



T. C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CAM HİBRİT VE ÇİNKO İÇERİKLİ İKİ FARKLI CAM
İYONOMER SİMANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Dt. Zeynep ÖZKALENDER

DOKTORA TEZİ

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANLAR

Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN

Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI

GAZİANTEP

2019

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**ÇİNKO VE CAM HİBRİT İÇERİKLİ İKİ FARKLI CAM İYONOMER
SİMANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Zeynep ÖZKALENDER

Tez Savunma Tarihi: 21.02.2019
Sağlık Bilimleri Enstitü Onayı

Prof. Dr. Mehmet TARAKÇIOĞLU
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışmasının bir 'Doktora' derecesi için uygun ve yeterli olduğunu onaylıyorum.

Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN
Pedodonti Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir 'Doktora' tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN
Tez Danışmanı

Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI
Ortak Tez Danışmanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir 'Doktora' tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI

Prof. Dr. Neşe AKAL

Prof. Dr. Ayşegül ÖLMEZ


Prof. Dr. Firdevs TULGA ÖZ

Prof. Dr. Fahinur ERTUĞRUL

Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Hasan GÜNDOĞAR

İmzası



BEYAN

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

Şubat 2019

Dt. Zeynep ÖZKALENDER

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tezimin hazırlanması sürecinde desteğini ve ilgisini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN'e,

Doktora eğitimime ve tezimin hazırlanmasına katkıda bulunan ortak tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI'ya,

Bana ikinci bir aile olarak her zaman ve her konuda destek veren sevgili bölüm arkadaşım Dr. Zübeyde UÇAR GÜNDOĞAR ve değerli eşi Dr. Öğr. Üyesi Hasan GÜNDOĞAR'a,

Beraber çalıştığım bütün asistan arkadaşlarıma ve bölümümüzün tüm çalışanlarına,

Beni her yönden destekleyen, ilgisini ve yardımını her zaman hissettiğim kıymetli eşim H. İbrahim ÖZKALENDER'e,

Hayatımıza anlam katan canım kızım Göksu ÖKALENDER'e,

Bugünlere gelmemde emek harcayan, maddi ve manevi olarak beni her zaman destekleyen değerli annem Mürüvvet PAMİR'e, babam Bekir PAMİR'e, ağabeyim M.Bahadır PAMİR'e, kuzenim Nazlı ERTÜRK'e ve tüm aileme en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez, Gaziantep Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Yönetim Birimi Komisyonu Başkanlığı tarafından *DHF.DT.17.03* proje no ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

SİMGE ve KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
RESİM LİSTESİ	ix
ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Cam İyonomer Simanın Tarihçesi	7
2.2 Cam İyonomer Simanın İçeriği	10
2.2.1 Likit.....	10
2.2.2 Toz	12
2.3 Cam İyonomer Simanın Sertleşme Reaksiyonları	13
2.3.1 Geleneksel cam iyonmer simanların sertleşme mekanizması	14
2.3.2 Tartarik asitin sertleşme reaksiyonuna etkisi	15
2.3.3 Suyun sertleşme reaksiyonuna etkisi	15
2.4 Cam İyonomerlerin Simanların Özellikleri	16
2.4.1 Florür salınımı özelliği	16
2.4.2 Adezyon özelliği	17
2.4.3 Biyoaktivite özelliği	18

2.5 Cam İyonomer Simanların Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları	19
2.5.1 Cam iyonomer simanların kullanım şekillerine göre sınıflandırılması	19
2.5.2 Cam iyonomer simanların içeriğine göre sınıflandırılması	20
2.6 Restoratif Materyallerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	21
2.6.1 Gerilme direnci	21
2.6.2 İndirekt gerilme direnci	22
2.6.3 Basma dayanımı	22
2.6.4 Eğilme dayanımı	23
2.6.5 Sertlik testi	24
2.6.6 Yüzey pürüzlülüğü	27
2.6.7 Su emilimi ve suda çözünürlük	28
2.7 Cam İyonomer Simanların Güçlendirilmesi	28
2.7.1 Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalar	28
2.7.2 Cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin artırılması ile ilgili çalışmalar	33
2.8 Çocuk Diş Hekimliğinde Cam İyonomer Simanların Gelecekteki Yeri	34
3. GEREÇ ve YÖNTEM	35
3.1 Yüzey Pürüzlülüğü Testi	38
3.2 Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi	40
3.3 Yüzey Mikrosertliği Testi	42
3.4 Basma Dayanımı Testi	44

4. BULGULAR	46
4.1 Yüzey Pürüzlülüğü Testi Bulguları	46
4.2 Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi Bulguları	47
4.3 Yüzey Mikrosertliği Testi Bulguları	49
4.4 Basma Dayanımı Testi Bulguları	50
5. TARTIŞMA	52
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	66
7. KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞİM	83

SİMGE ve KISALTMALAR

ADA	American Dental Association
ART	Atravmatik Restoratif Tedavi
ASPA	Alumino Silicate – Polyacrylic Acid
Bis-GMA	Bisfenol A glisidil metakrilat
CİS	Cam İyonomer Siman
CPP-ACP	Kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat
EGDMA	Etilen glikol dimetakrilat
Er- YAG	Erbiyum-Yttriyum-Alüminyum Garnet
HEMA	Hidroksietil metakrilat
NVC	N- vinylcaprolactam
RMCİS	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	Üretan dimetakrilat
WHO	World Health Organization
YVCİS	Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Siman

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Cam iyonomer likiti içerisinde kullanılan kopolimer materyaller	12
Şekil 2.2. Örnek malzeme için gerilme-uzama eğrisi.....	22
Şekil 2.3. Materyallerde meydana gelen elastik ve plastik deformasyon.....	23
Şekil 2.4. Eğilme dayanımı testinin şematik görüntüsü.....	24
Şekil 2.5. Vickers sertlik testi uygulaması.....	26
Şekil 3.1. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde ölçüm yapılan örnek yüzeyleri	39
Şekil 4.1. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra yüzey pürüzlülüğü dağılımı	47
Şekil 4.2. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra su emilimi değerleri dağılımı	48
Şekil 4.3. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra suda çözünürlük değerleri dağılımı.....	49
Şekil 4.4. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta mikrosertlik değerleri dağılımı	50
Şekil 4.5. Gruplara ait basma dayanımı dağılımı.....	51

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. İyon salabilen camlar ve siman içerisindeki oranları	13
Tablo 2.2. Cam iyonomer simanlar için belirtilen ISO standartları.....	16
Tablo 3.1. Tez çalışmasında kullanılan materyaller ve içerikleri	36
Tablo 3.2. Tez çalışmasında kullanılan deney grupları	38
Tablo 3.3. Tez çalışmasında kullanılan materyallerin karıştırma, çalışma ve sertleşme zamanları.....	38
Tablo 4.1. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra yüzey pürüzlülüğü değerlerinin Ra (μm) cinsinden ortalaması ve standart sapma değerleri (SS)	46
Tablo 4.2. Gruplara ait su emilimi değerlerinin ortalaması ve standart sapma	47
Tablo 4.3. Gruplara ait suda çözünürlük değerlerinin ortalaması ve standart sapma.....	48
Tablo 4.4. Gruplara ait yüzey mikrosertlik değerlerinin ortalaması ve standart sapma	49
Tablo 4.5. Gruplara ait basma dayanımı ve standart sapma değerleri (SS).....	50

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1. Vickers sertlik testinin bıraktığı iz.....	27
Resim 2.2. Ticari bir kapsül CİS te tipik porozite boyutu dağılımı.....	29
Resim 2.3. GIC üzerindeki bir rezin kaplama tabakasının görüntüleri	31
Resim 3.1. Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya)	37
Resim 3.2. ChemFil Rock (Dentsply De-Trey, Konstanz, Almanya)	37
Resim 3.3. Equia Forte (GC Corporation, Tokyo, Japonya)	37
Resim 3.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler	39
Resim 3.5. Profilometre cihazı	40
Resim 3.6. Profilometre cihazı	40
Resim 3.7. Su emilimi ve çözünürlük ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler.....	41
Resim 3.8. Etüv cihazı	41
Resim 3.9. Hassas terazi	41
Resim 3.10. Mikrosertlik ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler	43
Resim 3.11. Vickers mikrosertlik cihazı.....	43
Resim 3.12. Basma dayanımı ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler	44
Resim 3.13. İnstron cihazı	45

ÖZET

CAM HİBRİT VE ÇİNKO İÇERİKLİ İKİ FARKLI CAM İYONOMER SİMANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Dt. Zeynep ÖZKALENDER

Doktora Tezi, Pedodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanları: Dr. Öğr. Üyesi Gül KESKİN, Prof. Dr. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI

Şubat 2019, 82 sayfa

Günümüzde çocuk diş hekimliğinde en yaygın materyal olarak cam iyonomer simanlar kullanılmaktadır. Biyouyumlu olması, uzun dönem florür salabilmesi, remineralizasyonu desteklemesi, antibakteriyel etki göstermesi, polimerizasyon büzülmesi göstermemesi ve rezin içerikli dolgu materyallerine göre nem duyarlılığının daha az olması cam iyonomer simanların bu kadar yaygın kullanılmasını sağlamaktadır. Yürütülen bu in vitro çalışmanın amacı geleneksel cam iyonomer siman, çinko içerikli cam iyonomer siman ve cam hibrit içerikli cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla yüzey pürüzlülüğü, su emilimi ve suda çözünürlük, yüzey mikrosertliği ve basma dayanımı testleri yapılmıştır. 37°C’de distile su içerisinde bekletilen örneklerin 1 gün sonra ve 1 hafta sonra ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre; geleneksel cam iyonomer simanları güçlendirmek için ilave edilmiş olan çinko ve cam hibritin simanların fiziksel özelliklerini tamamen iyileştirmediği görülmüştür. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini ve dolayısıyla klinik başarısını arttırmak için daha birçok çalışmanın yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: cam hibrit, cam iyonomer siman, çinko, fiziksel özellik, restoratif materyal.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF TWO DIFFERENT GLASS IONOMER CEMENTS CONTAINING GLASS HYBRID AND ZINC

Zeynep ÖZKALENDER, DDS

PhD Thesis, Department of Pediatric Dentistry

Supervisor: Assist. Prof Gül KESKİN, DDS, PhD, Prof. Nurhan ÖZTAŞ KIRMIZI, DDS, PhD

February 2019, 82 pages

Nowadays, glass ionomer cements are used as the most common material in pediatric dentistry. Being biocompatible, releasing long-term fluoride, supporting remineralization, showing antibacterial effect, low polymerization shrinkage and less moisture sensitivity than resin-filled restorative materials provide such widespread use of glass ionomer cements. The aim of this in-vitro study is to compare the physical properties of conventional glass ionomer cement, zinc-containing glass ionomer cement and glass hybrid containing glass ionomer cements. For this purpose, surface roughness, water absorption and water solubility, surface microhardness and compressive strength tests were performed. Samples which were kept in distilled water at 37 ° C were measured after 1 day and after 1 week. According to these results; it has been found that zinc and glass hybrid added to strengthen the conventional glass ionomer cements do not completely improve the physical properties of cements. It has been concluded that many more studies are needed to improve the physical properties and therefore the clinical success of glass ionomer cements.

Key words: glass hybrid, glass ionomer cement, physical properties, zinc, restorative material.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Diş çürüğü, bakterilerin ağız içerisinde kolonizasyonu, bu ortamda çoğalması ve zaman içerisinde diyet ve konak faktörleri ile etkileşime girmesi sonucu oluşan multifaktöriyel ve enfeksiyöz bir hastalıktır. Çürüğün oluşabilmesi için duyarlı bir konak ile karyojenik ağız florası ve karyojenik gıdaların yeterli süre bir arada bulunması gerekmektedir. Yaş, cinsiyet, tükürük, beslenme, dişin morfolojisi ve konumu, ağız hijyeni, diş fırçalama alışkanlığı, immün sistem, ailenin eğitim seviyesi ve sosyoekonomik durumu gibi etkenler, çürük oluşumunda ikincil faktör olarak görev almaktadır ve bunların hepsi bir bütün olarak ele alınmalıdır (1).

Diş çürüğü tek yönlü bir süreç değildir. Çürük lezyonları demineralizasyon ve remineralizasyon safhalarının her ikisini de içermektedir (2). Diş yapısında bulunan kalsiyum ve fosfat iyonlarının çözünerek dental yapıdan uzaklaşması demineralizasyon olarak isimlendirilir. Bu olay ortam pH'sının kritik değer olan 5,5'in altına düşmesiyle meydana gelir. Eğer bu pH seviyesi düzenlenmezse minede bulunan mineral yapılar çözülmeye devam eder. Bu çözünme minede kaviteli lezyonların başlamasına ve sonrasında bu lezyonların dentine ilerlemesine sebep olur. Ancak lezyonlar mine seviyesindeyken pH'yı düşüren etkenler ortadan kalkarsa ve ağız içi pH tekrar yükselmeye başlarsa mineden çözünerek ayrılan iyonlar mine yüzeyine yeniden çökerler (3). Kalsiyum ve fosfat iyonlarının harici bir kaynaktan bu minerali alınmış mine kristalleri üzerine yeniden birikip mineral kazancının sağlanmasına da remineralizasyon denir (4). Aslında remineralizasyon çürük lezyonları için doğal bir onarım sürecidir. Büyüme faktörleri ve yumuşak doku uygulamaları gerektirmez, basit bir kimya olayıdır (5).

