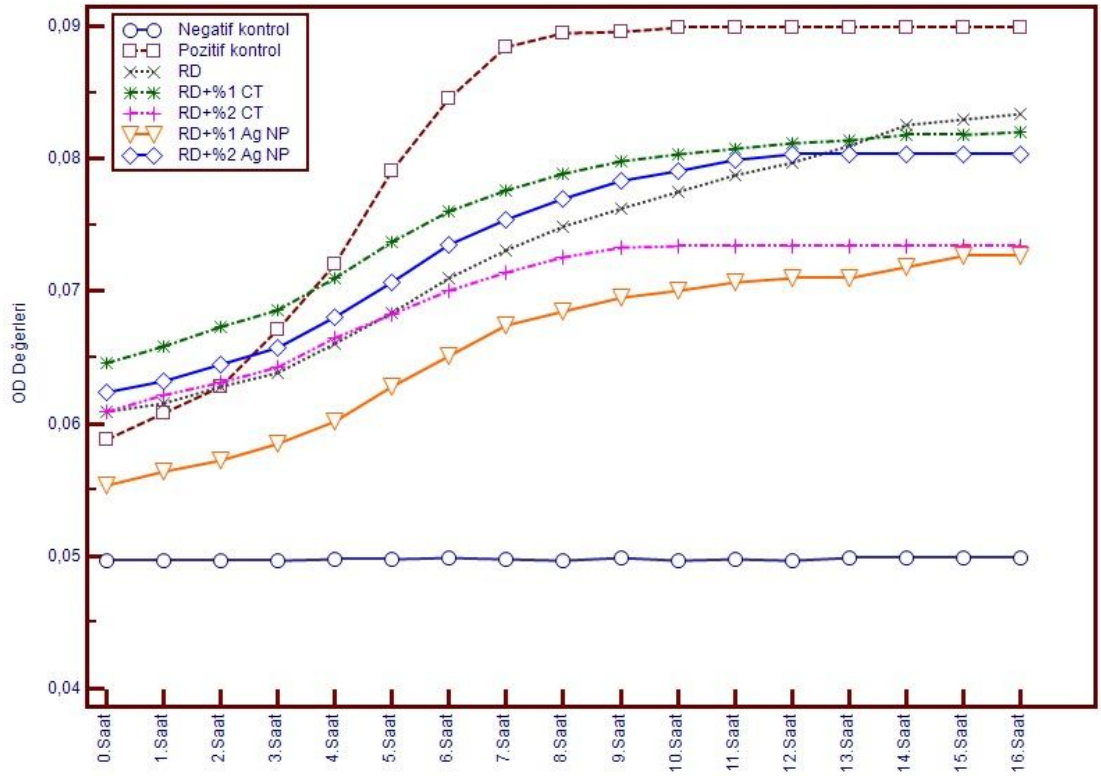
S. mutans üzerine yaşlandırılmış RD grupları için gruplar arası farklılığın değerlendirilmesine göre en az bir grupta oluşan OD farklarının diğer gruplara göre değiştiği söylenebilir (F=10,506; p<0,001*). Gruplar arası farklılığın daha ayrıntılı tespiti Çizelge 3.11'de sunuldu. Yapılan ölçümlere göre OD farkının en yüksek pozitif kontrol grubunda, en düşük ise negatif kontrol grubunda olduğu belirlendi ve bu değerler tüm gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu (p<0,05). RD kontrol grubu ile deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı. RD kontrol grubunun bakteri çoğalmasını istatistiksel olarak anlamlı derecede azalttığı tespit edildi. Deney grupları arasında en düşük bakteri çoğalmasının RD+%2 CT grubunda olduğu fakat bu değerin RD kontrol grubu ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği bulgulandı (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. Yaşlandırılmış RD gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)*Negatif Kontrol*	8	0	0		(2)(3)(4)(5)(6)(7)
(2)*Pozitif Kontrol*	8	0,031±0,004	0,026:0,039		(1)(3)(4)(5)(6)(7)
(3)RD	8	0,023±0,018	0,010:0,068		(1)(2)
(4)RD+%1 CT	8	0,017±0,004	0,013:0,026		(1)(2)
(5)RD+%2 CT	8	0,013±0,002	0,010:0,017	*F*=10,506 *p*<0,001*	(1)(2)
(6)RD+%1 Ag NP	8	0,017±0,006	0,013:0,032		(1)(2)
(7)RD+%2 Ag NP	8	0,018±0,006	0,011:0,032		(1)(2)

One Way ANOVA
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Yaşlandırılmış RD gruplarında *S. mutans* çoğalma eğrisi Şekil 3.21'de sunuldu. Pozitif kontrol grubu için elde edilen grafikte bakterinin normal çoğalma eğrisi çizdiği gözlendi. Negatif kontrol grubunda bakteri çoğalma eğrisi düz bir çizgi şeklinde gözlendi. RD kontrol grubu ve modifiye edilmiş RD gruplarının birbirine paralele yakın bakteri çoğalma eğrisi çizdikleri gözlendi (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Yaşlandırılmış RD gruplarında *S. mutans* çoğalma grafiği

S. mutans'a karşı antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilen yaşlandırılmış KM ile RD grupları (%1 CT ve %2 CT) kendi aralarında karşılaştırıldı ve elde edilen sonuçlara göre, modifiye edilmemiş KM ve RD grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı, KM ve RD simanlarına %1 ve %2 CT ilave edildiğinde ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görüldü (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Yaşlandırılmış KM ve RD gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 Saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma grafiği

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ortalama±Std. Sapma	***Ortalama±Std. Sapma***				
KM-RD	0,017±0,003	0,023±0,018	-0,640	0,574	Hayır	0,223
%1 CT	0,010±0,002	0,017±0,004	-3,895	0,002*	Evet	0,997
%2 CT	0,004±0,004	0,013±0,002	-4,764	<0,001*	Evet	0,999

İki Bağımsız Örneklem t-testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

S. mutans'a karşı taze veya yaşlandırılmış KM ve RD grupları için antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilen farklı modifikasyon materyalleri ve konsantrasyon miktarları incelendi ve elde edilen bulgular Çizelge 3.13'te sunuldu. KM gruplarında sadece taze KM+%2 CT ile yaşlandırılmış KM+%2 CT arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Bunun dışında tüm taze ve yaşlandırılmış KM grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ($p<0,05$). RD gruplarında ise sadece taze RD kontrol grubu ile yaşlandırılmış RD kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı, bunun dışında tüm taze ve yaşlandırılmış RD grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ($p<0,05$) (Çizelge 3.13). Bununla birlikte taze KM ve RD gruplarında bakteri çoğalması genel itibari ile daha az iken 1 hafta yaşlandırıldığında bakteri çoğalması genel itibari ile daha yüksek seviyelerde tespit edildi.

Çizelge 3.13. Taze ve Yaşlandırılmış KM ve RD gruplarının *S. mutans* üzerine 0-16 saat farkları alınmış OD değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	Taze	***1 HaftaYaşlandırılmış***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ort.±Std. Sap.	***Ort.±Std. Sap.***				
KM	0,009±0,008	0,017±0,003	-2,048	0,039*	Evet	0,764
KM+%1 CT	0,002±0,003	0,010±0,002	-4,741	<0,001*	Evet	0,999
KM+%2 CT	0,002±0,001	0,004±0,004	-1,061	0,307	Hayır	0,235
KM+%2 Ag NP	0,001±0,003	0,015±0,002	-7,983	<0,001*	Evet	1,000
RD	0,024±0,006	0,023±0,018	0,266	0,794	Hayır	0,084
RD+%1 CT	0,012±0,005	0,017±0,004	-2,298	0,038*	Evet	0,760
RD+%2 CT	0,003±0,004	0,013±0,002	-4,945	<0,001*	Evet	0,999
RD+%1 Ag NP	0,005±0,006	0,017±0,006	-3,899	0,002*	Evet	0,988
RD+%2 Ag NP	0,004±0,007	0,018±0,006	-3,937	0,001*	Evet	0,992

İki Bağımsız Örneklem t-testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

3.2. Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları

Test edilen materyallerin makaslama bağlanma dayanımı verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri, minimum-maksimum değerleri, uygulanan istatistiksel test yöntemi ve gruplar arası farklılıklar Çizelge 3.14 - 16'da sunuldu.

KM grupları içerisinde en yüksek bağlanma dayanımı değeri KM kontrol grubunda, en düşük bağlanma dayanımı değeri ise %2 CT grubunda gözlendi. Bu sonuçlara göre bağlanma dayanımı bakımından %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilen deney grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). KM'nin %1 CT grubu %2 CT grubuna göre bağlanma dayanımını istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az etkilemiştir ($p<0,05$). Ag NP'nin %1 ve %2 konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Genel itibarı ile KM simanına %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilmesinin materyalin dentine bağlanma dayanımını azalttığı gözlendi (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14. KM grupları bağlanma dayanımına ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)KM	10	5,25±1,26	3,26-6,52		(2)(3)(4)(5)
(2)KM+%1 CT	10	2,88±0,28	2,54-3,28		(1)(3)
(3)KM+%2 CT	10	2,18±0,42	1,68-2,68	*F*=31,944 *p*<0,001*	(1)(2)(4)(5)
(4)KM+%1 Ag NP	10	3,05±0,30	2,65-3,53		(1)(3)
(5)KM+%2 Ag NP	10	2,96±0,44	2,38-3,60		(1)(3)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

RD grupları içerisinde en yüksek bağlanma dayanımı değeri RD kontrol grubunda, en düşük bağlanma dayanımı değeri ise %2 CT grubunda gözlendi. Bu sonuçlara göre bağlanma dayanımı bakımından %1 ve %2 CT ilave edilen deney grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$), %1 ve %2 Ag NP ilave edilen deney grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$) (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. RD grupları bağlanma dayanımına ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Medyan***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)RD	10	3,85±0,48	4,11		(2)(3)
(2)RD+%1 CT	10	2,37±0,17	2,37		(1)(3)(4)(5)
(3)RD+%2 CT	10	1,95±0,34	1,79	χ^2=36,868 *p*<0,001*	(1)(2)(4)(5)
(4)RD+%1 Ag NP	10	3,60±0,52	3,52		(2)(3)
(5)RD+%2 Ag NP	10	3,44±0,63	3,22		(2)(3)

Kruskal Wallis testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

KM ve RD grupları birbirleri ile karşılaştırıldığında KM-RD kontrol grupları arasında, %1 CT grupları arasında ve %1 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). KM+%2 CT grubunda RD+%2 CT grubuna göre daha yüksek bağlanma değerleri gözlendi fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). KM+%2 Ag NP grubunda RD+%2 Ag NP grubuna göre daha düşük bağlanma değerleri gözlendi fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). En düşük bağlanma dayanımı hem KM hem de RD gruplarında % 2 CT ilavesinde tespit edilirken, en yüksek bağlanma dayanımı iki grupta da KM ve RD kontrol gruplarında elde edildi. (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. KM ve RD grupları bağlanma dayanımına ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ort.±Std. Sap.	***Ort.±Std. Sap.***				
KM-RD	5,25±1,24	3,85±0,48	3,298	0,007*	Evet	0,941
%1 CT	2,88±0,28	2,37±0,17	4,822	<0,001*	Evet	0,998
%2 CT	2,18±0,42	1,95±0,34	1,305	0,208	Hayır	0,349
%1 Ag NP	3,05±0,30	3,60±0,52	-2,902	0,011*	Evet	0,874
%2 Ag NP	2,96±0,44	3,44±0,63	-1,971	0,066	Hayır	0,599

İki Bağımsız Örneklem t testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Kırılma tiplerine ait bulgular

Makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanan örneklerin kırılma tipleri, stereomikroskop altında incelenerek adeziv, koheziv ve miks olarak sınıflandırıldı. Yapılan inceleme sonucunda elde edilen verilerin yüzdelik oranları Çizelge 3.17'de sunuldu. Tüm grupların kırılma tipleri değerlendirildiğinde, gruplara ait tüm örneklerde miks kırılma tipi gözlendi (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Bağlanma dayanım testi uygulanan örneklerdeki kırılma tiplerinin dağılımı

	Adeziv n (%)	**Koheziv n (%)**	**Miks n (%)**
KM	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
KM+%1 CT	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
KM+%2 CT	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
KM+%1 Ag NP	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
KM+%2 Ag NP	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
RD	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
RD+%1 CT	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
RD+%2 CT	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
RD+%1 Ag NP	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)
RD+%2 Ag NP	0 (%0)	0 (%0)	10 (%100)

3.3. Yüzey Mikro Sertliği Testi Bulguları

Test edilen materyallerin yüzey sertliği verilerinin ortalama ve standart sapma değerleri, minimum-maksimum değerleri, uygulanan istatistiksel test yöntemi ve gruplar arası farklılıklar Çizelge 3.18 - 20'de sunuldu.