Son dönemlerde diş çürüklerinin patolojik süreçlerinin belirlenmesi ve bu hususta demineralizasyon ile remineralizasyon döngüsüne etki eden faktörlerin ortaya çıkartılmasıyla koruyucu uygulamalar ön planda tutulmuştur. Bu koruyucu uygulamalar diş yüzeyinde demineralizasyon başlamadan bunu durdurmak veya demineralizasyon başlamış ise demineralize alanlarda kaviteasyonların oluşmasını engellemektir (4). Florür, günümüzde diş çürüklerini engellemek amacıyla en çok kullanılan maddedir. Florürün çürük önleyici ve remineralizasyon sağlayıcı etkileri; pelikül ve plak

oluşumunun engellenmesi, mikroorganizmaların plak içerisinde asit üretimini önlemesi, minenin hidroksiapatit yapısını çürüğe karşı daha dirençli bir yapı olan florohidroksiapatite dönüştürmesi, kalsiyum ve fosfat iyonlarının daha hızlı bir şekilde diş yüzeyine çökmesini sağlaması ve bakterisit özelliklerinden kaynaklanmaktadır (6). Çürük önleyici özelliği kanıtlanmış olan florür çeşitli dental materyaller içerisine ilave edilerek veya direkt olarak kullanılmaya başlanmıştır. Florürlü vernikler ve jeller ile florür içeren fissür örtücüler demineralizasyonun önlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca restoratif materyallere ilave edilen florürün de remineralizasyonda önemli etkisi olduğu bilinmektedir (3).

Diş çürüklerinin tedavisi için sürekli olarak yeni materyaller ve tedavi yaklaşımları geliştirilmektedir. Günümüzde süt dişlerinin restorasyonlarında amalgam, kompozit, kompomer ve cam iyonomer siman gibi restoratif materyaller kullanılmaktadır. Ancak çocuk diş hekimliğinde en yaygın olarak kullanılan materyal cam iyonomer simanlar olmuştur.

Cam iyonomer simanların bu kadar yaygın olarak kullanılmasını sağlayan bazı avantajları vardır. Bunlar; biyoyumlu olması, uzun dönem florür salabilmesi, florür rezervuarı olması, remineralizasyonu destekleyen etki göstermesi, mine yüzeyine bağlanırken düşük büzülme özelliği göstermesi ve mikrosızıntının az olması, mine ve dentine adeziv ajana gerek duymaksızın bağlanabilmesi, dişle uyumlu termal genişlemeye sahip olması, sertleşme reaksiyonunun düşük pH'da gerçekleşmesi nedeniyle antibakteriyel etki göstermesi, ışıkla sertleşen kompozit rezinler gibi polimerizasyon büzülmesi göstermemesi ve rezin içerikli dolgu materyallerine göre nem duyarlılığının daha az olmasıdır (7, 8). Ancak eğilme ve kırılma direncinin zayıf olması, aşınmalara karşı daha dayanıksız olması, sertleşme esnasında neme karşı hassas olması, mekanik, fiziksel ve estetik özelliklerinin kompozit rezin restorasyonlara göre zayıf olması gibi dezavantajları da mevcuttur (8). Bu dezavantajları elimine etmek için cam iyonomer simanların yapılarının güçlendirilmesiyle ilgili pek çok çalışma yapılmaktadır (8-11).

Yürütülen bu çalışmada güçlendirilmiş cam iyonomer simanların, çinko içerikli cam iyonomer siman (ChemFil Rock) ve cam hibrit içerikli cam iyonomer simanın (EQUIA Forte) fiziksel özelliklerinin geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX GP) ile karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

Son yıllarda diş hekimliği alanında geliştirilen materyaller oldukça geniş bir pazar oluşturmuştur. 1970'li yılların sonuna kadar indirekt restorasyonlarda altın ve seramik yoğun olarak kullanılırken, direkt restorasyonlarda amalgam hep ön planda tutulmuştur (12). Ucuz ve klinik kullanımının uzun olması amalgam restorasyonların avantajıdır, ancak zayıf estetiği, olası toksisitesi ve fiziksel özelliklerinin süt dişlerinin fiziksel aşınmasına uygun olmaması gibi dezavantajları da vardır (13). Bu da amalgam için alternatif çözümleri beraberinde getirmiştir (14). Amalgamın yanında en çok kullanılan kompozit rezinler ve cam iyonomer simanlardır (15).

Buonocore'nin 1955 yılında asitle pürüzlendirme tekniğini geliştirmesi ve 1962 yılında Dr. Raphael Bowen'in Bisfenol A glisidil metakrilat'ın reaksiyon ürünü olan, yüksek dolduruculuk özelliğine sahip Bis-GMA'yı elde etmesiyle kompozit dolgu maddesi ortaya çıkmıştır (16). Kompozit, materyallerin fiziksel karışımı manasına gelen bir ifadedir. Ayrıca rezin kompozitler birbirleri içerisinde çözünmeyen, kimyasal yapı olarak birbirlerinden farklı olan iki maddenin üç boyutlu kombinasyonu olarak da isimlendirilebilir (14). Böylece komponentlerin tek tek sahip olamadığı özelliklerin kompozit ile elde edilmesi amaçlanmaktadır (17, 18). Dental restoratif amaçla kullanılan kompozitler üç fazdan meydana gelmektedir. Bunlar; organik faz, inorganik faz ve ara fazdır (17). Organik kısmı metakrilat yapı ve Bis-GMA yapı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Günümüzde kullanılan kompozitlerde organik yapı Bis-GMA ve üretan dimetakrilat (UDMA)'dan meydana gelmektedir. UDMA adezyonun ve renk stabilitesinin sağlanmasında oldukça etkilidir. Viskozitesi yüksek olan Bis-GMA ve UDMA'nın viskozitesini düşürmek için bileşime trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ve etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) ilave edilmiştir (19). İnorganik kısım ise stronsiyum, kuartz, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, çinko baryum, ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi farklı ebat ve büyüklüklerdeki doldurucu partiküllerden meydana gelmektedir (20). Bu dolduruculardan baryum, çinko, yitrium ve stronsiyum kompozite radyo opaklık kazandırırken silikat parçacıkları fiziksel özelliklerini güçlendirmektedir. Ara faz evresinde ise kompozitin organik ve inorganik fazları arasında bağlantıyı sağlayan silisyum hidrojenli bileşikler bulunmaktadır (21).

Kompozitlerin güçlü adezyon özellikleri küçük kavitelere de başarı elde edilmesini sağlar. Güçlü fiziksel ve mekanik özellikleri ile estetik özelliklerinin iyi olması sebebiyle de diğer restoratif materyallere üstünlük sağlamaktadır. Ancak kompozitlerin polimerizasyonları esnasında meydana gelen büzölmeler, mikrosızıntılara ve dolayısıyla restorasyon kenarlarında renklenmelere neden olmaktadır. Ayrıca uygulama aşamaları zahmetlidir ve pahalı bir materyaldir. Bütün bunlarla beraber kompozit rezinlerin florür salınımının olmaması ve plak birikimine bağılı olarak oluşın sekonder çökürükleri önleyememesi gibi sebeplerle kullanımı sınırlandırılmıştır (19).

Restoratif materyaller arasında yapısı dişe en yakın formda olan cam iyonomer simanlar, metal içeren ve metal içermeyen restoratif materyaller arasında bir noktadadır ve hem mineye hem de dentine doğrudan bağlanma kabiliyeti olan yegane restoratif materyallerdir. Cam iyonomer simanlar, 1970 yılında Wilson ve Kent tarafından bulunmuş, 1974 yılında McLean ve Wilson tarafından geliştirilmiştir (22). Toz ve likit formların karıştırılması ile elde edilen cam iyonomer simanlar silikat simanla polikarboksilat simanın hibriti şeklinde tanımlanmaktadır (23). Bu materyalin ismi cam tozu ve karboksilik asitler içeren bir iyonomer formülü ile ortaya konulur. Cam iyonomer simanların toz kısmı asitte çözünebilir floro-alumino silikat taneciklerinden, likit kısmı ise poliakrilik asitten oluşmaktadır. Toz aynı zamanda yüksek oranda kalsiyum ve florür, düşük oranda sodyum ve fosfat içermektedir (24). Cam iyonomer simanların yapımında kullanılan poliakrilik asit likiti ve alüminosilikat cam partiküllerinin bileşimi, toz içeriğinde bulunan cam partiküllerinin ebatı, siman içerisindeki bileşenlerin oranı ve karıştırma metodları gibi sertleşme ve çalışma zamanı özellikleri gibi faktörler simanın fizikokimyasal ve mekanik özelliklerini etkilemektedir (25). Diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilen, biyoyumlu, florür salınımı yapabilen ve termal genişleme katsayısı diş dokularına yakın olan cam iyonomer simanlar çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan materyallerdir (26). Fakat bu avantajlarının yanı sıra sertleşmenin erken döneminde neme karşı hassasiyet göstermesi ve erken dönemlerde dehidratasyon, düşük kırılma dayanımı ve aşınmaya karşı düşük direnç gibi dezavantajları da vardır. Ayrıca rezin kompozitlerle ve amalgamla karşılaştırıldığında oklüzal kuvvetlere karşı daha düşük kırılma dayanımı gösterirler (27). Bu gibi dezavantajları elimine etmek için cam iyonomer simanların içerisine bazı materyaller ilave edilerek fiziksel özelliklerinin artırılması planlanmıştır (28). Bu simanların güçlendirilmek istenmesi birçok araştırmaya kapı açmıştır. İlk olarak

içerisine seramik, cam fibrilleri veya metal partikülleri ilave ederek güçlendirme çalışmaları yapılmış, umut verici sonuçlar ise reaktif cam fibrillerinin eklenmesiyle elde edilmiştir (25, 28,29).

2.1. Cam İyonomer Simanların Tarihçesi

19. yüzyılın ilk yarısında amalgam, altın ve porselen gibi restoratif materyallerin geliştirilmesi, diş hekimliğinde yapıştırma malzemeleri, astar malzemeleri ve estetik restoratif materyallerin geliştirilmesini sağlamıştır. İnlelerin, kuronların, köprülerin ve ortodontik bantların yapıştırılmasında, restorasyonlarda ya da kaide materyali olarak kaviteğin tabanında kullanılan çinko oksit öjenol, çinko fosfat ve silikat simanlar ise 20. yüzyılın ilk çeyreğinin sonlarında kullanılmıştır. Bu dönemde dental silikat simanlar ön dişlerin restorasyonlarında tercih edilmiştir. Ancak kırılma olma, asit erozyonuna duyarlı yapısı, yapıştırma için ideal sağlamlılığın olmaması ve pulpal duyarlılığını artırması gibi nedenlerle kullanımı kaygı uyandıran bir materyal olmuştur (30).

1960'lı yılların başlarında restorasyonların idamesi için dişteki hidroksiapatit yapıya ihtiyaç duyulduğu anlaşılmıştır. Hem minerde hem de dentinde bu hidroksiapatit yapının olması nedeniyle şelat veya kalsiyum kompleks oluşturan reaksiyonların umut verici olduğu görülmüştür. 1963 yılında poliakrilik asidin diş dokusuna adezyon potansiyeli ilk defa araştırılmış ve bu adezyonun kalitesinin, poliakrilik asitlerin kalsiyum ile kompleks yapabilme kabiliyetine bağlı olduğu ve organik polimerlerle hidrojen bağlarının kollajen ile karşılaştırılabilmesinden kaynaklandığı görülmüştür. Sonuç olarak, polikarboksilik asit gibi doldurucu yapı, florür ve kopolimer içeren materyaller piyasaya sürülmüştür. Bu poliakrilat simanlar yüksek baskı dayanımı, biyouyumluluğunun iyi olması ve mineyle dentinin hidroksiapatit yapısı ile iyonik bağlanma göstermesi gibi özellikleri sayesinde tercih edilen bir materyal olmuştur (28).

Dental silikat simanların yapısındaki zayıflığı inceleyen araştırmacılar, bu simanların matriksinin içeriğinde bulunan alüminyum ve kalsiyum fosfatın, agresifliği daha az organik şelat asiti olan fosforik asit ile değiştirilmesi önerisinde bulunmuşlardır. Bu amaçla Wilson ve arkadaşları alüminosilikat cam tozu içerisine ilave edilmiş %35-50 oranında piruvik, tartarik, seramik, floroborik, gliserofosforik ve tetrafosforik asit ile %25 oranında poliakrilik asit içeren deneysel bir siman hazırlamıştır. Hazırlanan simanların hidrolitik stabilitesinin zayıf olması klinik kullanımını engellemiştir. Wilson

ve Kent camının reaktivitesinin alümina/silika oranı ile ayarlandığını böylece hidrolitik olarak daha stabil simanlar oluşturabileceğini bulmuşlar ve 1972 yılında ilk pratik cam iyonomer siman olan ASPA I' i (Alumino Silicate-Polyacrylic Acid) piyasaya sunmuşlardır (30-32). Ancak ASPA I' in sertleşme sırasında neme karşı aşırı hassasiyet göstermesi ve translüsentliğinin düşük olması klinisyenler tarafından sınırlı kullanım alanı bulmuştur. Nemin sertleşme reaksiyonunu olumsuz etkilediği 1972 yılında Wilson ve Crisp tarafından keşfedilmiş ve bununla ilgili 1976 yılında bir çalışma yayınlamışlardır. Tartarik asit ile modifiye edilen simanlarda manüplasyonunun geliştiği, çalışma süresinin uzadığı ve sertleşme reaksiyonlarının daha düzgün olduğu belirtilmiştir. Ayrıca uygun miktarda ilave edilen tartarik asitin cam iyonomer simanlara daha geniş kullanım alanı oluşturabileceği de belirtilmiştir. Böylece ASPA I' e yapılan bu ilave ile birlikte ASPA II olarak isimlendirilen bir başka cam iyonomer siman geliştirilmiştir. ASPA II simanının likiti poliakrilik asit ile oluşturulmuş ve bu poliakrilik asitin kütleyle göre oranı %50'ye ulaştığında siman jelleşmeye eğimli hale gelmiştir. Bu durum hidrojen bağları arasında meydana gelen düşük hızlı artışa dayandırılmaktadır. Wilson ve Crisp (1974) hidrojen bağları arasındaki bu etkileşimi engellemek için poliakrilik asite metil alkol eklenmesini benimseyen bir yaklaşım önermişlerdir. Bu şekilde ASPA III adı verilen cam iyonomer siman geliştirilmiştir. McLean, poliakrilik asitin jelleşmesinin önlenmesine rağmen restorasyonların ağız içerisinde renklendiklerini belirtmiştir. 1977 yılında Crisp ve Wilson simanları daha kararlı bir yapıya dönüştürmek için akrilik asit ve itakonik asit kopolimerlerini ilave etmiş ve hidrojen bağlarının etkileşimlerinin bu şekilde daha kontrollü olacağını bildirmişlerdir. Böylece ilk ticari pazarlanabilir cam iyonomer siman olan ASPA IV piyasaya sunulmuştur. ASPA olarak isimlendirilen cam iyonomer simanlar 1. jenerasyon cam iyonomer simanlar olarak nitelendirilmiştir (33). 2. jenerasyon cam iyonomer simanlar olarak belirtilen geleneksel cam iyonomer simanlar ise genellikle bir toz ve poliasit likitten meydana gelir. Ama içeriğinde bulunan poliasit miktarı arttığı zaman sıvının viskozitesi de artarak manüplasyonu zorlaşacaktır. Bu nedenle solüsyonlarda poliakrilik asitin kullanımı sınırlandırılmıştır. Geleneksel cam iyonomer simanların likiti su ve tartarik asit çözeltisinden oluşmaktadır. Bu sebeple bu simanlar suyla sertleşen simanlar olarak isimlendirilmiştir. Bu sistemi kullanmanın temel avantajları erken karıştırma aşamalarında düşük viskozite gelişimi ve raf ömrünün uzun olmasıdır, çünkü bu sistemle moleküler ağırlık ve poliasit konsantrasyonu artırılabilirdiği için jelleşme olasılığı yoktur (33).

Geleneksel cam iyonomer simanlar düşük gerilimlere maruz kalan sınıf III ve sınıf V gibi restorasyonlarda, pit ve fissürlerin doldurulmasında başarıyla kullanılmıştır. Ancak daha yüksek miktarlarda basınca maruz kalan sınıf II kavitelere kullanımları uygun değildir. Bundan dolayı geleneksel cam iyonomer simanların kimyasal bileşenlerinin değiştirilerek daha güçlü bir yapı kazandırılması için girişimlerde bulunulmuştur (33).

Bu gelişmelere rağmen geleneksel cam iyonomer simanların nem hassasiyeti ve dayanıklılık problemlerinin önüne geçilememiştir. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için cam iyonomer simanların kimyasal yapısının kompozit reçinelerin iyi bilinen kimyası ile birleştirilmesi için girişimlerde bulunulmuştur. 1980'lerin sonlarında ve 1990'ların başında, piyasaya ışıkla sertleşen cam iyonomer simanlar sürülmüştür. Cam iyonomer simanlara yapılan bu rezin modifikasyonu ile geleneksel cam iyonomer simanlar temel özelliklerini korurken kompozit rezinlere benzer fiziksel özelliklerde kazanmışlardır. Bu yeni materyaller normal asit-baz reaksiyonunun yanı sıra ışıkla kimyasal olarak sertleşme prosedürüyle de desteklenmiştir. Bu materyaller rezin modifiye cam iyonomer siman veya hibrid iyonomer siman olarak adlandırılmışlardır (33).

Rezin modifiye cam iyonomer simanların gelişmesiyle geleneksel cam iyonomer simanların popülerliği azalmıştır. Bununla birlikte bu simanların gelişimi kendi içerisinde devam etmiştir ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. Bu materyaller atravmatik restoratif tedaviler (ART) ve koruyucu uygulamalar için oldukça önemli olmuştur. Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda sertleşme sırasında nem hassasiyeti ve oral sıvılarda çözünürlüğü oldukça düşüktür. Ayrıca bu simanların eğilme dayanımlarının yüksek ve translüsentliğinin daha iyi olması anterior restorasyonlar için de kullanılmasını sağlamıştır (33).

Diş hekimliğinde cam iyonomer simanlar ve onların klinik uygulamaları ile ilgili pek çok yenilikler meydana gelmektedir. Biyolojik uyumlulukları ve florür salmaları gibi önemli özellikleri sebebiyle cam iyonomer simanların, yüksek çürük riski taşıyan hastalarda fissür örtücü uygulamalarında, süt dişi restorasyonlarında, kron, bant ve yer tutucu simantasyonlarında, süt ve daimi dişlerde kaide materyali olarak pek çok klinik uygulamada kullanılmaktadır. Özellikle WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafında desteklenen ART (Atravmatik Dental Tedavi) tekniğinde kullanılmak üzere yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar geliştirilmeye başlanmıştır. Son on yılda cam

iyonomer simanların performansını arttırmak için çok sayıda girişimde bulunulmuştur. Cam iyonomer simanlar üzerinde yapılan çalışmalarda toz oranlarının değiştirilmesi, içerisine cam veya alüminyum fibrillerinin ilave edilmesi ya da takviye amaçlı çeşitli metal parçacıklarının kullanılması gibi çalışmalarla simanların iyileştirilmesi planlanmıştır (31, 34).

2.2. Cam İyonomer Simanların İçeriği

Bir cam iyonomer siman, polimerik suda çözünür asit, bazik (iyon geçirgen) cam ve su olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır (35). Cam, asit ve sudan oluşan çözeltinin formülasyonu materyallerin içerisine konulduğu oranlara göre değişiklik gösterebilir. Bu bileşenlerin kullanılabilir bir kıvama gelebilmesi için uygun bir yöntemle karıştırılması gerekmektedir. Cam iyonomer simanların toz ve likit kısmı bir ped veya cam üzerinde spatül ile ya da kapsül içerisinde yüksek hızla karıştırılabilmektedir (36).

Son yıllarda cam iyonomer simanlardaki gelişmeler simanların hem cam tozu hem de poliakrilik asit içeriğinde yapılan değişikliklerle meydana gelmiştir. Suda çözünür polimer ve polimerize edilebilir monomerlerin ilave edilmesiyle bu iki komponent arasındaki asit-baz reaksiyonu modifiye edilebilmektedir. Cam iyonomer simanlar üzerinde yapılan çalışmalarda kalsiyum floro-alümino-silikat cam tozu ve tartarik asit içeren poliakrilik asit kopolimerinin sulu çözeltisi üzerinde yapılan değişiklikler ön plandadır (37).

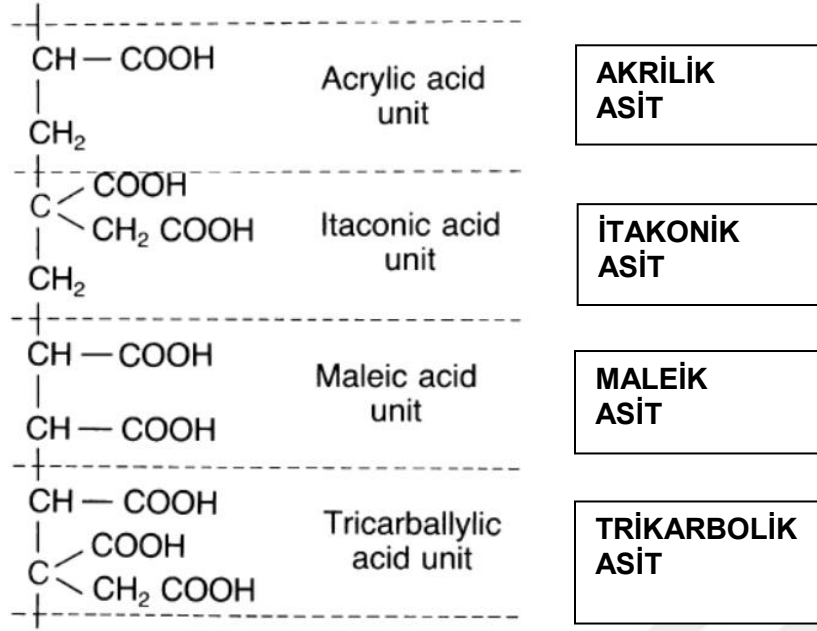
2.2.1. Likit

İyonomer cam ile reaksiyona giren poliasit genellikle bir polikarboksilik asittir (28). Siman içeriğindeki poliasitlerin asıl kullanım amacı sertleşme reaksiyonunun düzenlenmesidir (36, 38). Literatürde cam iyonomer simanlarda hangi polimerin kullanıldığı ile ilgili karışıklık vardır. Bunun nedeni ilk araştırmacıların itakonik ve trikarbolik asit dahil olmak üzere, siman oluşumu için polimerlerdeki bir dizi mono-, di- ve tri-karboksilik asit monomerleri üzerinde çalışmalar yapmalarındadır (39).

Önceden de belirtildiği gibi cam iyonomer simanın sıvı bileşenini sulu polimerik asit oluşturmaktadır. Sulu polimerik asitlerin jelleşmeden yüksek konsantrasyona ulaşabilmesi için düşük molekül ağırlıklarının olması gerekmektedir. Bu jelleşme

problemini aşmak için akrilik asit-itakonik asit kopolimeri kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli doymamış karboksilik asitler ve monomerlerin kullanılması da önerilmiştir. Likit içerisinde kullanılan diğer kopolimer materyalleri; akrilik asit-maleik asit ve akrilik asit-3-büten-1,2,3-trikarboksilik asittir. Dikarboksilik veya trikarboksilik asitlerin polimer zincirine girişi sadece sıvının jelleşmesini engellemez aynı zamanda polimer zincirine karboksil grubu ilave ederek asiditesini artırır (Şekil 2.1). Zincirde çapraz bağların artması materyalin fiziksel özelliklerini de artırır. Ancak uzun vadede bunun kırılabilirliği arttıracığı yönünde çalışmalar da bulunmaktadır. Daha mukavemetli ürünler elde etmek için polimaleik asit veya poliaktonik asit homopolimerleri (veya bunların kopolimerleri) kullanılarak poliakrilik asit ile karışan daha reaktif sıvılar yapılabilmektedir. Fakat bu poliasitlerin kalsifiye dokuya bağlanması zayıf olmaktadır. Benzer bir durum akrilik asit kopolimerlerinde de vardır ve mineyle dentine poliakrilik asitten daha zayıf bağlanırlar. Bununla beraber eğer optimal bir oran varsa (akrilik asit-maleik asit kopolimerlerinde yaklaşık 1: 1'lik bir mol oranı) poliakrilik aside oranla daha yapışkan bir sıvı elde edilebilir (37). Yüksek molekül ağırlıklı kopolimerler simanların fiziksel özelliklerini artırırken sağladıkları yüksek viskozite simanların karıştırılmasını zorlaştırır. Bu nedenle moleküler ağırlığın dengeli olması gerekmektedir. Optimum özelliklerin oluşması için ortalama moleküler ağırlığın 11.000 (sayısal ortalama) ve 52.000 (kütlesel ortalama) ile elde edildiği söylenir (9). Simanın yapısına ilave edilen su ise simanların daha düşük yorulma direnci göstermesine neden olur (37).

Reaktivite, asit veya bir kopolimerik asidin katkı maddelerinin yanı sıra moleküler ağırlığı ve konsantrasyonuna da bağlıdır. Maleik veya itakonik asit eklenerek, toplam moleküler ağırlığa göre karboksilik grupların sayısı ve dolayısıyla reaktivite artırılır. Poliasit ise siman içerisine ya sulu solüsyonun sıvı bir parçası olarak ya da siman tozu içerisine toz şeklinde katılır (28). Asit, cam yapısını indirgeyerek cam ağı bağlarını hidrolize eder ve karboksilat gruplarıyla şelatlanmış, poliakrilik zincirlerine çapraz bağ oluşturan alüminyum ve kalsiyum katyonlarını salar (40).



Şekil 2.1. Cam iyonomer likiti içerisinde kullanılan kopolimer materyaller

2.2.2. Toz

Cam iyonomer simanlarda kullanılan camlar karmaşık bir yapıya sahiptir ve birçok bileşenden oluşmaktadır. Bunların temelini üç ana bileşen oluşturmaktadır. Bunlar; silika (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve kalsiyum oksit (CaO)'tir. CaO genellikle stronsiyum oksit (SrO) veya çinko oksitlerle (ZnO) birlikte bulunmaktadır. Kalsiyum florür (CaF_2) ise florür salınımı için bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak cam iyonomer siman tozları genellikle fosfat (P_2O_5) ve soda (Na_2O) da içermektedirler (28). Wilson ve ark. ilk cam bileşimi ile elde edilen simaların özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişler ve simanların özelliklerini belirlemede en önemli faktörün camda bulunan Al:Si oranı olduğunu ileri sürmüşlerdir (41). Ayrıca Ca^{+2} veya Sr^{+2} gibi ağ modifikasyon katyonları cam ağı içindeki alüminyumun yapısal rolünü büyük ölçüde etkileyeceğinden bu oranın bunlardan ayrı olarak hesaplanmaması gerektiğini de belirtmişlerdir (42).

Asıl iyon salabilen camlar $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaF}_2\text{-AlPO}_4\text{-Na}_3\text{AlF}_6$ bileşiminden oluşmaktadır (Tablo 2.1). Bu konuyla ilgili bir çalışmada, Wilson ve McLean'ın yaptığı bir çalışma değerlendirilmiş ve cam iyonomer simanlarda $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ oranının 1:2 veya bu orandan daha fazla olması gerektiği, F içeriğinin ise %23'e kadar çıkartılabileceği bilgisi edinilmiştir. Son dönemde ticari ürünlerde cam iyonomer siman içerisindeki sodyum

miktarı artırılıp florid miktarı azaltılmaktadır. Ayrıca Sr, Ba ve Zn içeren camlarda kullanılmaya başlanmıştır. Cam içeriğinde yapılan değişikliklerin etkisi tartışılmış ve önemli iki tane modifikasyon tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi çalışma süresi artırılması ve sertleşme sırasında su duyarlılığının azaltılmasıdır. İkincisi ise gümüş, altın, platin veya paladyum gibi metal tozlarıyla karıştırılıp camın güçlendirilmesidir. Bu karışımın aşınma direncinin daha yüksek olduğu iddia edilmiştir (37).