KM grupları içerisinde en yüksek yüzey sertliği değeri KM kontrol grubunda, en düşük yüzey sertliği değeri ise %2 CT grubunda gözlendi. Bu sonuçlara göre yüzey sertliği bakımından %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilen deney grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). KM'nin %1 CT grubunun %2 CT grubuna göre yüzey sertliğini daha az etkilediği ($p<0,05$), %1 Ag NP ile %2 Ag NP grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı gözlendi ($p>0,05$) (Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. KM grupları yüzey sertliğine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)KM	10	50,09±1,74	47,30-52,40	*F*=17,175 *p*<0,001*	(2)(3)(4)(5)
(2)KM+%1 CT	10	43,92±3,19	40,10-51,20		(1)(3)(4)(5)
(3)KM+%2 CT	10	40,79±3,41	37-45,50		(1)(2)(4)(5)
(4)KM+%1 Ag NP	10	47,33±2,16	44-49,80		(1)(2)(3)
(5)KM+%2 Ag NP	10	46,51±2,59	42,35-49,50		(1)(2)(3)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

RD grupları içerisinde en yüksek yüzey sertliği değeri RD kontrol grubunda, en düşük yüzey sertliği değeri ise %2 CT grubunda gözlendi. Bu sonuçlara göre yüzey sertliği bakımından %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilave edilen deney grupları ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). %1 CT grubu %2 CT grubuna göre yüzey sertliğini daha az etkilemiştir ($p<0,05$). %1 Ag NP ile %2 Ag NP karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$) (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.19. RD grupları yüzey sertliğine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)RD	10	32,27±3,58	28-37,80	*F*=12,453 *p*<0,001*	(2)(3)(4)(5)
(2)RD+%1 CT	10	26,86±1,40	24,20-28,20		(1)(3)
(3)RD+%2 CT	10	24,57±1,68	21,90-26,90		(1)(2)(4)(5)
(4)RD+%1 Ag NP	10	28,22±1,69	26,20-31,90		(1)(3)
(5)RD+%2 Ag NP	10	28,18±3,32	21,90-32,10		(1)(3)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

KM ve RD grupları birbirleri ile karşılaştırıldığında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Genel itibarı ile KM gruplarının RD gruplarına göre yüzey sertliği bakımından daha yüksek değerler gösterdiği tespit edildi. En düşük Vicker's sertlik değeri hem KM hem de RD grubunda % 2 CT ilavesinde tespit edilirken, en yüksek Vicker's sertlik değeri iki grupta da KM ve RD kontrol grubu değerlerinde elde edildi (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.20. KM ve RD grupları yüzey sertliğine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ort.±Std. Sap.	***Ort.±Std. Sap.***				
KM-RD	50,09±1,74	32,27±3,58	14,158	<0,001*	Evet	1,000
%1 CT	43,92±3,20	26,86±1,40	15,457	<0,001*	Evet	1,000
%2 CT	40,79±3,41	24,57±1,68	13,472	<0,001*	Evet	1,000
%1 Ag NP	47,33±2,16	28,22±1,69	22,016	<0,001*	Evet	1,000
%2 Ag NP	46,51±2,59	28,18±3,32	13,769	<0,001*	Evet	1,000

İki Bağımsız Örneklem t Testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

3.4. Su Emilimi Testi Bulguları

Test edilen materyallerin su emilimi değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri, minimum-maksimum değerleri, uygulanan istatistiksel test yöntemi ve gruplar arası farklılıklar Çizelge 3.21 - 23'te sunuldu.

KM kontrol grubu ile %1 ve %2 CT grupları karşılaştırıldığında su emilimi değerleri ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). KM'nin %1 CT ile %2 CT grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$) (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.21. KM grupları su emilimine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	***Ort.±Std. Sap.***	***Min-Maks***	***Test***	***Gruplar arası Farklılık***
(1)KM	10	118,36±8,75	104,39-129,16		(2)(3)
(2)KM+%1 CT	10	155,70±5,53	146,85-162,77		(1)(3)(4)(5)
(3)KM+%2 CT	10	174,27±7,70	161-189,31	*F*=91,141 *p*<0,001*	(1)(2)(4)(5)
(4)KM+%1 Ag NP	10	121,02±6,08	115-134,47		(2)(3)
(5)KM+%2 Ag NP	10	125,80±11,51	111,46-146,85		(2)(3)

One Way ANOVA testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

RD kontrol grubu ile deney grupları karşılaştırıldığında tüm gruplar ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). RD'nin %1, %2 CT grupları ile %1, %2 Ag NP grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). RD'nin %1 CT ile %2 CT ve %1 Ag NP ile %2 Ag NP grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p>0,05$) (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22. RD grupları su emilimine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	*Ort.±Std. Sap.*	*Medyan*	*Test*	*Gruplar arası Farklılık*
(1)RD	10	105,63±12,67	100,85		(2)(3)(4)(5)
(2)RD+%1 CT	10	151,63±13,73	157,47		(1)(4)(5)
(3)RD+%2 CT	10	154,10±3,95	155,70	χ^2=36,516	(1)(4)(5)
(4)RD+%1 Ag NP	10	124,03±7,93	122,08	p<0,001*	(1)(2)(3)
(5)RD+%2 Ag NP	10	128,63±10,55	128,27		(1)(2)(3)

Kruskal Wallis testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

KM grupları RD grupları ile karşılaştırıldığında, KM kontrol grubu ile RD kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). KM ve RD gruplarının %2 CT grupları arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). En az su emilimi değerini RD kontrol grubu gösterdi. En düşük su emilimi değeri KM-RD kontrol gruplarında tespit edilirken, en yüksek su emilimi iki grupta da %2 CT ilavesinde elde edildi (Çizelge 3.23).

Çizelge 3.23. KM ve RD grupları su emilimine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	*RD*	*Test*	*p*	*Farklılık*	*Güç*
	Ort.±Std. Sap.	*Ort.±Std. Sap.*				
KM-RD	118,36±8,72	105,63±12,68	2,617	0,017*	Evet	0,808
%1 CT	155,70±5,53	151,63±13,73	0,869	0,402	Hayır	0,209
%2 CT	174,27±7,70	154,10±3,95	7,369	<0,001*	Evet	1,000
%1 Ag NP	121,02±6,08	124,03±7,93	-0,951	0,354	Hayır	0,232
%2 Ag NP	125,80±11,51	128,63±10,55	-0,573	0,574	Hayır	0,137

İki Bağımsız Örneklem t Testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

3.5. Çözünürlük Testi Bulguları

Test edilen materyallerin suda çözünürlük değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri, medyan değerleri, uygulanan istatistiksel test yöntemi ve gruplar arası farklılıklar Çizelge 3.24 - 26'da görülmektedir.

KM kontrol grubu ile %1 CT, %2 CT ve %2 Ag NP grupları arasında çözünürlük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). KM kontrol grubu ile %1 Ag NP ilavesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi. KM'nin %1 CT ve %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken ($p>0,05$), %1 Ag NP ile %2 Ag NP grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$) (Çizelge 3.24).

Çizelge 3.24. KM grupları çözünürlük değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	*Ort.±Std. Sap.*	*Medyan*	*Test*	*Gruplar arası Farklılık*
(1)KM	10	4,07±2,89	3,54		(2)(3)(5)
(2)KM+%1 CT	10	0,18±2,56	0		(1)(4)
(3)KM+%2 CT	10	-0,71±3,84	0	χ^2=15,358	(1)(4)
(4)KM+%1 Ag NP	10	3,89±4,07	3,54	*p*=0,004*	(2)(3)(5)
(5)KM+%2 Ag NP	10	-0,53±2,89	-1,77		(1)(4)

Kruskal Wallis testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

RD kontrol grubu ile %2 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP grupları çözünürlük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). RD kontrol grubu ile %1 CT ilavesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$). RD'nin %2 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP gruplarının kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0,05$) (Çizelge 3.25).

Çizelge 3.25. RD grupları çözünürlük değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	n	*Ort.±Std. Sap.*	*Medyan*	*Test*	*Gruplar arası Farklılık*
(1)RD	10	6,55±3,34	5,31		(3)(4)(5)
(2)RD+%1 CT	10	4,96±2,17	5,31		(4)(5)
(3)RD+%2 CT	10	3,72±1,76	3,54	χ^2=11,577	(1)
(4)RD+%1 Ag NP	10	1,77±3,82	3,54	*p*=0,021*	(1)(2)
(5)RD+%2 Ag NP	10	1,42±4,99	2,65		(1)(2)

Kruskal Wallis testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

KM grupları RD grupları ile karşılaştırıldığında, %1 CT grupları arasında ve %2 CT grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0,05$). KM-RD, %1 Ag NP ve %2 Ag NP grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p>0,05$) (Çizelge 3.26).

Çizelge 3.26. KM ve RD grupları çözünürlük değerlerine ilişkin karşılaştırma sonuçları

	KM	***RD***	***Test***	***p***	***Farklılık***	***Güç***
	Ort.±Std. Sap.	***Ort.±Std. Sap.***				
KM-RD	4,07±2,90	6,55±3,34	-1,772	0,093	Hayır	0,523
%1 CT	0,18±2,56	4,95±2,17	-4,493	<0,001*	Evet	0,996
%2 CT	-0,71±3,84	3,71±1,76	-3,311	0,004*	Evet	0,937
%1 Ag NP	3,89±4,07	1,77±3,82	1,203	0,245	Hayır	0,313
%2 Ag NP	-0,53±2,89	1,41±4,99	-1,067	0,300	Hayır	0,268

İki Bağımsız Örneklem t Testi
*: İstatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda, pedodonti kliniklerinde sıklıkla kullanılan cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerini geliştirmek için çeşitli modifikasyonlar yapılarak materyallerin antibakteriyel ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Pulpal enflamasyonda başlıca etkenin mikroorganizmalar ve ürünleri olduğu bilinmektedir (Siqueira ve Rocas 2008). Dişlerdeki madde kayıpları restore edilse bile restorasyondan sonra rezidüel mikroorganizmaların çoğalabilecekleri ve toksinlerinin pulpaya diffüze olarak enfeksiyona neden olabilecekleri bildirilmiştir (Polydorou ve ark 2006). Bu sebeple mikroorganizmaların neden olduğu postoperatif duyarlılığı, çürük rezidivini ve pulpa enflamasyonunu engellemek amacıyla antibakteriyel etkiye sahip restoratif materyallerin kullanımı tavsiye edilmektedir (Polydorou ve ark 2006, Davidovich ve ark 2007).

Tüzüner ve Ulusu (2010), cam iyonomer simanlara CT, CPC, CHX ve BC ekleyerek antibakteriyel etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, antibakteriyel ajanların % 1 ve % 2 oranlarının cam iyonomerlerin antibakteriyel etkinliğini arttırdığını fakat yüzey sertliğini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Irie ve Nakai (1988), gümüş ilave edilmiş cam iyonomer simanlar ile geleneksel cam iyonomer simanları farklı fiziksel özellikleri açısından karşılaştırdıkları çalışmalarında, gümüş ilave edilen cam iyonomer simanların basma dayanımı, elastisite modülü ve bağlanma dayanımı özelliklerinin geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızda cam iyonomer materyallerin, klinik ömrünü ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilemeden çürük önlemedeki etkinliğinin arttırılması amaçlandı ve materyallerin modifiye edilmesi için ağırlıkça %1 ve %2 oranlarında CT ve Ag NP ajanları kullanıldı.

Yapılan klinik çalışmalarda cam iyonomer siman ile restore edilen dişlerin altında rezidüel bakterilerin iki yıldan daha uzun süre ile yaşamlarını sürdürebildiği bildirilmektedir (Weerheijm ve ark 1993, Frencken ve ark 1998, Weereijm ve Groen

1999). Bu nedenle cam iyonomer simanların çürük önleyici etkisi halâ tartışılmaktadır (Weerheijm ve ark 1993, Tüzüner 2008).

Son dönemlerde araştırmacılar, sekonder çürüğün önlenmesi ve azaltılması amacı ile materyallerin antibakteriyel özelliklerinin arttırılması gerektiğini bildirmektedirler. Bu amaçla günümüzde yapılan çalışmalarda cam iyonomer siman tozuna veya likidine katyonik dezenfektanlar katılarak cam iyonomer simanların antibakteriyel etkinliği değerlendirilmektedir. Bu çalışmalarda sıklıkla CHX tozun kullanıldığı gözlenmektedir (Jedrychowski ve ark 1983, Riberio ve Ericson 1991, Botelho 2003, Palmer ve ark 2004, Nur 2012).

S. mutans ve benzeri asidojenik bakteriler çürüğün erken safhasında plâkta var olan ve diş çürüğünün gelişiminde rol oynayan asıl bakteriyel ajanlardır. Bu sebeple restoratif materyallerin antimikrobiyal etkinliğinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Du ve ark 2012). CHX toz *S. mutans* üzerine etkili iken, çürüğün ilerlemesinden sorumlu olan *L. casei* üzerinde daha güçlü antibakteriyel etkinliği bulunan CT tozun da antibakteriyel özellikler açısından değerlendirildiği gözlenmektedir (Botelho 2003, Botelho 2005). Buna bağlı olarak araştırmamızda, CT toz Ketac Molar Easymix ve R&D Series Novaglass-F ile birlikte kullanılarak *S. mutans* ve *L. casei* üzerine antibakteriyel etkinliği değerlendirilmiştir.

Botelho (2003), Fuji IX'un tozuna CHX, CPC ve CT, likidine ise BC ilavesinin Fuji IX'un antibakteriyel özelliklerini incelediği çalışmada CT ajanının CHX ile benzer kimyasal özelliklerinin olduğunu ve CT ajanının CHX, CPC ve BC'ye göre daha etkin bulunduğunu bildirmiştir. Bu nedenle çalışmamızda CT ajanı tercih edilmiştir.