Tablo 2.1. İyon salabilen camlar ve siman içerisindeki oranları

	Bileşikteki oran	Kütlesel oran (%)
SiO ₂	41.9	35.2
AlO ₃	28.6	20.1
AlF ₃	1.6	2.4
CaF ₂	15.7	20.1
NaF	9.3	3.6
AlPO ₄	3.8	12.0

2.3. Cam İyonomer Simanların Sertleşme Reaksiyonları

Cam iyonomer simanlar hidrofilik yapıdadır. Yani su içermektedir ve sertleşmeleri asit-baz reaksiyonu sonucunda meydana gelir. Karıştırıldıktan sonra 2-3 dakika içerisinde cam iyonomer simanlarda sertleşme reaksiyonu başlar. İlk basamak, cam parçacıklarının yüzeyindeki poliasitin hidratlanmış protonlarla bir reaksiyonudur. Bu, Na⁺ ve Ca⁺² (veya Sr⁺²) gibi iyonların camdan poliasit solüsyonuna hareket etmesine ve ardından Al⁺³ iyonlarının ilerlemesine neden olur. Bu iyonlar daha sonra iyonik çapraz bağlar oluşturmak için poliasit molekülleri ile etkileşime girer ve simanın çevresinde çözünmez bir iskelet oluşturur. Sertleşme reaksiyonu esnasında suyun tamamı siman içerisine dahil olur ve faz ayrımı meydana gelmez (36).

Sertleşme reaksiyonu ile ilgili yapılan çalışmalar, poliasitin cama hücum edip katyon iyonlarını serbest bıraktığı ve bu katyonların polianyonlar ile reaksiyona girerek polisilat matriksini oluşturduğunu göstermiştir. Nihai materyal ise bu matrikste gömülü kalmış, reaksiyona girmemiş cam parçacıklarını içerir. Cam iyonmer siman içerisine farklı materyallerin ilave edilmesiyle sertleşme reaksiyonunda bazı değişikliklerin olması mümkündür. Tartarik asitin bu ilave edilen materyallere en iyi örnek olduğu gösterilmiştir. Çünkü hem çalışma zamanını uzatmış hem de son sertleşmeyi hızlandırmıştır (43).

2.3.1. Geleneksel cam iyonmer simanların sertleşme mekanizması

Bir proton verici olarak poliakrilik asit ile bir proton alıcısı olarak alüminosilikat cam arasında bir asit-baz reaksiyonu oluşur. Asit, cam bağları yok eder ve Al^{+3} , Ca^{+2} , Na^{+} gibi katyonların serbest kalmasını sağlar. Bu katyonlar karboksilat polimer tarafından sıkıştırılır ve şelatlanır, sonuçta polimer ağında çapraz bağlar üretilir ve sert bir polisilat matrisi oluşturulur (44).

Silikat camları, yapısında bulunan Si-O-SiO-O iyonlarının arasındaki kovalent bağın güçlü olması sebebiyle asit ataklarına karşı dirençlidir. Bununla beraber cam, silikatın iyonik özelliğini arttırarak simanı asit ataklarına karşı daha hassas hale getirir. Siman içerisinde bulunan alüminosilikat camların reaktivitesi Al:Si oranına bağlıdır ve bu oran simanın oluşumunda ve sertleşmesinde önemli etkiye sahiptir. Cam iyonmer simanların sertleşme reaksiyonları 4 aşamada gerçekleşmektedir (45);

1- Cam tozlarının ayrışması: Cam partiküllerinin yüzeyine asit atağı olur, metalik katyonlar çözelti içerisine salınır ve partiküllerin üzerinde silikat jel tabası meydana gelir (46).

2- Jelleşme: Katyon konsantrasyonundaki artış ile çözeltinin pH değeri yükselir ve bunun sonucunda da karboksilik asit daha yüksek oranda iyonlaşır. Belirli bir noktaya gelindiğinde, zayıf iyonik çapraz bağlar ve hidrojen bağlarının oluşumu ile bir jel yapı meydana gelir. İyonizasyonun artması sonucunda polimer zincirdeki karboksilat grupları şarj olup birbirlerini iter ve böylece zincir açılarak daha düz bir konfigürasyon elde edilir. Metalik katyonların karboksilat gruplarıyla reaksiyonunun devam etmesi, viskozitede bir artışa neden olur (46).

3- *Sertleşme*: Metalik katyonların salınması sonucu çapraz polimer zincirlerinin oluşması, simanın sertleşmesini sağlar. Nihai materyal, çapraz bağ içeren ve polisat matriks ile çevrelenmiş reaksiyona girmemiş cam patriküllerinden oluşur (46).

4- *Olgunlaşma*: Reaksiyon sertleşme olduktan ve bağ kuvvetleri arttıktan sonra da devam eder. 24 saat sonra iyi bir mukavemete ulaşılsa bile katyonların asite karşı difüzyonu ile bağ kuvvetinin artması birkaç ay daha devam eder (46).

2.3.2. Tartarik asitin sertleşme reaksiyonuna etkisi

Tartarik asitin ilave edilmesi sertleşme süresini uzatarak simanın daha kolay ve daha iyi manüple edilmesini sağlar. Tartarik asitin yüksek ve güçlü asiditesi sayesinde cam partiküllerinin yüzeyel tabakası çözünür ve böylece metalik katyonlar özellikle de alüminyum iyonları daha hızlı bir şekilde serbest kalır. Serbest kalan alüminyum iyonları ile tartarik asit arasında bir kompleks oluşur. Böylece alüminyum iyonları poliasit ile hemen reaksiyona girmez, sertleşme reaksiyonu geciktiği için çalışma süresi uzar. Tartarik asit içerisinde bulunan -COOH ve -OH'ın metalik katyonlar ile çift bağ yapmasına yardımcı olarak sertleşme reaksiyonunun da daha belirgin hale gelmesini sağlar (44, 45).

2.3.3. Suyun sertleşme reaksiyonuna etkisi

Su cam iyonomer simanın temel bileşenlerinden birisidir ve sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesinde çeşitli rolleri vardır. Su, polimerik asitin çözücüsüdür ve polimerin proton salınımına izin vererek asit gibi etki etmesini sağlar. Cam iyonomer simana su ilave edilmesi simanın translüsentliğinde artış meydana getirmektedir. Simanda bulunan sıkı bağlı su oranı ilk ay içerisinde artış gösterir. Bağlanmamış su ise yeni yerleştirilen siman yüzeyinden kaybolur ve siman üzerinde mikro çatlaklar oluşturarak tebeşirimsi kötü bir görüntü meydana getirir (36). Sیمانın erken dönemde suya maruz kalması fiziksel ve mekanik özelliklerini zayıflatarak dayanıklılığını ve erozyona karşı direncini azaltır. İyonik çapraz bağların özelliklerinin değişmesi ve matriks yapısının oluşumu ilk 24 saat içerisinde meydana geldiği için özellikle bu safhada simanın sudan korunması gerekmektedir. Bu sebeple siman yüzeyinin uygun bir vernik ile kaplanması simanın korunması için önemlidir (46, 47).

2.4. Cam İyonomer Simanların Özellikleri

Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini, toz: sıvı oranı, poliakrilik konsantrasyonu, cam tozunun partikül büyüklüğü ve simanın nasıl hazırlandığı etkilemektedir. Cam iyonomer simanlar için belirlenen ISO standardı (Tablo 2.2), belirli fiziksel özelliklerin sağlanması için minimum değerler verir (36).

Tablo 2.2. Cam iyonomer simanlar için belirtilen ISO standartları.

Özellik	Yapıştırma Simanı	Restoratif Siman
Sertleşme süresi /dak	2.5 – 8	2-6
Baskı dayanımı / MPa	70 (minimum)	100 (minimum)
Asit aşınması(maksimum) / mm h ⁻¹	-	0.05
Opaklık, C	-	0.35 – 0.90
Asit Çözülebilirliği / mg kg ⁻¹	2	2
Asit Çözülebilirliği / mg kg ⁻¹	100	100

2.4.1. Florür salınımı özelliği

Florür salınımı, cam iyonomer simanların önemli avantajlarından biri olarak kabul edilir. Bu özellik çok uzun süreler boyunca korunabilir. İlk hızlı salınım “early burst” olarak ifade edilir ve bunu takiben sürekli, düşük seviyeli salınım olur (36). Cam iyonomer simanlarda florür salınımı asidik koşullarda artar. Aynı zamanda cam iyonomer simanlar, dış ortamın pH'sını artırarak ortamın asiditesini de azaltabilir. Bu işlem tamponlama olarak adlandırılır ve dişi çürük oluşumuna karşı koruyabileceği için klinik olarak önemlidir (48). Hidroksiapatitin, başka herhangi bir kimyasal türle bileşik oluşturup oluşturmadığına bakılmaksızın, florürü almak için asidik şartlarda cam iyonomer simanlar ile reaksiyona girdiği gösterilmiştir. Bu bulgular, asit-iyonemler

tarafından asidik koşullarda artan miktarda florür salınımının, dişin mineral fazına verilen florür miktarını arttıracakını göstermektedir (36).

Florür salınımı genellikle klinik olarak faydalı olarak kabul edilir. Ancak, bunu desteklemek için henüz ikna edici kanıt yoktur. Dental sert dokulara sürekli olarak düşük seviyeli bir florür destediğinin yararlı olduğu bilinmektedir (49). Hicks ve arkadaşları yaptıkları çalışmada milyonda bir konsantrasyonda florürün dentin demineralizasyonunu ölçülebilir bir miktarda inhibe edebileceğini bildirmiştir (50). Ayrıca yapılan bir başka çalışmada florür salınımının, sert dokuların soğuk yiyecek ve içeceklere karşı aşırı duyarlılığını da azaltabileceği ve cam iyonomer simanlardan salınan florür miktarının bunun için yeterli düzeyde olduğu belirtilmiştir (51).

2.4.2. Adezyon özelliği

Cam iyonomerlerin diş yüzeyine adezyonu önemli bir klinik avantajdır. Çünkü simanın dişe tutunmasına yardımcı olur ve ayrıca marjinal sızıntıyı azaltır veya ortadan kaldırır. Böylece zararlı mikroorganizmaların restorasyon altındaki alana girmesini engelleyerek sekonder çürük oluşumunu önler (36). Cam iyonomer simanların içeriğinde bulunan poliakrilik asitin veya ilgili polimerlerin simanın adezyonunu arttırdığı bilinmektedir. Son bağlanma kuvvetinin yaklaşık % 80'i ilk 15 dakika içinde elde edilir ve artarak devam eden bu bağlanma kuvveti hızlı bir şekilde gelişir. Kollojenlerin ise bağlanmada rolü yoktur (36, 52). Tedavi edilmemiş mine ve dentinde cam iyonomer simanların gerilme kuvveti oldukça iyidir (53). Mine üzerindeki bağlanma değerleri 2.6 ile 9.6 MPa arasında ve dentin üzerindeki değerler ise 1.1 ile 4.1 MPa arasında değişmektedir. Bağlanma kuvvetleri tipik olarak dentine göre minede daha yüksektir, bu da adezyonun mineral faza doğru gerçekleştiğini göstermektedir (52). Adezyon birkaç aşamada gerçekleşir. İlk olarak, yeni hazırlanmış simanın kaviteye uygulanması, diş yüzeyinin düzgün bir şekilde ıslanmasını sağlar. Adezyon daha sonra hızlı bir şekilde gelişir, çünkü simanın serbest karboksil grupları ile diş yüzeyindeki bağlı su arasında hidrojen bağları oluşur. Bu hidrojen bağları yavaşça dişteki katyonlar ve simandaki anyonik fonksiyonel gruplar arasında oluşan gerçek iyonik bağlarla değiştirilir. Sonuç olarak diş ile siman arasında iyon değişim tabakası meydana gelir. Ayrıca kızılötesi spektroskopi ile gösterildiği gibi poliakrilik asit ve yüzey karboksilat grupları arasında güçlü bağların oluşma olasılığı vardır (36). Meerbeek ve arkadaşlarının cam iyonomer simanların uygulandıkları yüzeyle aralarında meydana gelen adezyonu mekanik yönden

değerlendirdikleri çalışmada diş yüzeyine 10-20 sn süreyle %20'lik poliakrilik asit çözeltisi uygulayıp yıkanmıştır. Bu uygulamayla diş yüzeyi üzerinde bulunan smear tabakasının temizlendiğini, dentin tübüllerinin açıldığını ve diş yüzeyinin kısmen mineral yapısından arındığını görmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda da dişte yüzey alanının arttığını ve bu sayede mikro-mekanik bağlanmanın oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla cam iyonomer simanların adezyonu, birbiriyle ilişkili iki olguya dayandırılmaktadır:

1. Cam iyonomer simanların poliakit bileşeninden dolayı kendiliğinden aşındırma sonucu oluşan mikro-mekanik bağlanma.
2. Gerçek kimyasal bağlar. Bu, diş yüzeyindeki poliasit molekülleri ve kalsiyum iyonları üzerindeki karboksilat grupları arasında oluşan iyonik bağları içerir (54).

Yapılan çalışmalar cam iyonomer simanlarda meydana gelen başarısızlığın adezyonun olduğu bağlantı yüzeyinde değil, simanın kendi içinde olduğunu göstermiştir (54). Sonuç olarak, deneylerde elde edilen bağlanma kuvveti değerleri, aslında adeziv bağ direncinin değil simanın gerilme direncinin ölçümleridir. Bu dayanıklılık yeni hazırlanmış örneklerde nispeten daha düşüktür, ancak simanlar olgunlaştıkça artar (36).

2.4.3. Biyoaktivite özelliği

Cam iyonomer simanlar doğal olarak biyoaktiftir, çünkü kısmen biyolojik olarak aktif iyonları (florür, sodyum, fosfat ve silikat) çevredeki sulu ortamlara biyolojik olarak yararlı oldukları seviyelerde bırakırlar. Asidik koşullarda, bu iyonlar nötr koşullardan daha büyük miktarlarda salınır. Ayrıca, nötr solüsyonlarda nispeten çözünmeyen bileşiklerde kalsiyum veya stronsiyum salınır (48). Serbest bırakılan iyonların çeşitli biyolojik rolleri vardır. Fosfat, dişin mineral fazıyla dengede bulunur. Silikat, kristal geometrisini olumsuz bir şekilde etkilemeden dişin hidroksiapatitine dahil edilebilir ancak bunun klinik şartlarda dişlerin mineral fazıyla yapılıp yapılamayacağı açık değildir. (55). Kalsiyum, birçok biyolojik kullanımı olan önemli bir mineral elementtir. Ağız içinde hidroksiapatitin ana kaynağıdır ve hafif asidik koşullar altında dişin remineralizasyonunu teşvik eder. Adezyon kuvveti ile bağlantılı olarak iyon değişimi dental dokular için de geçerlidir. Zamanla asit saldırısına karşı dirençli, iyon bakımından zengin bir tabaka oluşur. Bu sebeple cam iyonomer

simanlarda nadiren sekonder çürükler görülmektedir. Ayrıca cam iyonomer simanlar iyon alabilme yeteneğine de sahiptir. Tükürükten kalsiyum ve fosfat iyonlarını alarak daha sert bir yüzey oluştururlar (56).

2.5. Cam İyonomer Simanların Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları

2.5.1. Cam iyonomer simanların kullanım şekillerine göre sınıflandırılması

1- Tip I; yapıştırma simanları: Kron, köprü ve ortodontik bantların simantasyonunda kullanılmaktadır. Metal ve seramik restorasyonlar için altın standart olarak kabul edilmektedir. Cam iyonomer simanlar diş yapısına kimyasal olarak bağlanmakta, florür salınımı yapabilmesi ve yeniden şarj edilebilme özellikleriyle karyostatik etkiyi ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca genleşme katsayıları diş yapısına oldukça benzerdir. Ancak içeriğinde bulunan toz likit oranının düşük olmasından dolayı materyallerin basma ve çekme kuvvetlerine karşı dirençleri oldukça düşüktür (36, 57).

2- Tip II; restoratif cam iyonomerler; iki alt başlığa ayrılmaktadır (36)

a- Anterior bölge için

- Yüksek toz/likit oranı vardır (en az 3:1)
- Translüsensi ve renk uyumu iyidir
- Vernik ile en az 24 saat nemden korunması gerekmektedir
- Genellikle radyoopaktır

b- Posterior bölge için

- Genellikle yüksek toz/likit oranı vardır (3:1 veya 4:1)
- Hızlı sertleşir ve neme karşı dayanıklıdır
- Radyoopaktır

3- Tip III; liner veya kaide olarak kullanılan simanlar: Radyoopak yapıdadır. Liner olarak kullanılacak simanlarda boşluklara iyi adaptasyon sağlayabilmeleri açısından toz/likit oranı düşüktür (1,5:1). Kaide materyali olarak kullanılacak simanlarda ise toz/likit oranı daha yüksektir (3:1) (36).

2.5.2. Cam iyonomer simanların içeriğine göre sınıflandırılması

1- Geleneksel cam iyonomer simanlar; sertleşmesi asit-baz reaksiyonu ile gerçekleşen florür salınımı yapabilen dental materyallerdir. Diş hekimliğinde en çok kullanılan siman grubudur (58).

2- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS); geleneksel cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini arttırmak için içerisine rezin ilave edilmiştir (35). Rezin modifiye cam iyonomer simanlar %20 rezin ve % 80 cam iyonomer siman içermektedir (58). Fiziksel ve mekanik özellik bakımından geleneksel cam iyonomer simanlarla kompozit rezinler arasında bulunmaktadır. RMCİS'in sertleşme mekanizması iki aşamalıdır. Sertleşmesi hem asit-baz reaksiyonu ile hem de içeriğinde bulunan hidroksietilmetakrilatın (HEMA) ışıkla polimerizasyonu ile gerçekleşmektedir. Çalışma süresinin daha uzun olması ve ışıkla sertleşebilme özelliklerinden dolayı RMCİS'ler geleneksel cam iyonomer simanlardan daha avantajlıdır (20).

3- Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS); geleneksel cam iyonomer simanların; toz/likit oranı artırılarak elde edilmiştir. Böylece yüksek viskoziteli cam iyonomerlerin posterior bölgede kompozit ve amalgama alternatif bir restoratif materyal olarak kullanılması amaçlanmıştır. Geleneksel cam iyonomer simanlarda toz/likit oranı yaklaşık olarak 3:1 iken yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlarda bu değer 6:1 veya 7:1 oranındadır (59). Geleneksel cam iyonomer simanlara göre yüzey sertliği, aşınma direnci, basma ve eğme dayanımı gibi özellikleri artırılıp, çözünürlük özelliği azaltılmıştır. Sertleşme mekanizmaları ise geleneksel cam iyonomer simanlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca bu simanlar florid salınımı ve biyouyumluluk açısından da geleneksel cam iyonomer simanlara benzemektedir (60).

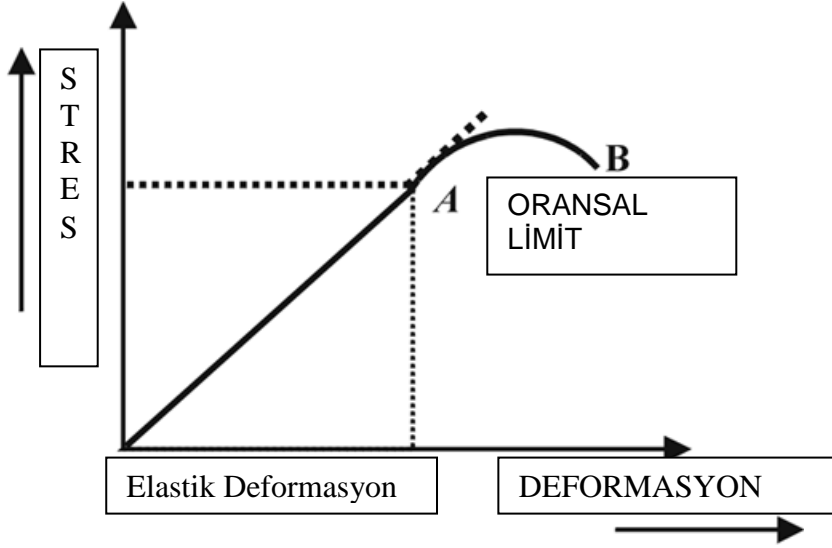
Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan çinko ve cam hibrit içerikli cam iyonomer simanlarda YVCİS grubundadır. Kullandığımız simanlardan birisi olan ChemFil Rock'ta simanın fiziksel ve mekanik özelliklerini güçlendirmek için toz kısmına çinko ilave edilmesiyle meydana getirilmiştir. Yapılan literatür incelemelerinin bir kısmında çinko ilavesinin, simanın antikaryojenik özelliğini arttırdığı, bir kısmında da fiziksel özelliklerini güçlendirdiği yönünde bulgular vardır. Ayrıca simana ilave edilen çinkonun reaktiviteyi arttırması, sertleşme sırasında oluşan çinko oksitin ağ modifikasyonuna neden olarak Si-O-Si bağına bozması ve camın asit ataklarına daha

çok maruz kalmasına neden olması da materyalin mekanik özelliklerini arttırmaktadır. Çinkonun sertleşme reaksiyonunun daha erken dönemde başlaması ve çinkonun poliasitler ile yaptığı bağın alüminyumun poliasitler ile yaptığı bağa benzer dayanıklılıkta olması çinko içerikli cam iyonomer simanların mekanik özelliklerinin güçlü olmasına sebep olmuştur (61). Zoergiebel ve Ilie geleneksel cam iyonomer simanları karşılaştırdıkları çalışmalarında çinko içerikli cam iyonomer siman olan ChemFil Rock'ın makromekanik özelliklerinin diğer simanlardan daha iyi, mikromekanik özelliklerinin ise daha kötü olduğunu bildirmişlerdir (62). Molina ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada ise EQUIA sistemin gerilme, sıkışma ve esneme dayanımı açısından ChemFil Rock'tan daha üstün olduğunu belirtmişlerdir (63). Bir diğer siman ise son zamanlarda, arka bölgede kullanılmak üzere tasarlanmış, yeni geliştirilmiş yüksek viskoziteli cam iyonomer siman olan EQUIA Forte'dir. Bu simanlarda dayanma gücü artırılarak aşınma miktarları düşürülmüştür. Özellikle çürük oranı yüksek bireylerde kompozit restorasyonlara alternatif olarak sunulmuştur (64).

2.6. Restoratif Materyallerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

2.6.1. Gerilme direnci

Bir cismin birbirine zıt iki kuvvete maruz kalması sonucunda gerilim meydana gelir. Malzemenin bu kuvvete direnci 'çekme direnci' olarak adlandırılır. Bir cisme gerilme kuvveti uygulanmasıyla cisim boyutsal değişikliğe uğrar. Kopmadan hemen önce meydana gelen bu değişiklik uzama olarak adlandırılır. Çekme direncinin nominal değeri, yük ve kesit alanı (Kgf / cm^2) denklemiyle belirlenir. Gerilme testi altında değerlendirilen materyalin baskı gerilme değerini belirleyen eğri Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Bu eğride materyalin elastiklik modülü, en yüksek gerilme kuvveti, esnekliği ve dayanıklılığı da gösterilmektedir (65).



Şekil 2.2. Örnek malzeme için gerilme-uzama eğrisi: Oransal limit (A), elastik deformasyon (A noktası) ve plastik deformasyon (A ve B noktaları arasında). B noktası, gerilme koşulu altında malzemenin kopma anını temsil eder.

2.6.2. İndirekt gerilme testi

Kırılma terimi, materyallerin düşük gerilim altında kırılma eğilimine olan duyarlılığını ifade etmek için kullanılır. Alternatif bir çekme metodu testi ise sıkıştırıcı kuvvetler ile yapılır. Bu basit ve tekrarlanabilir bir yöntemdir ve çapraz baskı veya indirekt gerilme testi olarak adlandırılır. Testin yapılması için örnek disk numuneler gerekir. Diskler üzerine uygulanan kuvvet ile ölçüm yapılır ve şu şekilde formülize edilebilir; (65)

$$2 P / \pi \times D \times T$$

P = uygulanan yük,

D = diskin çapı,

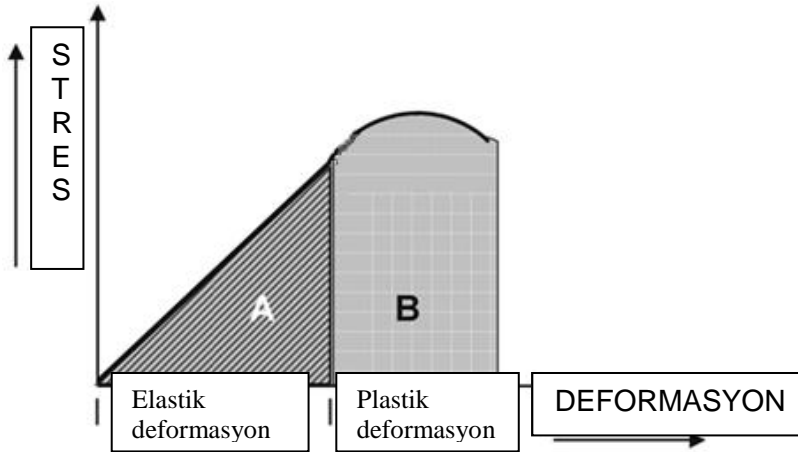
T = diskin kalınlığı,

π = sabit değer

2.6.3. Basma dayanımı

Materyal kendisini sıkıştırmaya yönelik bir dış kuvvet ile karşı karşıya kaldığında buna tepki olarak bir iç kuvvet uygular. Bu kuvvet yük gelmeye başladığı andan itibaren

oluşmaktadır. Basma dayanımı materyalin mekanik olarak güvenilirliğinin ölçüldüğü bir testtir. Diş hekimliğinde bu test porselenlerin, simanların ve amalgamın dayanıklılığını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Testin yapılması hassas bir çalışma gerektirir çünkü örnek ile test cihazı arasındaki yüzey düzgün olmadığında lokalize stres alanları oluşmakta ve bu da güvenilirliği olumsuz etkilemektedir. Doğal olarak çiğneme esnasında bir yük uygulanmaktadır ve uygulanan bu yük altında materyallerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu test baskıya maruz kaldığında daha düşük kırılma direnci gösteren materyallerin ölçümü için daha uygundur. Sıkıştırma kuvvetlerine karşı daha dirençli materyallere ‘malleable’ (dövülebilir) materyaller denir. Basınç uygulanacak materyallerin ISO 991711'e göre silindirik olması gerekmektedir (66). Basma dayanımı testi uygulanan materyallerde meydana gelen elastik ve plastik deformasyon ise Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. İşaretili alanlar materyalin elastikiyetini (A) ve dayanıklılığını (A+B) göstermektedir

2.6.4. Eğilme dayanımı

Bir materyalin kırılmadan önce eğilmeye ne kadar dirençli olduğunu gösteren parametredir. Eğilme kuvvetleri klinik durumlarda ortaya çıkan bir sonuçtur. Materyaller bükülme ve bükülme direncine ihtiyaç duyarlar. Dental materyaller çiğneme kuvvetlerinin altında devamlı bir deformasyona maruz kalacakları için bükülme dirençlerinin fazla olması istenir. Materyallerin bükülme dayanımlarının ölçülmesi için genellikle ISO 9917 – 212 standardına uygun örnekler kullanılmaktadır.