Eklenen antibakteriyel ajanın konsantrasyon miktarının cam iyonomer simanın fiziksel özellikleri üzerinde kritik öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Jedrychowski ve ark 1983, Nur 2012). Jedrychowski ve ark (1983) cam iyonomer simana eklenen CHX tozun konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak simanın antibakteriyel özelliğini arttırdığını, fakat fiziksel özelliklerini azalttığını bildirmişlerdir. Deepalakshmi ve ark (2010) yaptıkları çalışmalarında, cam iyonomer simana %1 CT eklenmesinin, fiziksel özellikleri olumsuz yönde etkilemeden

antibakteriyel etkiyi sağlamak için optimal olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda, cam iyonomer simanların antibakteriyel özellikleri geliştirilirken fiziksel özelliklerinin minimum ve kabul edilebilir düzeyde etkilenmesi için, %1 ve %2 oranlarında CT toz ve Ag NP toz, Ketac Molar Easymix ve R&D Series Novaglass-F marka cam iyonomer siman tozu içerisine katılmıştır.

Literatür değerlendirmesi yapıldığı zaman, CT tozun cam iyonomer simanın tozuna eklenmesinin ardından antibakteriyel etkinliğin ve fiziksel özelliklerin değerlendirildiği çalışmalara rastlanmaktadır (Botelho ve ark 2003, Tüzüner 2008, Deepalakshmi ve ark 2010, Tüzüner ve Ulusu 2010, Tüzüner ve ark 2011). Ancak cam iyonomer simana Ag NP ilavesinin değerlendirildiği çalışmalar çok sınırlıdır (Magalhaes ve ark 2012, Fujun ve ark 2013) ve bu konuda çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca cam iyonomer simana CT ve Ag NP eklenmesinin antibakteriyel ve fiziksel özellikler açısından karşılaştırıldığı herhangi bir çalışmanın yapılmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda bir katyonik dezenfektan olan CT ve nanoteknolojinin gelişmesiyle gündeme gelen Ag NP, cam iyonomer simanın yapısına eklendi ve bu sayede cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin geliştirilmesi ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlandı. Yapılan modifikasyon sonucu cam iyonomer simanların antibakteriyel ve fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesinde *in vitro* uygulanan antibakteriyel ve fiziksel testlerden faydalanıldı.

Bu çalışmada hedef; konservatif tedavide kullanılan geleneksel cam iyonomer simanların içerisine değişik oranlarda Ag NP ve CT toz ilave edilerek cam iyonomer simanların antibakteriyel etkinliklerinin geliştirilmeye çalışılması ve ilave edilen bu ajanların cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi ve pedodonti kliniklerinde uygulanabilecek ideal cam iyonomer siman ve antibakteriyel ajan kombinasyonlarının elde edilmesidir.

Cam iyonomer materyallerin antibakteriyel ve fiziksel özelliklerin değerlendirildiği *in vitro* çalışmalarda çeşitli test yöntemleri kullanılmaktadır (Lewinstein ve ark 2005, Yalçın 2009, Elsaka ve ark 2011, Tüzüner ve ark 2011, Nur 2012). Son dönemlerde cam iyonomer simanlara ilave edilen materyallerin antibakteriyel etkinliğinin DKT metodu (Lewinstein ve ark 2005, Yalçın 2009, Elsaka ve ark 2011, Fujun ve ark 2013) ile, fiziksel özellikleri üzerindeki etkisinin

ise makaslama bağlanma dayanımı testi (Ahn ve ark 2009, Fujun ve ark 2013, Korkut 2013), Vicker's mikrosertlik testi (Tüzüner ve Ulusu 2010, Elsaka ve ark 2011, Tüzüner ve ark 2011), su emilimi ve çözünürlük testi (Yalçın 2009) çalışmaları ile değerlendirildiği bildirilmektedir. Çalışmamızda da antibakteriyel etkinliğini arttırmak amacıyla modifiye edilmiş cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla DKT, fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla makaslama bağlanma dayanımı, Vicker's yüzey sertliği, su emilimi ve çözünürlük testlerinden faydalanılmıştır.

Cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin araştırıldığı birçok çalışmada ADT yöntemi kullanıldığı görülmektedir (Botelho 2003, Deepalakshmi ve ark 2010, Tüzüner ve ark 2011, Magalhaes ve ark 2012). Ancak ADT'de simandan antibakteriyel ajanın difüzyonunun olamayacağı düşünülmektedir (Lewinstein ve ark 2005). ADT yöntemindeki kısıtlamalar ve teknolojideki gelişmeler ile araştırmacılar farklı yöntem arayışına gitmişlerdir (Weiss ve ark 1996). DKT akışkan olmayan materyallerin antibakteriyel aktivitesini değerlendirmek için geliştirilen bir yöntemdir (Weiss ve ark 1996). Bakterilerin yaşayabilme ve büyüme durumu ile ilgili bilgi sağlamaktadır. Bu test metodu antimikrobiyal komponentlerin diffüze olabilme ve çözünebilmelerine göre, test materyali ve bakteri arasındaki direkt kontakt etkisini ölçmektedir (Matalon ve ark 2005).

Çinko fosfat (Harvard), polikarboksilat (Duralon) ve cam iyonomer (Ketac Cem) materyallerinin *S. mutans* üzerindeki antibakteriyel etkinliklerinin DKT ve ADT kullanılarak karşılaştırıldıkları bir çalışmada, DKT ile 3 ay sonra bakılan Duralon ve Harvard simanları antibakteriyel etki gösterirken, Ketac-Cem materyalinin antibakteriyel etki göstermediği gözlenmiştir. ADT ile test edilen materyallerde hiçbir antibakteriyel etki gözlenmemiştir. DKT yönteminin, test mikroorganizmalarının ve test materyallerinin direk temasta olması açısından, ADT yöntemine göre materyallerin antibakteriyel özelliklerini belirlemede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Lewinstein ve ark 2005). Çalışmamızda tüm bu özellikler göz önüne alınarak DKT yöntemi kullanılmıştır.

Eick ve ark (2004), restoratif materyallerdeki plak oluşumunu değerlendirilen bir *in vitro* çalışmada, 24 saat sonunda bakteri enzim ve artıklarının bakterilerin canlılığını engellemesi sebebiyle, statik bakteriyel besi yerlerinin en fazla 24 saat

süre ile kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu konu ile alakalı literatür incelendiğinde çoğunlukla (Lewinstein ve ark 2005, Davidovich ve ark 2007, Elsaka ve ark 2011, Fujun ve ark 2013) 16. saat sonunda test sona erdirilmiştir. Bu nedenle biz de literatür (Elsaka ve ark 2011, Fujun ve ark 2013) ile uyumlu olarak DKT yöntemi kullanılan çalışmamızda testimiz 16. saat sonunda sona erdirilmiştir.

Restoratif materyallerin DKT yöntemi ile antibakteriyel özelliklerinin incelendiği çalışmalarda örnekler taze hazırlanarak ya da PBS içerisinde 24, 48, 72 saat veya 1 hafta gibi sürelerle bekletilerek simanların erken ve geç dönem antibakteriyel özellikleri değerlendirilmiştir (Lewinstein ve ark 2005). Bunun sebebi materyallerin erken ve geç dönmedeki pH düzeyleri ve materyallerden salınan bazı iyonların miktarındaki değişikliklerdir (Daugela ve ark 2008, Sevimay ve ark 2008). Çalışmamızda DKT yönteminde Yalçın (2009), Elsaka (2011) tarafından yapılan çalışmalar ile benzer şekilde taze ve 1 hafta yaşlandırılmış örnekler kullanılmıştır.

CHX tozun cam iyonomer siman tozuna ilave edilerek antibakteriyel aktivitenin değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcut iken (Jedrychowski ve ark 1983, Riberio ve Ericson 1991, Botelho 2003, Palmer ve ark 2004, Botelho 2005, Takahashi ve ark 2006, Türkün ve ark 2008), CT'nin tozu ile ilgili daha sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Botelho 2003, Deepalakshmi ve ark 2010, Tüzüner ve ark 2011, Nur 2012).

Nur (2012) CHX toz ve/veya CT toz eklenen cam iyonomer simanın antibakteriyel özelliklerini değerlendirdikleri bir çalışmada, Fuji IX kontrol grubu olarak, %1 ve %5 konsantrasyonlarında CHX toz ve/veya CT toz materyallerini içeren Fuji IX grubu ise deney grupları olarak belirlenmiştir. Antibakteriyel ajanlar cam iyonomer simanın tozuna veya likidine eklenmiştir. *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel aktivitenin ADT ile değerlendirildiği bu çalışmada antibakteriyel etkinlik 1, 7, 14, 21, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 ve 130. günlerde değerlendirilmiştir. Cam iyonomer siman ile birlikte kullanılan CHX toz ve/veya CT tozun antibakteriyel etkinliğinin, konsantrasyonla doğru orantılı olarak 60-90 günler arasında azaldığı bildirilmiştir. Tüm zaman dönemlerinde *S. mutans* ve *L. casei* üzerinde, Fuji IX'a ilave edilen CT ve CHX tozun artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir. *L. casei* üzerinde tüm CT toz içeren grupların toz+toz karışımlarının toz+likit karışımlarına oranla

antibakteriyel etkinliğinin daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre, simanın likidine oranla, tozuna ilave edilen katyonik dezenfektanların simanın partikül yapısını etkilediği, buna bağlı olarak daha uzun süre antibakteriyel etki sağlayabileceği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda, CT tozun CHX toza oranla antibakteriyel etkisinin daha uzun süre devam ettiği, CT tozun hem *S. mutans* hem de *L. casei* üzerinde antibakteriyel etkisinin yüksek olmasından dolayı Fuji IX ile birlikte kullanım açısından ART uygulamaları içerisinde yer alabileceği bildirilmiştir. Bu nedenlerle çalışmamızda da CT toz tercih edildi ve cam iyonomer simanın tozu içerisine eklendi.

Botelho (2003)' nun, Fuji IX'un tozuna CHX, CPC ve CT'i, likidine ise BC'i %1, %2, %4 oranında ekleyerek, 1. haftadan 10. haftaya kadar ADT ile antibakteriyel etkinliğini değerlendirdiği çalışma sonucunda, kontrol grubu bakteriyel inhibisyon göstermezken, katyonik dezenfektan içeren deney grubunda artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak antibakteriyel etkinliğin arttığı gözlenmiştir. Antibakteriyel etkinliğin 1. haftadan 10. haftaya kadar anlamlı derecede azaldığı ve CT - cam iyonomer siman kombinasyonunun mikroorganizmalara karşı anlamlı derecede en iyi inhibitör etkiyi gösterdiği bildirilmiştir.

Deepalakshmi ve ark (2010) %1 ve %2 oranlarında CHX ve CT ile kombine edilen Fuji IX'un antibakteriyel ve fiziksel özelliklerini 48 saat boyunca ADT ile değerlendirdikleri çalışmanın sonucunda antibakteriyel etkinin antibakteriyel ajanın dozu ile doğru orantılı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları Botelho (2003) çalışması ile benzer şekilde antimikrobiyal aktivitenin ilave edilen dezenfektanın konsantrasyonuna bağlı olduğunu bulgulamıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmalarda (Botelho 2003, Deepalakshmi ve ark 2010, Nur 2012), cam iyonomer siman ile birlikte kullanılan CT tozun çalışmamızla benzer şekilde belirlenen mikroorganizmalar üzerindeki antibakteriyel etkinliğinin, konsantrasyonla doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Çalışmamızda *S. mutans* için taze KM örneklerinde ve *L. casei* için tüm KM örneklerinde CT konsantrasyonları arasında antibakteriyel etkinlik açısından fark bulunmamıştır. Bunun sebebi olarak, KM'nin antibakteriyel etkinliği ile CT'nin yüksek antibakteriyel etkinliğinin kombinasyonu nedeniyle bakteri inhibisyonu için %1 CT

konsantrasyonunun yeterli olduğu söylenebilir. Nur (2012) CT toz+Fuji IX örneklerinin *L. casei* üzerinde antibakteriyel etkinliğinin %1'lik guplarda 40. güne kadar devam ederken, %5'lik gruplarda 130. güne kadar devam ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda bununla uyumlu olarak KM simanlarına eklenen %1 ve %2 CT'nin taze (ilk 16 saat) ve yaşlandırılmış örneklerde (1 hafta) antibakteriyel etkinliğinin devam ettiği gözlenmiş, bundan farklı olarak yaşlandırılmış modifiye RD simanlarına eklenen tüm antibakteriyel ajanlar bir hafta içerisinde antibakteriyel etkinliklerini kaybetmişlerdir. Bu durumun modifiye edilmiş RD içerisindeki antibakteriyel ajanların PBS içerisinde çözünmüş olmasına bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Da Silva ve ark (2007) ART'de kullanılan cam iyonomer simanın *S. mutans*, *S. sobrinus, L. acidophylus* bakterileri üzerine etkisini ADT yöntemi ile araştırdıkları çalışmada, cam iyonomer simanların antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmiştir. KM ve Fuji IX'un antibakteriyel etkisinin diğer geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda da bu çalışmanın bulguları ile uyumlu olarak yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan KM'nin antibakteriyel etkiye sahip olduğu ve geleneksel cam iyonomer siman olan RD'ye göre daha fazla bakteriyel inhibisyon sağladığı görüldü. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanların antibakteriyel aktivitesinin, başlangıçtaki düşük pH, florid salımı ya da cam iyonomer siman tozu içerisindeki diğer kimyasal komponentler ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Florid salım miktarının materyalin kompozisyonu ve sertleşme reaksiyonu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yüksek viskoziteli geleneksel cam iyonomer simanlardan olan KM ve Fuji IX'un yüksek toz/likit oranına sahip olmasının florid salımında azalma ile sonuçlanabileceği rapor edilmiştir. Antibakteriyel aktivitenin florid iyonu dışında aynı zamanda salınan diğer iyonlar ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Antibakteriyel özellikler açısından metalik iyon salımı ve başlangıçtaki düşük pH'nın florid salımından daha önemli olabileceği belirtilmiştir (Da Silva ve ark 2007).