Örnekler iki destek üzerine yerleştirilerek üzerlerine yük uygulanır (Şekil 2.4). Bu test üç nokta bükme testi olarak adlandırılır ve sonuç şu formülle hesaplanır; (66)

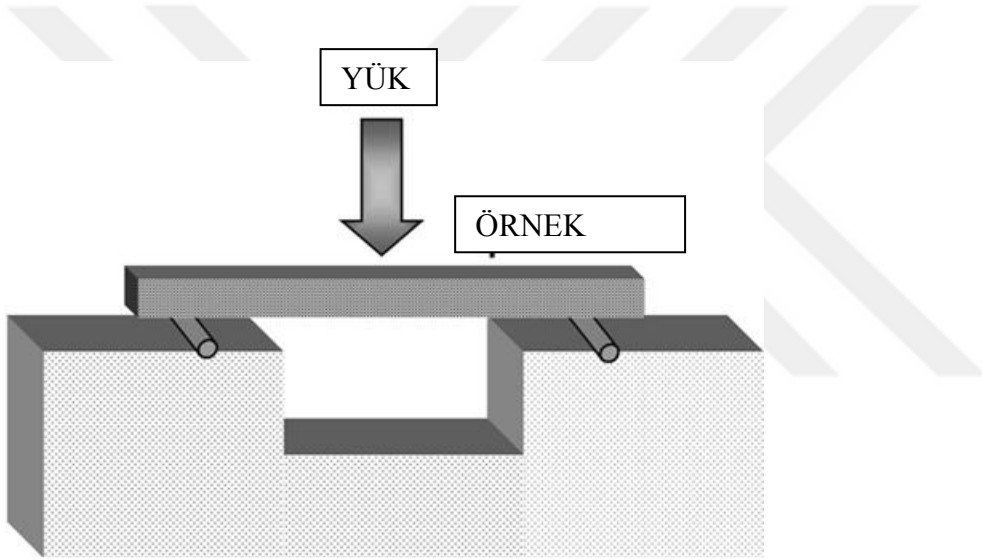
$$3Pl / 2bd^2$$

P = Kırıldığındaki yük,

l = Desteklerin mesafesi,

b = Numunenin genişliği,

d = Numunenin kalınlığı.



Şekil 2.4. Eğilme dayanımı testinin şematik görüntüsü

2.6.5. Sertlik testi

Yüzey sertliği, plastik deformasyon ve malzeme yüzey direncini değerlendirmek için sıklıkla kullanılan bir parametredir (65). Mikrosertlik bir materyalin üzerine uygulanan kuvvete karşı olan direnci olarak tanımlanır ve restoratif materyalin klinik başarısını önemli ölçüde etkiler. Bir materyalin mikrosertliği aşınma ve çizilmeye karşı direncini artırır. Aynı zamanda çeşitli kuvvetlere karşı materyalin deforme olmasını da engellemiş olur. Cam iyonomer simanların mikrosertliği özellikle materyalin sertleşme şeklini ve sertliğini değerlendirmek için ve farklı yapıda cam iyonomer simanların kendi

aralarında veya diğer restoratif materyallerle karşılaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır (67).

Ağız içerisinde birçok etkiye maruz kalan restoratif materyaller eğer yüksek yüzey sertliğine sahipse bu etkilere karşı daha dayanıklıdır. Ancak yüzey sertliği düşükse daha kolay aşınır (68).

Sertlik; maddenin kütle, uzunluk ve zaman birimleri gibi tanımı belirli olan bir özelliği değildir. Sertlik değeri bir ölçüm prosedürü sonucu tespit edilmektedir. Sertlik değeri, belirli bir süre içerisinde belirlenmiş bir uç ile belirli bir kuvvet uygulanması sonucu bıraktığı girinti derinliğini veya alanını ölçerek bulunmaktadır. Bir malzemenin sertliğini ifade etmek için yaygın olarak dört farklı test metodu kullanılmaktadır. Bunlar; Brinell, Rockwell, Knoop ve Vicker's sertlik testi yöntemleridir (65).

Tanım olarak, sertlik, bir maddenin çizilmeye karşı koyma kabiliyetinin bir ölçümüdür. Sertlik değerleri, bir malzemenin çizilmeye ve aşınmaya karşı direncini, bitim ve parlatma işleminin göreceli kolaylığını belirtmek için kullanılmıştır. Bileşikteki dolgu maddesi içeriğinin artırılmasının, daha fazla yüzey sertliği ile ilişkili olduğu söylenebilir (69).

1-Brinell sertlik testi:

Brinell sertlik testi malzemeye 10 mm çapında sertleştirilmiş çeliğin veya karbür bir bilyenin belirli bir kuvvet ve süreyle örnek yüzeyine uygulanması metodudur. Daha sonra yüzeyde meydana getirilen kalıcı izin ölçülmesi esasına dayanır. Yüzey sertliğini ölçmek için kullanılan en eski metottur ve genellikle metalleri test etmek için kullanılmaktadır (65) .

2-Rockwell sertlik testi:

Rockwell sertlik testinde malzeme üzerinde girinti oluşturmayı sağlayacak elmas konik bir uç veya sertleştirilmiş çelikten bilyeler bulunmaktadır. Rockwell sertlik deneyinde standart bir batıcı uç genelde 10 kg gibi bir yük ile malzeme yüzeyine bastırılır ve oluşan izin dip noktası başlangıç noktası olarak alınır. Bunun amacı numune ile uç arasındaki kesin teması sağlamak ve ölçü düzenindeki boşlukları gidermektir. Bu yöntem diş hekimliğinde kullanılan plastik materyallerin yüzey sertliğinin

değerlendirilmesinde fayda sağlar. Ancak yöntem uzun ve zordur, oluşturulan izlerin kaybolma riski vardır (65).

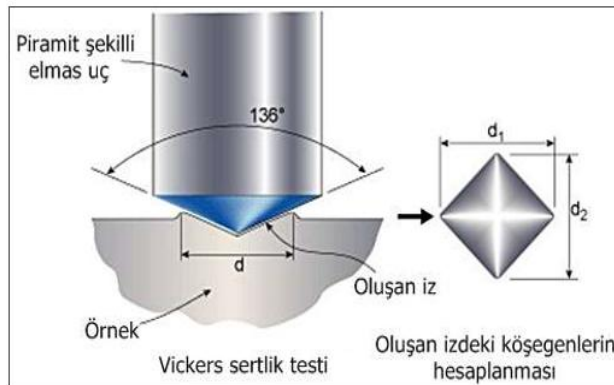
3-Knoop sertlik testi:

Knoop sertlik testi ile bir malzemenin göreceli mikrosertliği ölçülür. Knoop testi malzemenin yüzey özelliklerine daha duyarlı şekilde çalışır. Tepe açısı 130° ve 173° olan piramit şeklinde elmas bir uç ile sertliği ölçülmek istenilen malzemeye baskı uygulanır. Birbiri arasındaki oran 7:1 olan iki ayrı iz oluşturulur. Malzemelerin sertlik ölçümlerinde ise en uzun köşegenler kullanılır. Knoop deneyi, cam ve seramik gibi malzemelerin sertliğinin test edilmesini sağlar. Malzeme üzerine uygulanan yük genellikle 1 kgf'den daha azdır (65).

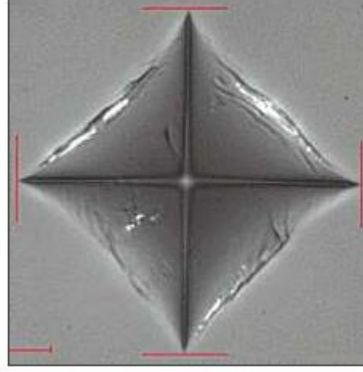
4-Vickers sertlik testi:

Vickers sertlik testinde, 136° 'lik piramit şeklinde elmas bir ucun düz bir tabana birbirlerine zıt olarak uyguladığı kuvvet neticesinde test materyali üzerinde çentik meydana gelir (Şekil 2.5 ve Resim 2.1). Kuvvet kaldırıldıktan sonra materyalin yüzeyinde meydana gelen girintinin köşegenleri ölçülür ve ortalaması alınır, girintinin eğimli yüzey alanı hesaplanır.

Vickers testi Knoop'a göre yüzey koşullarına karşı daha hassas ölçümler yapar ancak yüzey hatalarına karşı da daha hassastır. Vickers sertlik ölçümlerinde Knoop sertlik ölçümüne göre daha fazla kuvvet uygulanır, böylece uygulanan kuvvet materyalde yaklaşık iki katı daha fazla derine nüfuz eder (65).



Şekil 2.5. Vickers sertlik testi uygulaması



Resim 2.1. Vickers sertlik testinin bıraktığı iz

Sertlik testleri diş hekimliğinde oldukça sık kullanılan test yöntemlerinden biridir. Bu test diş tabakalarının mineralizasyon derecelerinin değerlendirilmesinde, dişe uygulanan demineralizasyon-remineralizasyon çalışmalarında ve diş tedavilerinde kullanılan materyallerin sertliklerinin ölçümünde kullanılabilir (65).

2.6.6. Yüzey pürüzlülüğü

Restorasyonlarda pürüzsüz bir yüzey, plak birikimine bağlı sekonder çürük oluşumunun ve restorasyonlarda meydana gelebilecek renk değişikliklerinin engellenmesi açısından önemlidir (70, 71). Restorasyonların klinik başarısı ve ömrünün uzun olması açısından restoratif materyallerin yüzeylerinin pürüzsüz olması önem taşımaktadır. Bakteri tutulumu pürüzlü yüzeylerde daha fazla olmaktadır, pürüzlülüğün artmasıyla plak birikimi de artar ve bu durum yüzeyde lekelenmelerin meydana gelmesine sebep olur (72, 73). Renk stabilitesi restorasyonların başarısı için önemli bir kriterdir (74). Yapılan çalışmalarda, bakteri retansiyonu için kritik ortalama pürüzlülük değerinin 0.2 μm olduğu ve pürüzlülük miktarı bu değerin üzerine çıktığı zaman çürük ve periodontal hastalık için daha fazla risk meydana getirdiği belirtilmektedir. Yüzeyde bulunan düzensizliklerin, bakterileri diş yüzeylerinin makaslama etkisinden kurtararak mine ile daha fazla temasa geçip, koloni oluşturması için onlara zaman kazandırdığı düşünülmektedir (75, 76). Bir ölçüm mesafesinde bulunan, yükseklik ve derinlik olarak belirlenmiş tüm yüzey düzensizlik değerlerinin aritmetik ortalaması (Ra) alınarak yüzey pürüzlülüğü değeri belirlenmektedir (77).

2.6.7. Su emilimi ve suda çözünürlük

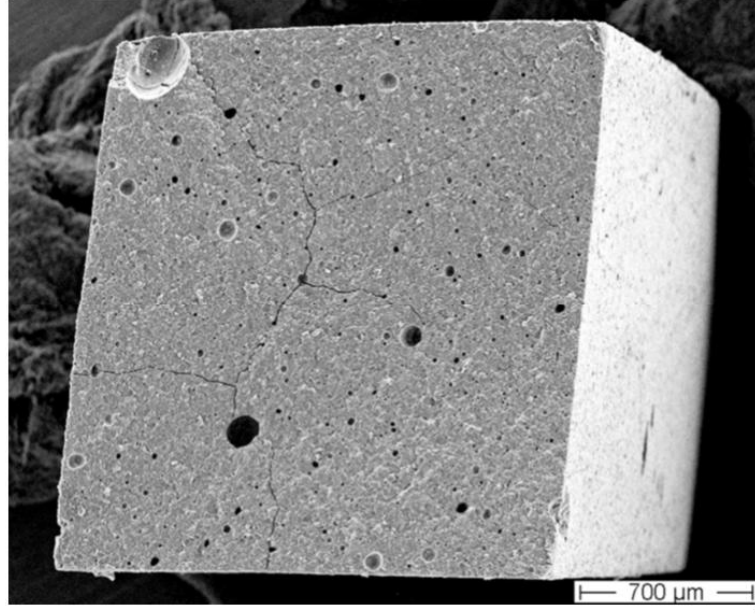
Restoratif materyallerin su emilimi ve suda çözünürlük özelliği direk olarak materyal seçimini etkiler. Aynı amaç için hazırlanan restoratif materyallerden suya dayanıklılığı daha fazla olan daha çok tercih edilir. Restoratif materyallerin suda çözünürlülüğü materyalin bozulmasına, biyoyumluluğunun azalmasına, boyutsal değişikliğe uğramasına, marjinal bütünlüğünün bozulmasına, estetiğin kaybına ve dolayısıyla başarısız bir restorasyona sebep olur (78, 79). Ayrıca yapılan çalışmalarda yüksek miktarda su emiliminin eğilme direnci ve mikrosertlik gibi özellikleri etkileyerek materyalin mekanik stabilitesini de bozduğu rapor edilmiştir (80, 81).

2.7. Cam İyonomer Simanların Güçlendirilmesi

2.7.1. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi ile ilgili çalışmalar

1- Porozitenin azaltılması:

Cam iyonomer simanların mekanik özellikleri mikro yapılarıyla doğrudan ilişkilidir. Partikül boyutu, porozite dağılımı, toz/sıvı oranı ve çeşitliliği, cam partiküllerinin büyüklüğü karıştırma şekillerindeki farklılıklar materyalin direncini önemli ölçüde etkilemektedir (25, 82). Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilen porozite miktarı ve boyutu karıştırma şeklinden oldukça etkilenir (Resim 2.2) (25, 83). Elde spatül ile karıştırılan simanlarda porozite değeri yaklaşık %3,5 iken vakum altında yüksek hız ile karıştırılan simanlarda porozitenin yaklaşık 1/3 oranında azaltıldığı ve dolayısıyla direncin %39 oranında arttığı belirtilmiştir. Ayrıca otomatik olarak karıştırılmış kapsül formda cam iyonomer simanlar hem daha kolay çalışma imkanı sağlar hem de simanın daha homojen bir yapı almasına da yardımcı olur. (84, 85). Bununla birlikte simanların viskozitesindeki azalmanın porozitenin artmasına neden olduğu belirtilmiştir (86).