Tüzüner ve ark (2011) Fuji IX ve KM'yi kontrol grubu olarak aldıkları ve %2.5 CHX toz + %2.5 CT toz karışımı ile modifiye ederek hazırladıkları çalışmada, ADT ile 1, 7, 15, 30, 60 ve 90. günlerde *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel etkinliği değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kontrol gruplarında inhibisyon

zonunun oluşmadığını, modifiye edilen gruplarda ise antibakteriyel aktivitenin 90. güne kadar devam ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda bu çalışmanın sonuçları ile uyumlu olarak tüm CT eklenen KM gruplarında 16 saat ve 1 hafta süre boyunca hem taze hem de yaşlandırılmış örneklerde *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel etkinliğin olduğu görüldü. RD gruplarında ise %1 ve %2 CT eklenen taze örneklerde *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı antibakteriyel etkinliğin olduğu gözlenirken, yaşlandırılmış örneklerde %1 ve %2 CT'nin antibakteriyel etkinliğini kaybettiği gözlendi.

Çalışmamızda KM cam iyonomer simanında ilk 16 saat ve 1 hafta sonra antibakteriyel aktivite gözlenmiştir. Bu durum Tüzüner ve ark (2011) çalışması ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın en muhtemel sebebinin antibakteriyel etkinliği değerlendirmede kullanılan yöntem farklılığı olduğu düşünülebilir. DKT'nin ADT'ye göre farklı ve daha güvenilir sonuçlar verdiği daha önceki çalışmalarda kanıtlanmıştır (Lewinstein ve ark 2005). Çalışmamızın bulguları KM'nin DKT yöntemi ile antibakteriyel etkiye sahip olduğunu bulan Davidovich ve ark (2007) ile ve KM'nin ADT yöntemi ile antibakteriyel etkiye sahip olduğunu bulan Da Silva ve ark (2007) ile uyumludur.

Davidovich ve ark (2007) yaptıkları çalışmada *S. mutans, A. viscosus* ve *E. faecalis* bakterilerine karşı Fuji Plus, Fuji IX GP, KM cam iyonomer simanlarını ve ZOE'nin antibakteriyel özelliklerini DKT yöntemiyle karşılaştırmıştır. Test örneklerinin hem taze hem de bir hafta yaşlandırılmış örnekleri kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre Fuji Plus, KM ve ZOE gruplarının taze örnekleri yaşlandırılmış örneklere göre daha fazla antibakteriyel etki göstermiştir. Bu durumu 48 saat sonunda PBS içerisinde çözünen florid iyonlarının salınması ile açıklamışlardır. Yalnızca Fuji IX GP cam iyonomer simanın yaşlandırılmış örnekleri taze örneklerine göre daha fazla antibakteriyel etki göstermiştir. Bu sonuçların, materyallerin sulu ortamdaki kendilerine özgü davranışlarından kaynaklanabileceği düşünülebilir.

Çalışmamızda RD simanı, Davidovich ve ark (2007) çalışmasındaki Fuji IX GP cam iyonomer simanına benzer şekilde yaşlandırılmış örnekleri taze örneklerine göre daha fazla antibakteriyel etki göstermiştir. Bu durumun materyallerin sulu ortamdaki kendilerine özgü davranışlarından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Çalışmamızda CT-cam iyonomer siman kombinasyonunun Nur (2012) çalışmasıyla uyumlu olarak yüksek antibakteriyel etkisinin cam iyonomer simandan antibakteriyel ajanın yüksek elüsyon oranları ya da CT ve cam iyonomer siman arasında sinerjik etkileşimler sebebiyle olabileceği düşünülmektedir. Sinerjizmin metal iyonları ve katyonik antibakteriyel ajanlar arasında meydana geldiği *in vivo* ve *in vitro* olarak gösterilmiştir (Botelho 2003).

CHX ve CT benzeri ajanların başlangıçta güçlü miktarlarda salınarak antibakteriyel etkinlik sağlamasına rağmen uzun dönemlerde devam etmediği, ayrıca bu ajanların materyalin fiziksel özelliklerinde başarısızlığa sebep olduğu bildirilmiştir (Riberio ve Ericson 1991, Nur 2012). Fiziksel özelliklerde başarısızlığa sebep olmadan uzun dönem antibakteriyel etki sağlamak amacıyla cam iyonomer siman içerisine Ag NP'ler ilave edilmiştir.

Gümüşün oral kavitede streptokoklara ve periodontal patojenlere karşı önemli bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu (Spacciapoli ve ark 2001), bu nedenle özellikle nanometre boyutunda uygulandığı zaman bir antibakteriyel ajan olarak dental restorasyonların içerisine katılmasının faydalı olabileceği bildirilmiştir (Azarsina ve ark 2013).

Ag NP'nin mantar, protoza, bazı virüsler ve *Staphylococcus aureus, S. mutans, Lactobacillus ve Escherichia coli* bakterileri üzerine antibakteriyel etkinliği daha önceki çalışmalarda kanıtlanmıştır (Kim ve ark 2007, Martinez-Gutierrez ve ark 2010, Azarsina ve ark 2013). Gümüş ya da gümüş bileşiklerinin antimikrobiyal, antifungal ve antiviral etkisinin salınan bioaktif gümüş iyonları (Ag^{+}) miktarı ile ve bu iyonların bakteri ya da mantar hücre membranları ile etkileşiminin olması ile orantılı olduğu bildirilmiştir (Durner ve ark 2011).

Diş hekimliğinde, dental materyallere gümüş ilave edilerek antibakteriyel etkinin değerlendirildiği çalışmalar yapılmıştır (Yoshida ve ark 1999, Burgers ve ark 2009, Ahn ve ark 2009, Magalhaes ve ark 2012, Azarsina ve ark 2013, Fujun ve ark 2013).

Yoshida ve ark (1999) rezin kompozite gümüş içerikli materyal ilavesinin *S. mutans*'a karşı uzun dönem inhibitör etki gösterdiğini bildirmiştir.

Burgers ve ark (2009) gerçekleştirdikleri çalışmada %0,3 ve %0,6 oranlarında mikropartiküllü gümüş ile modifiye ettikleri kompozit rezinlerin *S. mutans*'a karşı antiadherens aktivite ve bakterisid etki gösterdiğini rapor etmişlerdir. Gümüş ilave edilen rezin kompozitlerin sekonder çürükleri azaltabileceği bildirilmiştir.

Ahn ve ark (2009) kompozit adezivin antimikrobiyal etkinliğini arttırmak için gerçekleştirdikleri çalışmada, Ag NP (0 ppm, 250 ppm, ve 500 ppm) ile modifiye ettikleri kompozit adezivlerin fiziksel özelliklerinden ödün vermeden antibakteriyel aktivitelerinde artış gözlendiğini rapor etmişlerdir.

Azarsina ve ark (2013) Ag NP içeren kompozit rezinin *S. mutans* ve *L. casei*'ye karşı DKT ile antibakteriyel özelliklerini değerlendirmek amacıyla kompozite ağırlıkça %0.5 ve %1 oranlarında ortalama 50 nm boyutunda Ag NP eklemişlerdir. Gümüş içermeyen kompozit kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda kompozit rezine Ag NP ilavesinin *S. mutans* ve *L. casei* sayısının azalmasında önemli derecede etkisi olduğu bildirilmiştir.

Literatür incelendiğinde, Ag NP'nin cam iyonomer simanlara ilave edildiği ve antibakteriyel özelliklerinin değerlendirildiği sadece iki çalışmanın olduğu görülmüştür (Magalhaes ve ark 2012, Fujun ve ark 2013).

Magalhaes ve ark (2012) Ag NP ile modifiye edilmiş üç farklı dental simanın (Sealapex, RelyX ARC, ve Vitrebond) antibakteriyel aktivitesini ADT yöntemi ile değerlendirmiştir. Modifikasyon işlemi için 0,05 mL Ag NP solüsyonu kullanılmıştır. Kontrol grupları gümüş ilave edilmeden hazırlanmıştır (Sealapex, RelyX ARC, ve Vitrebond). Ag NP'ler karıştırılmış simanlara manipülasyon sırasında eklenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Sealapex ve Rely X ARC'de antibakteriyel etki gözlenmezken, Vitrebond ise tek başına antibakteriyel etki göstermiş ve Ag NP ilavesiyle antibakteriyel etkisinde artış gözlenmiştir.

Ag NP'lerin bakterisid etkisinin Ag^+ iyon salımı mekanizması ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Durner ve ark 2011, Magalhaes ve ark 2012). Fakat, Chaloupka ve ark (2010), Ag NP'nin antibakteriyel özelliklerinin Ag^+ elüsyonuna bağlı olmadığını bildirmişlerdir. Gümüşün, muhtemelen serbest radikaller içeren reaktif oksijen üretimi sebebiyle bakteri membran bozulmasına yol açtığı ve antibakteriyel etkiyi bu yolla sağladığı bildirilmiştir.

Gümüş nanopartiküllerinin genellikle en yüksek antibakteriyel etkisini en küçük partikül boyutu ile ortalama 10 nm çapının altında gösterdiği bildirilmiştir (Morones ve ark 2005, Magalhaes ve ark 2012).

Fujun ve ark (2013) cam iyonomer simana Ag NP ilavesinin *S. mutans'*a karşı uzun dönem antibakteriyel özelliklerini değerlendirmek için gerçekleştirdikleri çalışmalarında ağırlıkça %1, %3, %5, %10 ve %15 oranlarında 5-10 nm boyutunda Ag NP kullanarak, antibakteriyel etkinliği ADT ve DKT ile 1 gün, 1 hafta, 2 hafta, 3 hafta, 4 hafta, 6 hafta ve 8 hafta boyunca değerlendirmişlerdir. ADT ile herhangi bir antibakteriyel etki gözlenmezken, DKT ile tüm taze örnekler güçlü antibakteriyel etki göstermiş, fakat zamanla etkinliklerini kaybetmişlerdir. %1, %3 ve %5 Ag NP içeren örnekler 1 gün, 1 hafta ve 2 haftada antibakteriyel etkinliklerini kaybetmişlerdir. %10 Ag NP içeren örnekler 3-6 haftada, %15 Ag NP içeren örnekler ise 8 haftada antibakteriyel etkinliklerini kaybetmişlerdir. Bu sonuçlar yaşlandırılmış örneklerde materyalin çözünmesi ve antimikrobiyal ajanların kaybedildiği şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmamızda da bu sonuçlar ile uyumlu olarak cam iyonomer simanlara %1 ve %2 Ag NP ilavesinin taze örneklerde *S. mutans*'a karşı antibakteriyel özellik sağladığı yaşlandırılmış örneklerde ise antibakteriyel etkinlik göstermedikleri bulgulanmıştır.

Çalışmamızda *L. casei* üzerinde antibakteriyel etkinlik değerlendirildiğinde, %1 ve %2 Ag NP'nin hem KM hem de RD'nin taze örneklerinde etkisiz olduğu, yaşlandırılmış KM örneklerinde yüksek antibakteriyel etkiye sahip olduğu, yaşlandırılmış RD örneklerinde ise etkisiz olduğu gözlenmiştir. %1 ve %2 Ag NP'lerin *L. casei* üzerine ilk 16 saat antibakteriyel etkinlik göstermemiş olması gümüş iyonların erken dönemde salınmamış olmasından kaynaklanabilir. KM ve RD simanının antibakteriyel etkinlikleri arasında gözlenen farklılıkların, toz partiküllerinin yapısı ve içeriğindeki farklılıklar sebebiyle olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda *S. mutans* üzerinde antibakteriyel etkinlik değerlendirildiğinde, %1 Ag NP'nin taze örneklerde KM için etkisiz olduğu, %2 Ag NP'nin yüksek antibakteriyel özellik gösterdiği, RD için ise %1 Ag NP'nin %2 Ag NP ile benzer antibakteriyel özellik gösterdiği, %1 Ag NP'nin yeterli olduğu ve yüksek

antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Yaşlandırılmış örneklerde %1 ve %2 Ag NP'nin antibakteriyel etkinliğini kaybettiği gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında elde bu sonuçların nedeni olarak *S. mutans* ile *L. casei*'nin Ag NP'ye karşı farklı seviyede duyarlılık göstermiş olabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte sadece 16 saat ve 1 hafta olan test süresinin *S. mutans* ve *L. casei* üzerinde inhibisyon sağlamak için yeterli olmayabileceği de düşünülebilir. Ayrıca Ag NP'nin cam iyonomer simana ilave edilmesi konusunda standart bir uygulama olmadığı ve çeşitli şekillerde hazırlanarak, farklı partikül boyutları kullanılarak cam iyonomer siman ilave edilebildiği ve antibakteriyel etkinliğin değerlendirilmesinde farklı test yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu da elde edilen sonuçların literatür ile farklılıklar göstermesinin nedeni olabilir.