Resim 2.2. Ticari bir kapsül CİS te tipik porozite boyutu dağılımı

2- İkinci faz parçacıkla güçlendirme:

Simanların direncini ve sertliğini arttırmaya yönelik ortaya çıkan fikirlere birisi de cam iyonomer simanların matrisine metalik parçacıkların ilave edilmesidir. Klinik kullanımın ilk dönemlerinde geleneksel AgSn amalgamı ile cam iyonomerin karıştırılması (1:1 oranında) yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ancak yapılan klinik çalışmalar, posterior restoratif materyal olarak kullanılan "Sermet" [Seramik / metal] simanların dayanıklılığının ve florür salınımının konvansiyonel cam iyonomer simanlara göre daha düşük olduğunu bulmuştur (85). Ayrıca sermetlerin metal matrisi simanın bağlantısını ve estetik görünümünü de olumsuz etkilemiştir. Bu nedenlerden dolayı metal ilaveli simanlar klinik olarak kendilerine fazla yer bulamamışlardır. (87). Umut verici gelişmeler alümina, karbon, silisyum nitrür veya E-cam fibrillerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkmıştır (85).

3- Rezin modifikasyonları:

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) geleneksel cam iyonomer simanların modifiye edilmesiyle geliştirilmiştir. Rezin modifiye cam iyonomer simanların toz kısmını florealuminosilikat cam tozları, likit kısmını ise poliakrilik asit, tartarik asit, metakrilat grupları, HEMA (2-Hidroksietil metakrilat) ve %8 oranında su oluşturmaktadır(88). McLean ve arkadaşlarına göre bu materyaller fotopolimerizasyon

ile destenmekle beraber baskın bir şekilde asit-baz reaksiyonu ile sertleşmektedir (35). Geleneksel cam iyonomer simanlar ile karşılaştırıldıklarında rezin modifiye cam iyonomer simanlar daha uzun bir çalışma süresine, daha iyi bir estetik görünüme ve erken dönemde karşılaşılabilecek kuvvetlere karşı daha güçlü bir basma dayanımına sahip oldukları belirtilmiştir. Ancak erken dönemde nemli ve kuru ortamdan oldukça etkilenirler (89, 90). Bu konuda yapılan çalışmalarda RMCİS'lara yüzey koruması uygulanmasının önemi ele alınmıştır. Ribeiro ve arkadaşları üç farklı cam iyonomer simanın renklenmesini değerlendirdikleri çalışmada ışıkla sertleşen rezin içerikli kaplamanın daha başarılı sonuç verdiğini bulmuştur (91). Miyazaki ve arkadaşlarının geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini değerlendirdiği çalışmada ise simanların uygulandıktan sonra 1 saat süreyle sıvı temasından uzak kalmasının materyallerin eğilme dayanımını ve kırılma direncini arttırdığını belirlemişlerdir (92). Bununla beraber üretici firmaların talimatlarının çoğu, RMCİS'lerin yüzey korumalı veya yüzey koruması olmadan kullanılabilirliğini göstermektedir (85).

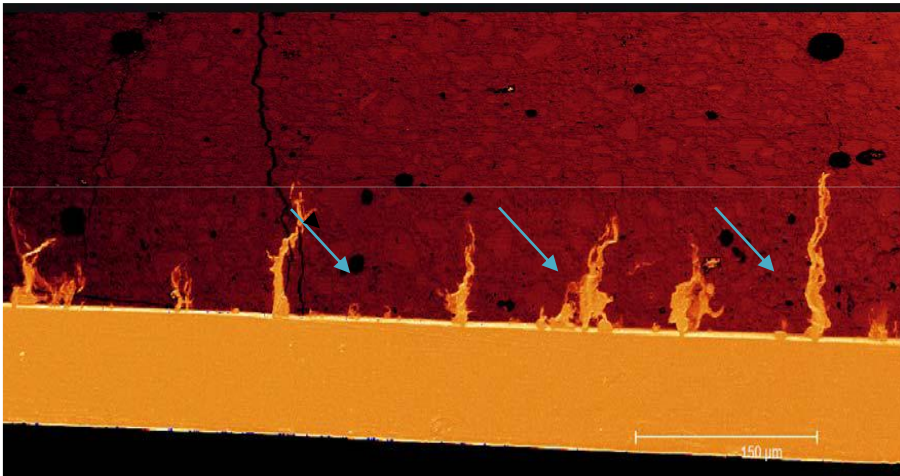
Klinik olarak değerlendirildiğinde, RMCİS CİS'e benzer endikasyonlarda kullanılmaktadır. RMCİS'ler süt dişi tedavilerinde sınıf I kavitelerde, daimi dişlerde sınıf III ve sınıf V kavitelerde restoratif materyal olarak, sandviç tekniği ile hazırlanan sınıf II kavitelerde ise liner olarak kullanılabilirler (93). Kolay uygulanabilir olması iletişim kurma güçlüğü olan çocuklarda hızlı hareket etmeyi sağlar. İçerisinde bulunan rezin sayesinde geleneksel cam iyonomer simanlarla karşılaştırıldığında kırılma direnci, aşınma dayanımı ve estetik özellikleri daha iyidir. Ayrıca neme karşı hassasiyetinde de azalma vardır (94). Geleneksel cam iyonomer simanlar gibi diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilme ve florür salabilme özelliği bu materyallerde de vardır (95). Ancak RMCİS'lerin sertleşme mekanizması asit-baz reaksiyonu ve HEMA'nın polimerizasyonu ile olmaktadır. Hidrofilik bir özelliğe sahip olan HEMA da sertleşme reaksiyonu sırasında su emiliminin artmasına sebep olarak materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Bu yüzden RMCİS'lerin sertleşme esnasında nemden uzak tutulması gerekmektedir (96).

4-Rezin kaplama:

Su kontaminasyonu ve dehidratasyon CİS'in ilk sertleşme reaksiyon evresini olumsuz etkileyerek restorasyonun fiziksel özelliklerini bozabilmektedir (82). Gemalmaz ve

arkadaşları yaptıkları çalışmada erken dönemde neme maruz kalmış CİS restorasyonların, mekanik gücünün düştüğü ve yüzeylerinin aşınmaya eğilimli olduğunu bulunmuşlardır (97). Bu dezavantajı önlemek için restorasyonun yerleştirilmesinden itibaren 2 haftaya kadar su temasından korunması gerekmektedir (82). Geçmişte kakao yağı, su geçirmez vernikler ve tırnak cilaları yüzey kaplama maddesi olarak kullanılmıştır. Bu kaplamalar bir süre sonra çiğneme kuvvetlerinin etkisiyle ortadan kalkmıştır. Ancak bu süre zarfında restorasyonlar neme karşı daha dayanıklı hal almıştır (98, 99).

Bir diğer kaplama yöntemi de polimerizasyonla kaplamadır. Hotta ve arkadaşları polimerize edilerek yapılan kaplamaların siman üzerindeki su hareketini sınırlandırdığını bulmuşlardır (100). Ayrıca, 1990 yılında ADA, geleneksel CİS restorasyonları için verniklerin veya polimerize olabilen bağlayıcı maddelerin önemini açıklamıştır. Çok düşük viskoziteli yüksek hidrofilik özelliği bulunan kendinden adezivli nano dolduruculu rezin kaplamaların mükemmel sızdırmazlık sağladığı Resim 2.3’de gösterilmiştir. Nano doldurucular materyali aşınmalara karşı korumak için tasarlanmıştır. Böylece materyal olgunlaşıp intraoral streslere dayanabilecek düzeye gelinceye kadar korunmuş olur (85). Williams ve arkadaşları yaptıkları çalışmada metalle güçlendirilmiş cam iyonomerler kullanıldığında, simanların verniklerle kaplanmasıyla direncinin önemli ölçüde arttığını ortaya koymuşlardır (10). Equia® cam iyonomer siman sistemi kullanılarak yapılmış bir çalışmada ise eğilme direncinin yüzey kapaması yapılmış örneklerde yüzey kaplaması yapılmamış örneklere göre %48 daha fazla olduğu belirtilmiştir (85).



Resim 2.3. GIC üzerindeki bir rezin kaplama tabakasının görüntüleri

5- Ultrasonik dalga aktivasyonu:

Bu konuda yapılan çalışmalarda ultrasonik dalga hareketleriyle aktive edilen cam iyonomer simanda bulunan likit ve tozun daha homojen karıştığı, bu sayede cam ve asit arasında daha fazla temas alanı oluşarak simanların mikrosertliğinin arttığı bildirilmektedir (102,103). Sonuç olarak cam iyonomer simanlara ultrasonik dalgalar ile enerji yüklemesi yapıldığında simanların hem daha dirençli hem de daha uzun ömürlü olacağı bildirilmektedir (34).

6- N- vinylcaprolactam eklenmesi:

Geleneksel cam iyonomer simanlara yapılan modifikasyonlardan biriside yapısına N- vinylcaprolactam (NVC) eklenmesidir. Moshaverinia ve arkadaşları yapmış olduğu bir çalışmada NVC eklenen cam iyonomer simanların su emiliminin ve emilime bağlı olarak flor salınımının azaldığını belirtmiştir. Ancak NVC ilavesinin yüzey sertliğine kayda değer ölçüde etki etmediği de bildirilmiştir (11). NVC eklenen cam iyonomer simanların yüzey özelliklerinin ve bağlanma dirençlerinin değerlendirildiği bir başka çalışmada ise göre NVC ilave edilen simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre hem yüzey özelliklerinin, hem de mineye ve bağlanma kuvvetlerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir (101). Moshaverinia ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada ise kırılma dayanımı ve bükülme dirençlerini incelemişlerdir ve NVC ilave edilen cam iyonomer simanların daha üstün olduğunu belirtmişlerdir (102).

7- Nanopartikül eklenmesi:

Son dönemlerde yapılan cam iyonomer simanlara nanopartikül eklenmesi çalışmalarından olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Simanların tozuna iterbiyum fluorür ve baryum sülfat nanopartiküllerin ilave edilmesi ile materyallerin çalışma ve başlangıç sertleşme süreleri kısalmıştır. Fakat, baryum sülfatın miktarı arttırıldığı zaman sertleşme reaksiyonunu bozduğu belirlenmiştir. Basma dayanımı açısından ise fazla nanopartikül ilavesinin dayanımı azalttığı belirtilmiştir (103). Ayrıca nanopartikül ilave edilmiş cam iyonomer simanların bir yüzlü, iki yüzlü ve üç yüzlü kaviterde başarısı değerlendirilmiş ve başarı oranının yüzey sayısı arttıkça düştüğü görülmüştür. Bunun sonucunda materyalin sınıf I ve sınıf II kaviterlerde kullanılabileceği fakat sınıf II kaviterlerde kullanılırken daha dikkatli olunması gerektiği belirtilmiştir (104). Nanopartikül teknolojisi ile cam karbomer denilen mineye benzer yapıda bir materyal

oluşturulmuştur. Bu cam karbomerlerde toz kısmına floroapatit eklenmiştir. Bu materyal ile ilgili pek fazla çalışma yapılmamıştır ancak mevcut çalışmalarda cam karbomer kullanılarak yapılan fissür örtücülerde çürük oluşumunun daha fazla olduğu bulunmuştur (105). Geleneksel ve rezin modifiye cam iyonomer simanlara biyoaktif cam ilave edilerek güçlendirilmesi planlanmıştır ama biyoaktif cam partiküllerinin miktarı arttırıldıkça basma dirençlerinin azaldığı bildirilmiştir (106).

8- Isı uygulaması:

Kuter'in ısı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanlar üzerindeki etkisini incelediği çalışmada örneklere 2 dakika süre boyunca 80 ± 20 °C ısı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarda ısı uygulanan cam iyonomer simanların mikrosertliğinin ve mekanik özelliklerinin iyileştiği belirtilmiştir (107).

9- Lazer kullanımı:

Katleen ve arkadaşlarının Erbiyum: Yttriyum-AluminyumGarnet lazer(Er-YAG lazer) ve döner alet kullanarak hazırladıkları sınıf V kavitelere dört farklı çeşit geleneksel cam iyonomer siman ile bir tane rezin modifiye cam iyonomer siman yerleşip mikrosızıntıyı değerlendirdikleri çalışmada RMCİS'in, geleneksel cam iyonomer simanlardan daha az mikrosızıntı oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmada lazer kullanımının mikrosızıntıyı azaltmadığı da belirtilmiştir (108).

2.7.2. Cam iyonomer simanların antibakteriyel özelliklerinin arttırılması ile ilgili çalışmalar

Simanların antibakteriyel özellikleri geliştirilirken içerisine antibakteriyel ajanların ilave edilmesi düşünülmüştür. Ancak pulpanın iyileşmesinde önemli bir görevi bulunan odontoblast hücrelerinin bu ilave edilen ajanlar ile hasar görmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde apoptozis mekanizması aktif hale gelerek hücreler bozulmaya başlar. Bu sebeple antibakteriyel özelliği geliştirmek için kullanılması planlanan ajanların toksik etkisinin olmaması gerekmektedir (109). Tetrasiklin ile yapılan çalışmalarda tetrasiklinin dentinde bozulmadan sorumlu olan metalloproteinazların (mmps) salınımını engellediği bildirilmiştir (110). Geleneksel cam iyonomer simanlara klorheksidin ve cetrimit ilave edilmiş ve etkileri incelenmiştir. Klorheksidin ilave edilen cam iyonomer simanların streptococcus mutans'a cetremet içeren cam iyonomer

simanların ise laktobacillus casei'ye karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak klorheksidin ilavesinin materyalin mikrosertliğini azalttığı da belirtilmiştir (111) .