Araştırmamız sonucunda genel olarak, cam iyonomer siman içerisine katılan %1, %2 CT tozun %1, %2 Ag NP toza oranla antibakteriyel etkisinin daha uzun süre devam ettiğini gözlemledik. %1 ve %2 CT tozun hem *S. mutans* hem de *L. casei* üzerinde antibakteriyel etkisinin yüksek olmasından dolayı cam iyonomer siman ile birlikte kullanım açısından ART uygulamaları içerisinde yer alabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca Ag NP ilavesinin *S. mutans* ve *L. casei* üzerine inhibisyon etkisinin daha uzun süreli testlerle ve farklı test yöntemleri ile de değerlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Diş hekimliğinde bir materyalin klinik kullanıma uygunluğunun değerlendirilmesinde diş sert dokularıyla arasındaki bağlanma dayanımı çok önemli bir kriterdir. Materyallerin bağlanma dayanımlarının *in vivo* olarak test edilmesi, takibi ve standardizasyonun zor olması sebebiyle *in vitro* test yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Botelho 2005, Tüzüner 2008, Ahn ve ark 2009, Yeşilyurt ve ark 2009, Nur 2012).

Bağlanma dayanımı kuvvetlerinin *in vitro* ortamda belirlenmesinde genellikle makaslama ve çekme dayanım testleri kullanılmaktadır (De Munck 2005, Özyeşil ve ark 2009). Bu iki yöntemin karşılaştırıldığı birçok çalışmada farklı metotlar kullanılarak benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Özyeşil ve ark 2009, Heintze ve Zimmerli 2011). Makaslama bağlanma testlerinin kullanıldığı çalışmalarda bağlanma dayanım değerinin 20 Mpa'nın üzerinde olduğu örneklerde yüksek oranda

koheziv kopmalar gözlenmiş ve bu nedenle bağlanma dayanımının yüksek olması beklenen örneklerde çekme testlerinin kullanılması önerilmiştir (Van Meerbeek ve ark 2003). Çekme testlerinde örnek hazırlama işlemlerinin zor olması sebebiyle yüksek teknik hassasiyet gerektirdiği belirtilmiştir (Van Meerbeek ve ark 2003, De Munck ve ark 2005, Özyeşil ve ark 2009). Cam iyonomer materyallerin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde ise elde edilen bağlanma değerlerinin nispeten düşük olduğu ve genellikle bağlanma dayanımlarının belirlenmesinde makaslama testlerinin kullanıldığı görülmüştür (Yeşilyurt ve ark 2009, Fujun ve ark 2013, Korkut 2013). Çalışmamızda da bu çalışmalarla benzer şekilde makaslama bağlanma dayanım testi kullanıldı.

Bağlanma dayanım değerlerinin belirlenmesinde materyallerin uygulandığı yüzey alanı önemli bir kriterdir. Makaslama bağlanma dayanım testinde geniş bağlantı yüzeylerinin kullanılması genellikle koheziv kopmaların oluşmasına neden olmaktadır (Van Meerbeek 2003, Heintze ve Zimmerli 2011). İlaveten uygulanan kuvvetin oluşturacağı stresin düzensiz dağılımı da koheziv kopmalara sebep olabilmektedir (Özyeşil ve ark 2009). Bu tip bir kopma materyalin adeziv bağlanma dayanımını tam olarak gösterememektedir. Yapılan çalışmaların çoğu daha küçük bağlantı yüzeylerinde oluşan kopmaların adeziv özellikte olduğunu ve bu örneklerde daha yüksek bağlanma değerlerine rastlandığını bildirmiştir (De Munck ve ark 2005, Özyeşil ve ark 2009, Heintz ve Zimmerli 2011).

Çalışmamızda bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde her bir grup için on adet çürüksüz insan daimi molar dişi kullanılmıştır ve çalışma gününe kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik içerisinde bekletilmiştir. Araştırmamızda, yüzeyel dentinde homojen bir yüzey meydana getirmek için su altında 600 gritlik zımpara kullanılmış ve *in-vitro* koşullar standardize edilmiştir. Bağlanma testini uygulamadan önce cam iyonomer siman örneklerinin su içerisinde bekleme süresi önemlidir. Yüksek viskoziteli simanlar üzerinde yapılan araştırmalarda, 24 saat süre sonunda simanların en yüksek bağlanma değerine ulaştığı ISO tarafından bildirilmektedir (Yip ve ark 2001). Bu nedenle araştırmamızda, örnekler 24 saat suda bekletildikten sonra makaslama bağlanma dayanım testi uygulanmıştır.

Bağlanma dayanım testlerinde kuvvetin örneklere uygulanma hızı da farklılık gösterebilmektedir. Çalışmamızda, Carvalho ve ark (2011) tarafından cam iyonomer

materyaller kullanılarak yapılan çalışmaya benzer şekilde 0,5 mm/dk'lık bir hızla kuvvet uygulandı.

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre tüm CT eklenmiş gruplar ile kontrol grupları arasında makaslama bağlanma dayanım değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görüldü. %1 ve %2 Ag NP eklenmesi ise KM'nin bağlanma dayanımını %1 CT ile eşit derecede azaltırken, RD'nin bağlanma dayanımını etkilememiştir. Tüm deney gruplarında bağlanma dayanımında en çok azalmaya sebep olan grubun %2 CT ilavesi olduğu gözlenmiştir. KM simanı RD simanına göre daha iyi bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Sonuç olarak, cam iyonomer simanların sırayla %1 veya %2 Ag NP ve %1 CT ile modifikasyonunun bağlanma dayanımı açısından en az olumsuz etkiyi yarattığı gözlendi. Çalışmamızın bu parametresiyle ilgili literatür taraması yapıldığında CT ve Ag NP ilavesiyle modifiye edilen cam iyonomer simanların bağlanma dayanımlarını karşılaştırmalı inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır.

Fujun ve ark (2013), yaptıkları çalışmada cam iyonomer simana %15 oranında Ag NP ilavesinin mineye bağlanma dayanımını azaltırken daha düşük oranların bağlanma dayanımını etkilemediğini belirtmişlerdir. Bu durum Ag NP'nin kümeleşme eğiliminde olmalarına bağlanmıştır.

Nur (2012) Fuji IX'u kontrol grubu olarak, %1 ve %5 konsantrasyonlarında CHX toz ve/veya CT toz materyallerini içeren Fuji IX grubunu ise deney grupları olarak belirlediği çalışmada bağlanma dayanımındaki değişiklikleri mikro-gerilme test tekniği ile değerlendirmiştir. Süt dişi dentinine bağlanma kuvvetleri açısından kontrol grubu en yüksek değeri alacak şekilde büyükten küçüğe doğru sırası ile; %1 CT , %1 CHX, %5 CT ve %5 CHX şeklinde olduğu bildirilmiştir.

Tüzüner (2008) katyonik dezenfektanlardan olan %1 ve %2 oranlarında CT, CPC ve CHX'i Fuji IX'un tozuna, BC'yi ise likidine ayrı ayrı ekleyerek yüksek viskoziteli Fuji IX'un bağlanma kuvvetini mikro-gerilme test tekniği ile değerlendirmiştir. Çürüksüz süt azı dişleri kullanılarak yapılan bu araştırma sonucunda, %2 CT ve CPC içeren Fuji IX örneklerinin, tüm %1 ve %2 oranında katyonik dezenfektan içeren Fuji IX örnekleri arasında en düşük değerleri oluşturduğu ve tüm deney gruplarında kontrol grubuna göre istatistiksel farklılık

oluştuğu bildirilmiştir. CT tozun oranı arttıkça bağlanma kuvveti değerlerinin daha düşük olduğu rapor edilmiştir.

Çalışmamızda da Nur (2012) ve Tüzüner (2008) çalışmaları ile uyumlu olarak cam iyonomer simana ilave edilen CT konsantrasyonu arttıkça bağlanma kuvveti değerlerinin azaldığı görüldü.

Daha önce yapılan araştırmalarda, katyonik yapıda olan CHX'in proton yüklerinin cam tozlarına ulaşarak sertleşme reaksiyonunu engellediği bildirilmiştir (Nicholson 1998, Tüzüner 2008). CT'nin de benzer şekilde KM ve RD'nin tozuna ilave edilmesi ile simanın fiziksel özelliklerinin azaldığı, kimyasal yapısının olumsuz etkilenerek sertleşme reaksiyonunu geciktirdiği ve buna bağlı olarak salınan CT toz miktarının daha fazla olduğunu ve böylelikle antibakteriyel etkinliğin arttığını düşünmekteyiz. Araştırmamızda, %1 CT ve %1 veya %2 Ag NP içeren KM örneklerinin bağlanma kuvveti değerleri açısından en az düzeyde etkilendiği, antibakteriyel etkinlik değerleri açısından değerlendirilebilir düzeyde olduğu bulgulanmıştır.

Nur (2012) çalışmasında CHX toz veya CT toz içeren Fuji IX grupları kendi içerisinde değerlendirildiğinde %1'lik grupların fiziksel özelliklerinin ve kimyasal yapılarının %5'lik gruplara oranla genel olarak daha az etkilenmesi nedeni ile daha başarılı oldukları bulgulanmıştır. Çalışmamızın bulguları da bu çalışmayla uyumlu olarak %1'lik CT gruplarının fiziksel özelliklerinin %2'lik gruplara oranla genel olarak daha az etkilenmesi nedeni ile daha başarılı oldukları gözlenmiştir.

Yüzey sertlik testleri restoratif materyallerin fiziksel özellikleri konusunda bilgi vermesi açısından önemlidir (Üçok 1987, Benderli ve Yücel 1994, Seymen ve Gülhan 1996, Deliktaş ve Ulusoy 2006). Restoratif amaçla kullanılan cam iyonomer simanların yüzey sertliğinin iyi olması ve uzun süre bu sertliği koruyarak ağız içerisinde gelebilecek olan kuvvetlere karşı dayanıklılıklarını koruyabilmeleri özellikle restorasyonun geleceği açısından önem taşımaktadır (Mount 2004). Çalışmamızda %1 ve %2 oranlarında CT ve Ag NP ile modifiye edilmiş cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla yüzey sertlik testleri uygulanmıştır.

Cam iyonomer simanların asit-baz reaksiyonları 24 saat içerisinde tamamlanmaktadır. Fakat yapılan araştırmalarda yeterli fiziksel özelliklerin sağlanabilmesi için cam iyonomer simanlarda ideal sürenin bir hafta beklemek olduğu bildirilmiştir (Üçok 1987, Şener ve Koyutürk 2006, Çelik ve Ermiş 2008). Çalışmamızda hazırlanan örnekler bir hafta boyunca distile su içerisinde bekletilerek ideal sertlik değerine ulaşmaları amaçlanmıştır.

Materyallerin yüzey sertliklerinin belirlenmesinde Rokwell, Knoop, Brinell, Vicker's gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Taşveren 2005, Kutay 2010). Kullanılacak test yöntemi materyalin cinsine ve beklenen sertlik değerlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Vicker's sertlik testinin kırılgan yapıdaki malzemelerin sertlik değerlerinin belirlenmesi için daha uygun bir yöntem olması sebebiyle, diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin sertlik değerlerinin belirlenmesinde genellikle Vicker's sertlik testi kullanılmaktadır (Benderli ve Yücel 1994, Seymen ve Gülhan 1996, Şener ve Koyutürk 2006, Ersoy ve ark 2007, Çelik ve Ermiş 2008, Bala ve ark 2012).

Vicker's sertlik testinde piramit şeklinde elmas bir uç ile materyal yüzeyine yükleme yapılmaktadır (Kutay 2010). Yüklenen ağırlıklar materyalin cinsine göre 50-100 gr ile 3000 kg arasında değişebilmektedir. Cam iyonomer simanlar rezin içerikli restoratif materyallere göre daha düşük sertlik değerlerine sahiptir. Çalışmamızda kullanılan cam iyonomer simanların yüzey sertlikleri belirlenirken 15 sn süreyle 100 gr'lık yükleme yapıldı.

Tüzüner (2008) çalışmasında kuaterner amonyum bileşiklerinden olan CT, CPC, BC, ve CHX'i %1 ve %2 oranlarında Fuji IX ile kombine kullanarak fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri Vicker's mikrosertlik testi ile değerlendirmişlerdir. Fuji IX örnekleri distile su içerisinde bekletilmiştir. Kontrol grubu ile diğer grupların tümü arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır. %2 oranında kuaterner amonyum bileşiği içeren Fuji IX örneklerinin, her bir grubun kendi içerisinde tüm zaman dönemlerinde %1'e göre daha düşük mikrosertlik değerleri oluşturduğu bulgulanmıştır. Tüm zaman dönemlerinde mikrosertlik değerlerinde l. gün ile 7. gün arasında önemli artışlar belirlenmiştir ($p<0,05$). 7. günden sonra kontrol grubu hariç tüm gruplarda azalmalar meydana gelmiştir. Kontrol grubunun tüm zaman dönemlerinde ise yüzey sertliği giderek

artmaktadır. Bu çalışmada kuaterner amonyum bileşiklerinin Fuji IX'un sertleşme reaksiyonunun devamı süresince reaksiyonun gecikmesine yol açtıkları bildirilmiştir.

Çalışmamızda da Tüzüner (2008) bulguları ile uyumlu olarak CT konsantrasyonu arttıkça yüzey sertliğinin azaldığı gözlendi. CHX'in toz formunun %1 oranında Fuji IX'a eklenmesinin ardından poliakrilik asit ile cam tozlarının reaksiyona girmesi olayının geciktiği kanıtlanmıştır (Takahashi ve ark 2006). Katyonik yapıda olan CHX'in proton yüklerinin cam tozlarına ulaşarak sertleşme reaksiyonunu engellediği belirtilmektedir (Palmer ve ark 2004, Tüzüner 2008). CT'nin de CHX'e benzer kimyasal yapıya sahip olması nedeniyle yüzey sertliğindeki azalmanın sebebinin bundan kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kullanılan farklı oranlarda CT ve Ag NP ile modifiye edilmiş cam iyonomer simanların yüzey sertlik değerleri istatistiksel açıdan incelendiğinde, %1, %2 CT ve %1, %2 Ag NP ile modifiye edilmiş olan grupların kontrol grubuna göre daha düşük sertlik değerleri gösterdiği saptandı. Elde edilen veriler ışığında, materyallerin yüzey sertliklerindeki azalma cam iyonomer materyallerin içeriğindeki CT ve Ag NP'den kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çalışmamızda KM simanı RD simanına göre daha yüksek sertlik değerleri göstermiştir. Poliakrilik asidin reaktivitesinin kopolimerin içeriğine, molekül ağırlığına ve konsantrasyonuna bağlı olduğu, akrilik aside itakonik veya maleik asidin eklenmesine bağlı olarak karboksilik gruplarının sayısının arttığı ve bu artışın sertleşme döneminde fiziksel özelliklerin daha iyi olmasını sağladığı bildirilmiştir (Nicholson 1998). Buna bağlı olarak maleik asit içeren KM simanının RD simanına göre daha yüksek sertlik değerleri gösterdiğini düşünmekteyiz. En düşük yüzey sertliği değeri %2 CT ilavesinde gözlenmiştir. Bunu sırayla %1 CT ve %1 veya %2 Ag NP ilaveleri izlemiştir. Yüzey sertliği açısından en uygun modifikasyonun sırayla %1 veya %2 Ag NP ve %1 CT ilavesi olduğunu düşünmekteyiz.

Simanların su emilimi ve çözünürlüğünün değerlendirilmesi klinik olarak önemlidir. Asit-baz reaksiyonlarının meydana geldiği cam iyonomer simanlarda su emilimi, siman matriksinin hidrolizine bağlı olarak zaman içinde siman kütlelerinin bozulmasına sebep olmakta ve restorasyonların ömrünü azaltmaktadır (Nicholson ve ark 1992).

Çalışmamızda modifikasyon materyallerinin cam iyonomer simanların mevcut fiziksel özelliklerinin değişimini değerlendirmek için su emilimi ve çözünürlük testi de yapılmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre su emilimi ve çözünürlük testinde modifiye materyallerden en az su emilimi değerini % 1 ve %2 Ag NP içerikli KM ve RD, en az çözünürlük değerini ise %2 Ag NP içerikli KM ve RD materyali göstermiştir. En fazla su emilimini %2 CT içerikli KM materyali göstermiştir. Ag NP ilavesi KM'nin su emilimini etkilememiştir. %1 Ag NP ilavesi KM'nin çözünürlük değerlerini etkilememiştir. %1 CT ilavesi RD'nin çözünürlük değerlerini etkilememiştir. Genel itibari ile eklenen modifikasyon materyallerinin simanın su emilimini arttırdığı, çözünürlük değerlerini ise azalttığı görülmüştür. Çözünürlük değerlerindeki azalmanın materyalin su emiliminin daha fazla olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Araştırmamız sonucunda, %1, %2 CT tozun %1, %2 Ag NP toza oranla antibakteriyel etkisinin daha uzun süre devam ettiği, %1, %2 CT tozun hem *S. mutans* hem de *L. casei* üzerinde antibakteriyel etkisinin yüksek olmasından dolayı cam iyonomer siman ile birlikte kullanım açısından uygun olabileceğini düşünmekteyiz. %2 CT'nin diğer gruplarla kıyaslandığında fiziksel özelliklerdeki bozulma miktarının daha fazla oluşu %2 CT'nin KM ve RD ile birlikte kullanımı konusunda şüphe meydana getirmektedir. Ayrıca Ag NP ilavesinin *S. mutans* ve *L. casei* üzerine inhibisyon etkisinin daha uzun süreli testlerle ve farklı test yöntemleri ile de değerlendirilmesi gerektiği söylenebilir. Cam iyonomer simanlara yüksek konsantrasyonlarda antibakteriyel ajan ilave etmenin simanın fiziksel özelliklerini değiştirebileceği hesaba katılmalıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada 2 farklı cam iyonomer siman içerisine 2 farklı modifikasyon materyali 2 farklı konsantrasyonda eklenerek, bu materyallerin cam iyonomer simanların antibakteriyel ve fiziksel özelliklerini değiştirip değiştirmediği incelenmiştir. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- KM simanının hem taze (ilk 16 saatte) hem de 1 hafta yaşlandırılmış örneklerinde hem *S. mutans* hem de *L. casei* üzerine belirli bir miktar antibakteriyel etkinliğinin olduğu gözlendi.

- RD simanın taze örneklerinde (ilk 16 saatte) her iki bakteri için de herhangi bir antibakteriyel etkinliğin olmadığı, yaşlandırılmış örneklerinde ise her iki bakteri için de antibakteriyel etkinliğin olduğu gözlendi.

- KM simanına ilave edilen CT'nin, *L. casei* için %1 konsantrasyonunun ilk 16 saat ve 1 hafta boyunca antibakteriyel etkinlik açısından yeterli olduğu gözlendi.

- RD simanına ilave edilen %1 ve %2 CT'nin her iki bakteri için de ilk 16 saatteki antibakteriyel etkinliğinin konsantrasyonla orantılı olarak arttığı, 1 hafta sonra ise %1 ve %2 CT'nin antibakteriyel etkinliğinin kaybolduğu gözlendi.

- KM ve RD simanına %1 ve %2 Ag NP ilavesinin ilk 16 saatte *L. casei*'ye karşı etkisiz olduğu, 1 hafta sonra ise anlamlı derecede bakteriyel inhibisyon sağladığı, konsantrasyonları arasında anlamlı fark olmadığı gözlendi. RD simanına %1 ve %2 Ag NP ilavesinin 1 hafta sonra da etkisiz olduğu gözlendi.

- Her iki bakteri için de KM+%2 CT gruplarında örneklerin 1 hafta yaşlandırılmasının antibakteriyel özelliklerini etkilemediği gözlendi. KM+%1 CT grubunun 1 hafta yaşlandırılmış örneklerinin antibakteriyel etkinliğinde azalma olduğu gözlendi.

- *S. mutans'*a karşı, KM simanına eklenen %1 Ag NP'nin ilk 16 saatte etkisiz olduğu, %1 CT, %2 CT ve %2 Ag NP'nin ise etkili olduğu ve antibakteriyel etkinlik derecelerinin birbirlerine benzer olduğu gözlendi.

- RD simanına %1 CT ilavesinin ilk 16 satte antibakteriyel aktivite sağladığı, %2 CT, %1 ve %2 Ag NP ilavelerinde ise en yüksek antibakteriyel aktivitenin oluştuğu ve S. Mutans üremesinin tamamen durduğu gözlendi.

- KM simanına %1 ve %2 CT ilavesinde 1 hafta yaşlandırılmış örneklerde konsantrasyonla doğru orantılı olarak *S. mutans*'a karşı antibakteriyel aktivitenin arttığı, %1 ve %2 Ag NP ilavesinin ise etkisiz olduğu gözlendi.

- Yaşlandırılmış RD simanının *S. mutans*'a karşı, antibakteriyel aktivite gösterdiği, %1 ve %2 oranlarında CT veya Ag NP ilavesinin ise 1 haftada antibakteriyel etkinliğini kaybettiği gözlendi.

- *S. mutans*'a karşı yaşlandırılmış RD simanı ile KM simanında benzer miktarda bakteri çoğalması gözlendi. KM ve RD simanına %1 ve %2 CT eklendiğinde KM simanı RD simanına göre daha az bakteri çoğalması göstermiştir.

- KM gruplarında sadece taze KM+%2 CT ile yaşlandırılmış KM+%2 CT arasında anlamlı farklılık olmadığı gözlendi. KM'ye %1 ve %2 CT ilavesinin yaşlandırılmış örneklerde antibakteriyel etkinliğinde anlamlı derecede azalma olduğu, %2 Ag NP ilavesinin ise etkisini kaybettiği gözlendi.

- KM grupları içerisinde en yüksek bağlanma dayanımı KM kontrol grubunda, en düşük bağlanma dayanımı ise %2 CT grubunda gözlendi. KM'ye %1 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP ilavesi bağlanma dayanımını birbirlerine benzer derecede azaltmışlardır.

- RD grupları içerisinde, RD kontrol grubuna %1 ve %2 CT ilavesinin konsantrasyonla orantılı olarak materyalin bağlanma dayanımını azalttığı, %1 ve %2 Ag NP ilavesinin ise materyalin bağlanma dayanımını istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilemediği gözlendi.

- KM-RD kontrol grupları arasında KM RD'ye göre daha yüksek bağlanma değerleri göstermiştir.

- Tüm grupların kırılma tipleri değerlendirildiğinde, gruplara ait tüm örneklerde miks kırılma tipi gözlendi.

- KM ve RD grupları içerisinde en düşük yüzey sertliği değeri sırayla %2 CT ve %1 CT gruplarında gözlendi. KM ve RD'ye %1 Ag NP ilavesi ile %2 Ag NP ilavesi yüzey sertliğini benzer derecede azaltmıştır.

- Genel itibarı ile KM gruplarının RD gruplarına göre yüzey sertliği bakımından daha yüksek değerler gösterdiği tespit edildi.

- KM kontrol grubu ile %1 ve %2 CT grupları karşılaştırıldığında CT ilavesinin konsantrasyonla doğru orantılı olarak su emilimini arttırdığı gözlendi. KM'ye %1 ve %2 Ag NP ilavesinin simanın su emilimini etkilemediği gözlendi.

- RD kontrol grubu ile deney grupları karşılaştırıldığında en fazla su emilimi %1 ve %2 CT ilavesinde gözlendi. %1 ve %2 Ag NP ilavesinin %1 ve %2 CT ilavesine göre su emilimini daha az etkilediği gözlendi. Konsantrasyonlar arasında fark olmadığı gözlendi.

- KM grupları RD grupları ile karşılaştırıldığında en az su emilimi değerini RD kontrol grubu gösterdi. En düşük su emilimi değeri KM-RD kontrol gruplarında tespit edilirken, en yüksek su emilimi iki grupta da %2 CT ilavesinde elde edildi.

- KM kontrol grubu ile %1 Ag NP ilavesi arasında çözünürlük değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi. KM'nin %1 CT, %2 CT ve %2 Ag NP grupları ise birbirlerine benzer miktarda çözünürlük değerlerinde azalmaya sebep olmuşlardır.

- RD kontrol grubu ile %1 CT ilavesi arasında çözünürlük değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. RD'nin %2 CT, %1 Ag NP ve %2 Ag NP grupları ise birbirlerine benzer miktarda çözünürlük değerinde azalmaya sebep olmuşlardır.

- Genel itibari ile tüm gruplarda fiziksel özellikleri en olumsuz etkileyen grubun %2 CT ilave edilen gruplar olduğu, %1 CT ilavesinin fiziksel özellikler üzerine olumsuz etkisinin %2 CT ilavesine göre daha az olduğu, %1 ve %2 Ag NP ilavesinin ise fiziksel özellikler üzerine etkisinin en az olduğu gözlendi. KM simanının mikrosertlik ve bağlanma dayanımı açısından RD simanına göre daha başarılı olduğu gözlendi.

- KM ve %1 CT kombinasyonunun fiziksel özellikleri minimal etkileyerek, uzun dönem yüksek antibakteriyel etkinlik sağlaması açısından en başarılı kombinasyon olduğu görüldü.

Tüm veriler değerlendirildiğinde;

- Cam iyonomer simanlara %1 ve %2 CT ilavesinin antibakteriyel ve fiziksel özellikler üzerine etkisi için H_0 hipotezimiz reddedildi ve H_1 hipotezimiz kabul edildi.

- KM simanına %1 ve %2 Ag NP ilavesinin *L. casei* üzerine antibakteriyel etkisi ve fiziksel özellikler üzerine etkisi için H_1 hipotezimiz kabul edildi.

- RD simanına %1 ve %2 Ag NP ilavesinin *L. casei* üzerine antibakteriyel etkisi için H_0 hipotezimiz kabul edildi.

- KM simanına %1 Ag NP ilavesinin *S. mutans* üzerine antibakteriyel etkisi için H_0 hipotezimiz kabul edildi.

- KM simanına %2 Ag NP ilavesinin *S. mutans* üzerine antibakteriyel etkisi için H_1 hipotezimiz kabul edildi.

- RD simanına %1 ve %2 Ag NP ilavesinin *S. mutans* üzerine antibakteriyel etkisi için H_1 hipotezimiz kabul edildi.

- Cam iyonomer simanlara %1 ve %2 Ag NP ilavesinin fiziksel özellikler üzerine etkisi için H_1 hipotezimiz kabul edildi.

Sonuç olarak diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan restoratif materyallerden olan cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinden ödün vermeden antibakteriyel

açıdan güçlendirilmesi daha başarılı ve uzun ömürlü restorasyonların yapılabilmesine imkân tanıyacaktır. Bununla birlikte sonuçların kıyaslanabilmesi için Ag NP ilave edilmesinde kullanılan yöntemin, farklı konsantrasyonların ve test sürelerinin antibakteriyel ve fiziksel özelliklere etkisi ile ilgili çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Ag NP ilavesinin fiziksel ve antibakteriyel özelliklerde meydana getirdiği değişimlerin mekanizmasının anlaşılması için daha fazla çalışma yapılması CT ve Ag NP içeren cam iyonomer simanların *in vivo* çalışmalarla uygulanabilirliğinin araştırılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

Abamor EŞ, 2010. Gümüş (Ag) ve titanyum dioksit (TiO_2) nanopartiküllerinin kütanöz leishmaniasis etkeni L. tropica parazitleri üzerindeki antileishmanial etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE Biyomühendislik Anabilimdalı, İstanbul.

Ahn SJ, Lee SJ, Kook JK, Lim BS, 2009. Experimental antimicrobial orthodontic adhesives using nanofillers and silver nanoparticles. Dent Mater, 25, 206–13.

Al-Musallam TA, Evans CA, Drummond JL, Matasa C, Wu CD, 2006. Antimicrobial properties of an orthodontic adhesive combined with cetylpyridinium chloride. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 129, 2, 245-51.

Atiyeh BS, Costagliola M, Hayek SN, Dibo SA, 2007. Effect of silver on burn wound infection control and healing: review of the literature. Burns, 33, 139–48.

Ayaz F, Tağtekin D, 2011. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 4, 49-56.

Azarsina M, Kasraei S, Yousef-Mashouf R, Dehghani N, Shirinzad M, 2013. The Antibacterial properties of composite resin containing nanosilver against streptococcus mutans and lactobacillus. J Contemp Dent Pract, 1, 14, 6, 1014-8.

Bala O, Arısu HD, Yıkılgan İ, Arslan S, Gulu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. Eur J Dent, 2012, 6, 79-86.

Bek B, Gülmez A, 2001. Farklı cam iyonomer simanların dentine bağlanmalarının araştırılması. Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg, 18, 1, 19-25.

Benderli Y, Yücel T, 1994. Posterior kompozit dolgu materyallerinin yüzey sertliği yönünden değerlendirilmesi. İÜ Diş Hek Fak Derg, 28, 228-32.

Bonifacio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RC, Van Amerongen WE, 2009. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. Aust Dent J, 54, 233-7.

Botelho MG, 2003. Inhibitory effects on selected oral bacteria of antibacterial agents incorporated in a glass ionomer cement. Caries Res, 37, 108-14.

Botelho MG, 2005a. The antimicrobial activity of a dentin conditioner combined with antibacterial agents. Oper Dent, 30, 1, 75-82.

Botelho MG, 2005b. The microtensile bond strength of Fuji IX glass ionomer cement to antibacterial conditioned dentin. Oper Dent, 30, 311-17

Burgers R, Eidt A, Frankenberger R, Rosentritt M, Schweikl H, Handel G, et al, 2009. The anti-adherence activity and bactericidal effect of microparticulate silver additives in composite resin materials. Arch Oral Biol, 54, 595–601.

Carvalho TS, Amerongen WE, Gee A, Bönecker M, Sampaio FC, 2011. Shear bond strengths of three glass ionomer cements to enemal and dentine. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 16(3), 406-10.

Chaloupka K, Malam Y, Seifalian A. M, 2010. Nanosilver as a new generation of nanoproduct in biomedical applications. Trends Biotechnol, 28, 11, 580–88.

Chambers HF, 2007. Miscellaneous Antimicrobial Agents; Disinfectants, Antiseptics & Sterilants. Basic & Clinical Pharmacology. Eds: Katzung, B.G(ed). Connecticut, Appleton& Lange. Tenth edn. 803-11.

Chaussain-Miller C, Fioretti F, Goldberg M, Menashi S, 2006. The role of matrix metalloproteinases (MMPs) in human caries. J Dent Res, 85, 1, 22-32.

Contreras RG, Figueroa LA, Rubalcava CM, Martınez RJ, Guajardo SC, Reyna PAS and Zeron HM, 2011. Perspectives for the use of silver nanoparticles in dental practice. Int Dent J, 61, 297–301.

Croll TP, Nicholson JW, 2002. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. J Ped Dent, 24, 5, 423-9.

Çelik EU, Ermiş RB, 2008. Koruyucu rezin uygulamasının yüksek viskoziteli geleneksel cam iyonomer simanın mikrosertliği üzerine etkisinin in vitro olarak değerlendirilmesi. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg, 11, 2, 91-102.

Çıracı S, 2006. Türkiye'de Nanoteknoloji. Bilim ve Teknik, Yeni Ufuklara, 1-4.

da Silva RC, Zuanon AC, Spolidorio DM, Campos JA, 2007. Antibacterial activity of four glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. J Mater Sci Mater Med, 18, 1859 -62.

Daugela P, Oziunas R, Zekonis G, 2008. Antibacterial potential of contemporary dental luting cements. J Baltic Dental and Maxillofacial, 10, 16-21.

Davidovich E, Weiss E, Fuks AB, Beyth N, 2007. Surface antibacterial properties of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. J Am Dent Assoc, 138, 1347-52

de Amorim RG, Leal SC, Frencken JE, 2011. Survival of atraumatic restorative treatment (ART) sealants and restorations: a meta-analysis. Clin Oral Investig, 15, 2, 265-71.

de Castilho AR, Duque C, Negrini Tde C, Sacono NT, de Paula AB, Sacramento PA, de Souza Costa CA, Spolidorio DM, Puppin-Rontani RM, 2012. Mechanical and biological characterization of resin-modified glass-ionomer cement containing doxycycline hyclate. Arch Oral Biol, 57, 2, 131-8.

De Munck J, Van Landuyt K, Peurnans M, Poitevin A, Lambrehts P, Braem M, Van Meerbeek B, 2005. A criticial review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res, 84, 2, 118-32.

Deb S, Nicholson JW, 1999. The effect of strontium oxide in glass–ionomer cements. J Mater Sci Mater Med, 10, 471–74.

Deepalakshmi M, Poorni S, Miglani R, Rajamani I, Ramachandran S, 2010. Evaluation of the antibacterial and physical properties of glass ionomer cements containing chlorhexidine and cetrimide: an in-vitro study. Indian J Dent Res, 21, 4, 552-6.

Delbem AC, Bergamaschi M, Sassaki KT, Cunha RF, 2006. Effect of fluoridated varnish and silver diammine fluoride solution on enamel demineralization: pH-cycling study. J Appl Oral Sci, 14, 88–92.

Deliktaş D, Ulusoy N, 2006. Farklı ışık cihazlarının hibrit ve nahohibrit kompozit rezinlerin yüzey sertliğine etkisi. AÜ Diş Hek Fak Derg, 33, 1, 1-10.

Dinç G, 2012. Kavite dezenfektanlarının antibakteriyel özellikleri, bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı üzerine etkileri (Derleme). Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 6, 66-75.

Donly KJ, Segura A, Wefel JS, Hogan MM, 1999. Evaluating the effects of fluoride-releasing dental materials. On adjacent interproksimal caries. J Am Dent Assoc 130, 817-25.

Du X, Huang X, Huang C, Frencken JE, Yang T, 2012. Inhibition of early biofilm formation by glass-ionomer incorporated with chlorhexidine in vivo: a pilot study. Aust Dent J, 57, 1, 58-64.

Durner J, Stojanovic M, Urcan E, Hickel R, Reichl FX, 2011. Influence of silver nano-particles on monomer elution from light-cured composites. Dent Mater. 27, 7, 631-6.

Eick S, Glockmann E, Brandl B, Pfister W, 2004. Adherence of streptococcus mutans to various restorative materials in a continuous flow system. Oral Rehabil, 31, 278-85.

Elsaka SE, Hamouda IM, Swain MV, 2011. Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: influence on physical and antibacterial properties. J Dent, 39, 9, 589-98.

Ergin E, Gürgan S, Çakır FY, Öztaş SS, Kütük ZB, 2014. Güncel bir cam iyonomer restoratif sistemin 36-aylık klinik performansının değerlendirilmesi. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg, 17, 3, 254.

Ersoy M, Özel E, Gökçe K, 2007. Farklı uygulama yöntemlerinin kompozit rezinlerin mikrosertlikleri üzerine etkisi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 17(1), 28-31.

Everett FG, Hall WB, Phatak NM, 1966. Treatment of hypersensitive dentin. J Oral Ther Pharmaco, 2, 300–10.

Faccin ES, Ferreira SH, Kramer PF, Ardenghi TM, Feldens CA, 2012. Clinical performance of ART restorations in primary teeth: a survival analysis. Clin Oral Investig, 16, 2, 429-41.

Frencken JE, Holmgren C, 1999. How effective is ART in the management of dental caries? Community Dent Oral Epidemiol, 27, 423-30.

Frencken JE, Makoni F, Sithole WD, 1998. ART restorations and glass-ionomer sealants in Zimbabwe: survival after 3 years. Community Dent Oral Epidemiol, 26, 372-81.

Frencken JE, Pilot T, Songpaisen Y, Phantumvanit P, 1996. Atraumatic restorative treatment (ART) : rationale, technique, and development. J Public Health Dent, 56, 3, 135-40.

Fujun LI, Zubing LI, Gumei LIU, Hong HE, 2013. Long-term antibacterial properties and bond strength of experimental nano silver-containing orthodontic cements. Journal of Wuhan University of Technology-Mater, 28, 4, 849-55.

Gama-Teixeira A, Simionato MR, Elian SN, Sobral MA, de Cerqueira Luz MA, 2007. Streptococcus mutans-induced secondary caries adjacent to glass ionomer cement, composite resin and amalgam restorations in vitro. Braz Oral Res, 21, 368-74.

Gateau P, Sabek M, Dailey B, 2001. In vitro fatigue resistance of glass ionomer cements used in post-and-core applications. J Prosthet Dent, 86, 149–55.

Heıntze SD, Zımmerlı B, 2011. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials. Schweiz Monatsschr Zahnmed J, 121, 11, 1024-32.

Herrera M, Castillo A, Baca P, Carrισn P, 1999. Antibacterial activity of glass-ionomer restorative cements exposed to cavity producing microorganisms. Oper Dent, 24, 286-91.

Hickel R, Roulet JF, Bayne S, Heintze SD, Mjör IA, Peters M, et al, 2007. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. Clin Oral Inves, 11, 1, 5–33.

Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM, 1986. Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. Quintessence Int, 17, 527-32.

Hiraishi N, Yiu CKY, King NM, Tagami J, Tay FR, 2010. Antimicrobial efficacy of 3.8% silver diamine fluoride and its effect on root dentin. J Endodont, 36, 1026–9.

Holmgren CJ, Lo ECM, Hu DY, Wan HC, 2000. ART restorations and sealents placed in Chinese school children-results after tree years. Community Dent Oral Epidemiol, 28, 314-20.

Hubbezoğlu İ, Hürmüzlü F, Bolayır G, 2005. Yeni nesil self etching adeziv sistemlerin mikrogerilim bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg, 8, 1, 5-11.

Irıe M, Nakaı H, 1988. Mechanical properties of silver-added glass ionomers and their bond strength to human tooth. Dent Mater J, 7, 1, 87-93.

Jedrychowski JR, Caputo AA, Kerper S, 1983. Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidine. J Oral Rehabil, 10, 373-81.

Kaya T, Tirali RE, 2013. Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler (Derleme). Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 7, 71-7.

Kayaalp, O, 2009. Antiseptikler ve dezenfektanlar. Rasyonel tedavi yönünden tıbbi farmakoloji, Ankara. 1. Cilt, 12. baskı. 307-14.

Kim JS, Kuk E, Yu KN, Kim JH, Park SJ, Lee HJ, Kim SH, Park YK, Park YH, Hwang CY, Kim YK, Lee YS, Jeong DH, Cho MH, 2007. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine, 3, 1, 95-101.

Klasen HJ, 2001. Historical review of the use of silver in the treatment of burns. I. Early uses. Burns, 26, 117–30.

Kleverlaan CJ, Van Duien RN, Feilzer AJ, 2004. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. Dent Mater, 20, 45-50.

Korkut E, 2013. Biyoaktif cam ile modifiye edilen cam iyonomer esaslı fissür örtücünün fiziksel özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Köroğlu A, Ekren O, Kurtoğlu C, 2012. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 22, 205-16.

Kutay MG, 2010. Malzemenin Kontrolü. www.guven-kutay.ch.

Lansdown AB, 2006. Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use. Curr Probl Dermatol, 33, 17–34.

Lewinstein I, Matalon S, Slutzkey S, Weiss EI, 2005. Antibacterial properties of aged dental cements evaluated by direct-contact and agar diffusion tests. J Prosthet Dent, 93, 364-71.

Lin A, McIntyre NS, Davidson RD, 1992. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. J Dent Res, 71, 1836-41.

Magalhaes A.P.R, Santos L.B, Lopes L.G, de Araujo Estrela C.R, Estrela C, Torres E.M, Bakuzis A.F, Cardoso P.C, Carriao M.S, 2012. Research Article. Nanosilver application in dental cements. International Scholarly Research Network ISRN Nanotechnology, 1-4.

Markovic DL, Petrovic BB, Peric TO, 2008. Fluoride content and recharge ability of five glass-ionomer dental materials. BMC Oral Health, 8, 21.

Marquis RE, 1995. Antimicrobial actions of fluoride for oral bacteria. Can J Microbiol. 41, 11, 955-64.

Martinez-Gutierrez F, Olive PL, Banuelos A, Orrantia E, Nino N, Sanchez EM, Ruiz F, Bach H, Av-Gay Y, 2010. Synthesis, characterization, and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effect of silver and titanium nanoparticles. Nanomedicine, 6, 5, 681-88.

Matalon S, Slutzky H, Weiss EI, 2005. Antibacterial properties of 4 orthodontic cements. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 127, 56-63.

McLean JW, Gasser O, 1985. Glass-cermet zements. Quintessenz, 36, 2059-68.

Mjör IA, 2005. Clinical diagnosis of recurrent caries. Journal of the American Dental Association, 136(10), 1426–33.

Mjör IA, Gordan W, 1999. A review of atraumatic restorative treatment (ART). Int Dent J, 49(3), 127-131.

Monteiro DR, Gorup LF, Takamiya AS, Ruvollo-Filho AC, de Camargo ER, Barbosa DB, 2009. The growing importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial effect of medical devices containing silver. Int J Antimicrob Agents. 34, 2, 103-10.

Morones J. R, Elechiguerra J. L, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramírez JT, Yacaman MJ, 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanotechnology, 16, 10, 2346-53.

Mount GJ, 1994. Glass- ionomer cements: past, present and future. Oper Dent, 19, 82-90.

Nakajo K, Imazato S, Takahashi Y, Kiba W, Ebisu S, Takahashi N, 2009. Fluoride released from glassionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries-related oral streptococci. Dent Mater, 25, 703-8.

Nicholson JW, 1998. Chemistry of glass-ionomer cements: a review. Biomaterials, 19, 6, 485-94.

Nicholson JW, McLean JW, 1992. A preliminary report on the effect of storage in water on the properties of commercial light-cured glass-ionomer cements. Br Dent J, 173, 98-101.

Nur B.G, 2012. Chlorhexidine ve cetrimide içeren geleneksel cam iyonomer simanın çeşitli özelliklerinin in-vitro değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

O'Brien WJ, 2002. Dental Materials and Their Selection, Quintessence Publishing Co, Michigan, 132-56.

Oyar P, 2014. Diş hekimliğinde kullanılan nanopartiküller, kullanım alanları ve biyouyumluluk. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 24, 1, 125-33.

Önal B, 2004. Restoratif diş hekimliğinde maddeler ve uygulamaları. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, İzmir.

Önçağ O, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioğlu O, Eronat, C, Burhanoğlu D, 2003. Comparison of antibacterial and toxic effect of various root canal irrigants. Int Endod J, 36, 423-32.

Özyeşil AG, Günal Ş, Belli S, Eskitaşcıoğlu G, 2009. İki farklı bağlanma dayanımı testinin karşılaştırılması. Selçuk Üniv Diş Hek Fak Derg, 18, 118-21.

Palmer G, Jones FH, Billington RW, Pearson GJ, 2004. Chlorhexidine release from an experimental glass ionomer cement. Biomater, 25, 5423-31.

Peng JJ, Botelho MG, Matinlinna JP, 2012. Silver compounds used in dentistry for caries management: a review. J Dent, 40, 7, 531-41.

Phantumvanit P, Songpaisan Y, Pilot T, Frencken JE, 1996. Atraumatic restorative treatment (ART): a three-year community field trial in Thailand-survival of one-surface restorations in the permanent dentition. J Public Health Dent, 56, 3, 141-45.

Phonghanyudh A, Phantumvanit P, Songpaisan Y, Petersen PE, 2012. Clinical evaluation of three caries removal approaches in primary teeth: a randomised controlled trial. Community Dent Health, 29, 2, 173-78.

Pilot T, 1999. Introductıon-ART from a global perspective. Community Dent Oral Epidemiol, 27, 421-22.

Pinheiro, SL, Simionato MR, Imparato JC, Oda M, 2005. Antibacterial activity of glass-ionomer cement containing antibiotics on caries lesion microorganisms. Am J Dent. 18, 4, 261-6.

Pinkham J, Casamassimo P, Fields H. Nowak A, Mctigue D, 2009. Çocuk Diş Hekimliği, 4 th ed. Çeviren: Tortop T, Tulunoğlu Ö. Atlas kitapevi, p. 371-72.

Polydorou O, Pelz K, Hahn P, 2006. Antibacterial effect of an ozone device and its comparison with two dentin-bonding systems. Eur J Oral Sci, 114, 349-53.

Qvist V, Manscher E, Teglers PT, 2004. Resin-modified and conventional glass ionomer restorations in primary teeth: 8-year results. J Dent, 32, 285-94.

Ramoğlu S, Uysal T, Ülker M, Ekizer A, 2008. Lingual retainer uygulamalarında farklı kompozitlerin bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesi. Türk Ortodonti Derg, 21, 196-205.

Ribeiro J, Ericson D, 1991. In vitro antibacterial effect of chlorhexidine added to glass ionomer cements. Scand J Dent Res, 99, 533-40.

Rosenblatt A, Stamford TC, Niederman R, 2009. Silver diamine fluoride: a caries ‘‘silver-fluoride bullet’’. J Dent Res, 88, 116–25.

Sarı ME, Koyutürk AE, Çankaya S, 2010. Günlük tüketilen yiyecek ve içeceklerin mine ve dolgu materyallerinin yüzey sertliği ve pürüzlülüğüne etkisi. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg, 20, 3, 153-61.

Seltzer S, 1942. Effective duration of some agents used for dentin sterilization. J Dent Res, 21, 115–23.

Sevimay M, Yücel MT, Öztürk N, Sayın Z, 2008. Farklı yapıştırma ajanlarının antibakteriyal etkinliğinin incelenmesi. Selçuk Üniv Diş Hek Fak Derg, 17, 120-25.

Seymen F, Gülhan A, 1996. Arka grup dişlerde kullanılan çeşitli dolgu materyallerinin yüzey sertliklerinin incelenmesi, İÜ Diş Hek Fak Derg, 30, 145-52.

Sharma V.K, Yngard R.A, Lin Y, 2009. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. Adv Colloid Interfac, 145, 83–96.

Siqueira JF, Rocas IN, 2008. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. J Endod, 34, 1291-1301.

Smith DC, 1998. Development of glass-ionomer cement systems. Biomater, 19, 467-78.

Söğüt MÜ, 2013. Cationic detergents of germicidal agents. Journal of Experimental and Clinical Medicine, 30, 75-9.

Spacciapoli P, Buxton D, Rothstein D, Friden P, 2001. Antimicrobial activity of silver nitrate against periodontal pathogens. J Periodontal Res. 36, 2, 108-13.

Suri SS, Fenniri H, Singh B, 2007. Nanotechnology-based drug delivery systems. J Occup Med Toxicol, 1, 2, 16.

Svanberg M, Mjor IA, Orstavik D, 1990. Mutans streptococci in plaque from margins of amalgam, composite, and glass-ionomer restorations. J Dent Res, 69, 861-4.

Şener Y, Koyutürk AE, 2006. Üç farklı cam iyonomer simanın yüzey sertliklerinin karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg, 9, 2, 91-9.

Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro AV, Ebisu S, Frencken JE, Tay FR, 2006. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. Dent Mater, 22, 647-52.

Taşveren S, 2005. İki farklı restoratif materyalin yüzey sertliklerinin karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg, 8, 2, 94-7.

Tekçe N, Demirci M, Tuncer S, 2013. Dentin bağlayıcı sistemlerin bağlanma dayanıklılığını değerlendirme yöntemleri, İÜ Diş Hek Fak Derg, 47, 1, 73-91.

Tekeli PC, 2005. Çeşitli süt dişi kök kanal dolgu patlarının enterococcus faecalis üzerindeki antimikrobiyal etkilerinin 3 farklı yöntemle tespiti ve bu yöntemlerin etkinliklerinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Temizkan G, Arda N, 2004. Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 345s.

Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Godoy FG, 2003. Sorption and solubility of resin based restorative dental materials. J Dent, 31, 43-50.

Türkün LS, Türkün M, Ertuğrul F, Ateş M, Brugger S, 2008. Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. J Esthet Restor Dent, 20, 29-45.

Tüzüner T, 2008. Cetrimide, cetylpyridinium chloride, benzalkonium chloride ve chlorhexidine ile kombine kullanılan Fuji IX'un fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tüzüner T, Kuşgöz A, Er K, Taşdemir T, Buruk K, Kemer B, Saray O, 2011. Antibacterial activity and physical properties of conventional glass-ionomer cements containing chlorhexidine diacetate/cetrimide mixtures. J Esthet Rest Dent, 23, 1, 46-55

Tüzüner T, Ulusu, 2010. Effect of antibacterial agents on the surface hardness of a conventional glass-ionomer cement. J Appl Oral Sci, 20, 1, 45-9.

Üçok M, 1987. Cam iyonomer simanlarının yüzey sertliklerinin incelenmesi. İÜ Diş Hek Fak Derg, 21, 77-84.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay PK, Van Landuyt P, Lambrechts G, 2003. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent, 28(3), 215-35.

Vermeersch G, Leloup G, Vreven J, 2001. Fluoride release from glass ionomer cement, compomers and resin composites. J Oral Rehabil, 28, 26-32.

Weerheijm KL, de Soet JJ, van Amerongen WE, de Graaff J, 1993. The effect of glassionomer cement on carious dentine: an in vivo study. Caries Res, 27, 417-23.

Weerheijm KL, Groen HJ, 1999. The residual caries dilemma. Community Dent Oral Epidemiol, 27(6), 436-41.

Weiss EI, Shalhav M, Fuss Z, 1996. Assessment of antibacterial activity of endodontic sealers by a direct contact test. Endod Dent Traumatol, 12, 179-84.

Wiegand A, Buchalla W, Attin T, 2007. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. Dent Mater, 23, 343-62.

Wilson AD, Kent BE, 1972. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. Br Dent J, 132, 133-5.

Woronko GA, St Germain HA, Meiers JC, 1996. Effect of dentin primer on the shear bond strength between composite resin and enamel, Oper Dent, 21, 116-21.

Wu MY, Suryanarayanan K, van Ooij WJ et al, 2007. Using microbial genomics to evaluate the effectiveness of silver to prevent biofilm formation. Water Sci Technol, 55, 413–19.

Xia Y, Zhang F, Xie H, Gu N, 2008. Nanoparticle-reinforced resinbased dental composites. J Dent, 36, 450–5.

Yalçın M, 2009. Antibakteriyel etkinliklerinin geliştirilmesiyle modifiye edilmiş farklı tipteki cam iyonomer simanların antibakteriyel, sitotoksik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Yaman SD, Er O, Yetmez M, Karabay GA, 2004. In vitro inhibition of caries-like lesions with fluoridereleasing materials. J Oral Sci, 46, 45-50.

Yang J, Mei S, Ferreira JMF, 2001. Hydrothermal synthesis of nanosized titania powders: influence of tetraalkyl ammonium hydroxides on particle characteristics. J Am Ceram Soc, 84, 1696–702.

Yazıcı R, Özalp M, Başeren M, Dayangaç B, 2002. İki farklı amalgam bonding primerinin antibakteriyel aktivitelerinin değerlendirilmesi, 5, 2, 85-7.

Yegin Z, 2013. Rezin esaslı dental materyallere nanopartikül ilavesinin antibakteriyel etkinliğe ve mekanik özelliklere etkisinin *in-vitro* olarak araştırılması. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Yeşilyurt C, Er K, Tasdemir T, Buruk K, Çelik D, 2009. Antibaterial activity and pysical properties of glass ionomer cements containing antibiotics. Oper Dent, 34, 1, 18-23.

Yip HK, Smales RJ, Ngo HC, Tay FR, Chu FCS, 2001. Selection of restorative materials for the atraumatic restorative treatment (ART) approach: a review. Spec Care Dentist 21, 6, 216-21.

Yoshida K, Tanagawa M, Atsuta M, 1999. Characterization and inhibitory effect of antibacterial dental resin composites incorporating silver-supported materials. J Biomed Mater Res, 15, 47, 4, 516-22.

Zaimoğlu A, Aksu E, Can G, Ersoy E, 1993. Diş hekimliğinde maddeler bilgisi, Ankara Üniv Diş Hek Fak, 17.

Zanata RL, Fagundes TC, Freitas MC, Lauris JR, Navarro MF, 2011. Ten-year survival of ART restorations in permanent posterior teeth. Clin Oral Investig, 15, 2, 265-71.

Zimmerman BF, Rawls HR, Querens AE, 1984. Prevention of in vitro secondary caries with an experimental fluoride-exchanging restorative resin. J Dent Res 63, 689-92.

8. ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Bulgaristan'da doğdu. İlköğrenimini Fındıklı İlkokulu'nda, orta öğrenimini Namık Kemal İlköğretim Okulu'nda, liseyi Kağıthane Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde lisans eğitimine başladı. 2010 yılında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'de diş hekimi ünvanı aldı. 2011 yılında Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Halen aynı Anabilim Dalında doktora öğrencisi olarak çalışmaktadır. Evlidir. Yabancı dili İngilizcedir.