2.8.Çocuk Diş Hekimliğinde Cam İyonomer Simanların Gelecekteki Yeri

Yapılan klinik araştırmalarda modifiye edilmiş cam iyonomer simanların çocuk diş hekimliğinde uzun vadede güvenilirlik sağlayabileceği kanıtlanmıştır (112, 113).

Işıkla sertleşebilen cam iyonomerlerin kendiliğinden sertleşen cam iyonomerlere kıyasla daha pratik olduğu düşünülmektedir. Bununla beraber geleneksel asit/baz reaksiyonu ile sertleşen cam iyonomerlere göre fiziksel özelliklerinin daha iyi olduğu kapsül formda cam iyonomer simanlar piyasaya sürülmüştür. Kapsül formlarda cam tozlarının parçacık boyutu ve partiküllerin dağılımı değiştirilerek daha hızlı sertleşme sağlanmıştır. Yeni geliştirilen simanlarda ilk sertleşme süresi yaklaşık olarak 120 sn'dir. Bu da materyalin süt dişi restorasyonlarında ve daimi dişlerde geçici restorasyon materyali olarak veya aşırı stres görmeyen bölgelerde kalıcı dolgu materyali olarak kullanılmasını sağlar. Ayrıca modern diş hekimliği hizmeti göremeyen bölgeler için en yaygın tedavi yaklaşımı olan ART tekniğinde uluslararası düzeyde kullanımı oldukça popülerdir (57, 114).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda cam iyonomerlerin florür dışında kalsiyum ve alüminyum salma özellikleri incelenmiş ve bunların da remineralizasyonu teşvik ettiği bulunmuştur. Cam iyonomer simanda bulunan Ca'nın ve Al'nin laktik asit salınımını tamponlayarak ağız içerisindeki pH değerini yükseltip restorasyon çevresinde sekonder çürük oluşumunu engelleyebileceği de bildirilmiştir (57).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Yaptığımız bu çalışmada cam hibrit ile güçlendirilmiş cam iyonomer siman olan EQUIA Forte (GC Corporation, Tokyo, Japonya) ile çinko ilave edilmiş geleneksel cam iyonomer siman ChemFil Rock (Dentsply De-Trey, Konstanz, Almanya) ve geleneksel cam iyonomer siman Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Resim 3.1, 3.2 ve 3.3) kullanılmıştır. Kullandığımız materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin, su emilimlerinin ve çözünürlüklerinin, yüzey mikrosertliklerinin ve basma dayanımlarının in vitro olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu in-vitro çalışma Gaziantep Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümü Araştırma Laboratuvarı ve Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda yürütüldü. Araştırmamızda tüm gruplar için hazırlanacak örnek sayıları Power Analiz Yöntemi ile belirlendi. Yapılan Power analizi doğrultusunda %90 güç ve %96 güven düzeyinde her grup için 10 örnek hazırlanması planlandı. Çalışma için kullanılacak materyaller Tablo 3.1 'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Tez çalışmasında kullanılan materyaller ve içerikleri

MATERYAL	İÇERİĞİ
Fuji IX GP	<ul style="list-style-type: none">-Floroaluminosilikat cam-Poliakrilik asit tozu-Polibazik karboksilik asit-Poliakrilik asit,-Polibazik karboksilik asit-Tartarik asit,-Distile su
ChemFil Rock	<ul style="list-style-type: none">-Kalsiyum-alüminyum-çinko-fluorid-fosfor-silikat cam-Polikarboksilik asit-Demir oksit pigmenti-Titanyum dioksit pigmenti-Tartarik asit-Su
EQUIA Forte	<ul style="list-style-type: none">-Floroaluminosilikat cam-Poliakrilik asit tozu-Pigment-Hibrit cam partikülleri-Poliakrilik asit-Polibazik karboksilik asit-Distile su



Resim 3.1. Fuji IX GP (GC Corporation, Tokyo, Japonya)



Resim 3.2. ChemFil Rock (Dentsply De-Trey, Konstanz, Almanya)



Resim 3.3. EQUIA Forte (GC Corporation, Tokyo, Japonya)

Yaptığımız tez çalışmasında 3 adet deney grubu hazırlanmıştır. Bu gruplar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Tez çalışmasında kullanılan deney grupları

Grup No:	Materyal:	Kod:
1	Fuji IX	F
2	Chemfil Rock	C
3	EQUIA Forte	E

Gruplara ait karıştırma, çalışma ve sertleşme zamanları ise Tablo 3.3 ’te belirtilmiştir. Örnek kapsülleri üretici firmaların vermiş olduğu talimatlara göre amalgamatörde karıştırılmış ve sertleşme süresi tamamlanıncaya kadar beklenmiştir.

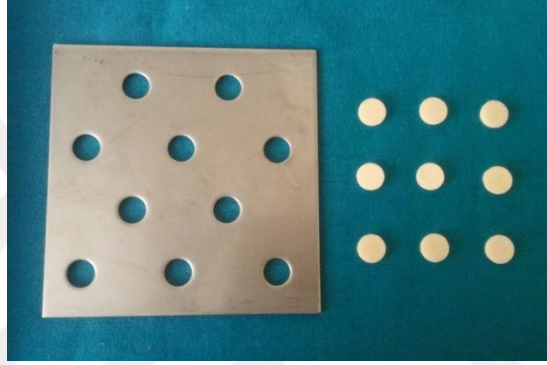
Tablo 3.3. Tez çalışmasında kullanılan materyallerin karıştırma, çalışma ve sertleşme zamanları

MATERYAL	KARIŞTIRMA ZAMANI	ÇALIŞMA ZAMANI	SERTLEŞME ZAMANI
F	10 sn	2 dk	6 dk
C	15 sn	1 dk 30 sn	6 dk
E	10 sn	1 dk 15 sn	2 dk 30 sn

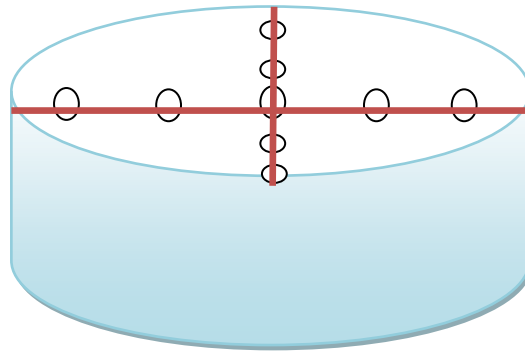
3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Yüzey pürüzlülüğü testi için 10 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde standart metal kalıplar hazırlanmıştır. Her grup için 10’ar tane örnek üretici firmanın önerdiği talimat

doğrultusunda hazırlanıp, standart kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen örneklerin üzerine selüloid strip bant yerleştirilip üzerindeki fazlalıklar bir cam yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Sertleşmesi tamamlanan örnekler daha sonra kalıplardan çıkarılmış (Resim 3.4) ve distile su içerisinde 37°C’de 1 gün etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkartılan örneklerin kurulandıktan sonra Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan profilometre cihazı (Mitutoyo SJ-400 Portable Surface Roughness Tester, JAPONYA) (Resim 3.5 ve 3.6) ile yüzey pürüzlülükleri ölçümü yapılmıştır. Ölçüm, örnek yüzeyinde birbirine dik iki hat üzerinde beş noktadan yapılmıştır (Şekil 3.1). Her bir hat üzerindeki ortalama değerler alınıp, çıkan sonuçlar Ra cinsinden kaydedilmiştir.



Resim 3.4. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler



Şekil 3.1. Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde ölçüm yapılan örnek yüzeyleri

Daha sonra örnekler tekrar distile su içerisinde 37 °C’de 1 hafta bekletilmek üzere etüve konulmuştur. 1 hafta sonra etüvden alınan örneklerin pürüzlülük ölçümleri aynı şekilde tekrar yapılmıştır ve çıkan değerler kaydedilmiştir.



Resim 3.5. Profilometre cihazı

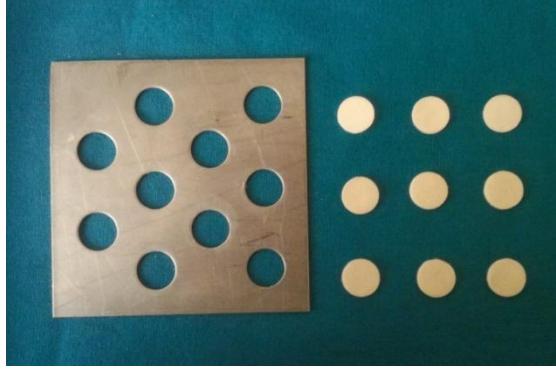


Resim 3.6. Profilometre cihazı

Sonuçlar; SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Gruplar arası değerlendirmede ANOVA one way, grup içi değerlendirmelerde ise T paired test kullanılmıştır.

3.2. Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi

Su emilimi ve çözünürlük testi için 15 mm çapında ve 1 mm yüksekliğinde standart metal kalıplar hazırlanmıştır. Her grup için 10'ar tane örnek üretici firmanın önerdiği talimat doğrultusunda hazırlanıp, standart kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen örneklerin üzerine selüloid strip bant yerleştirilip üzerindeki fazlalıklar bir cam yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Hazırlanmış olan örnekler (Resim 3.7), içerisinde bulunan sudan arındırılmak için 37°C'de etüv (Resim 3.8) içerisinde 1 saat bekletilmiştir. Sonrasında her bir örnek için Gaziantep Üniversitesi Biyokimya Bölümünde bulunan 0,0001 gr'a duyarlı hassas terazi (Ohaus Pioneer PA214C, İsviçre) (Resim 3.9) kullanılarak 3'er tane ölçüm yapılmıştır. Çıkan sonuçların ortalaması alınıp mikrogram cinsinden kaydedilmiştir (M1 ağırlığı). Daha sonra örnekler ortodontik tel yardımıyla distile su içerisine konulmuştur. Bunun amacı örneklerin tüm yüzeylerinin su ile temasını sağlamaktır. Daha sonra örnekler etüvde 1 gün bekletilmiştir ve ağırlıkları mikrogram cinsinden tekrar ölçülmüştür (M2 ağırlığı). Sabit kütle ağırlıklarını tekrar kazanmaları için etüvde 1 gün boyunca yeniden bekletilen örneklerin, bir kez daha ağırlıkları ölçülerek kaydedilmiştir (M3 ağırlığı).



Resim 3.7. Su emilimi ve çözünürlük ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler



Resim 3.8. Etüv cihazı



Resim 3.9. Hassas terazi

Örneklerin hacimleri; merkez çaplarına ve kalınlıklarına göre milimetreküp (mm^3) cinsinden hesaplandıktan sonra, örneklerin su emilimi (Se) ve suda çözünürlük (Sç) değerleri, aşağıda gösterilen denklem yardımıyla $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ olacak şekilde hesaplanmıştır.

M1= Etüvde kurutulan örneklerin suda bekletilmeden önceki ağırlıkları, (μg).

M2= 1 gün suda bekletilen örneklerin ağırlıkları, (μg).

M3= Örneklerin ikinci kez kurutulduktan sonraki ağırlıkları, (μg).

Örnek hacmi= Merkez çaplarına ve kalınlıklarına göre hesaplanan hacimleri (mm^3).

$$\text{Se } (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{M2 (\mu\text{g}) - M3 (\mu\text{g})}{V (\text{mm}^3)} \quad \text{Sç } (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{M1 (\mu\text{g}) - M3 (\mu\text{g})}{V (\text{mm}^3)}$$

Bu ölçümler yapıldıktan sonra örnekler tekrar distile su içerisine konulup 37°C’de 1 hafta etüvde bekletilmiş ve ağırlıkları ölçülmüştür (M4 ağırlığı) . Ölçümler yapıldıktan sonra son kez 37°C’de 1 gün bekletilen örneklerin kuru ağırlıkları da kaydedilmiştir (M5 ağırlığı).

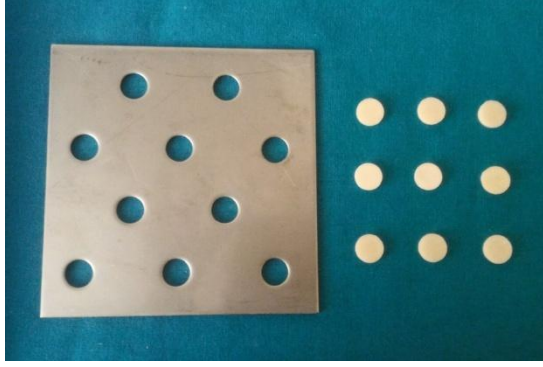
M4= 1 hafta suda bekletilen örneklerin ağırlıkları, (μg).

M5= Örneklerin üçüncü kez kurutulduktan sonraki ağırlıkları, (μg).

Sonuçlar; SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Gruplar arası değerlendirmede ANOVA one way, grup içi değerlendirmelerde ise T paired test kullanılmıştır.

3.3. Yüzey Mikrosertliği Testi

Yüzey mikrosertliği testi için 10 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde standart metal kalıplar hazırlanmıştır. Her grup için 10’ar tane örnek üretici firmanın önerdiği talimat doğrultusunda hazırlanıp, standart kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen örneklerin üzerine selüloid strip bant yerleştirilip üzerindeki fazlalıklar bir cam yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Sertleşmesi tamamlanan örnekler daha sonra kalıplardan çıkarılmış (Resim 3.10.) ve distile su içerisinde 37°C’de 1 gün etüvde bekletilmiştir. Etüvden çıkartılıp kurulan örneklerin mikrosertliği Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan Vickers sertlik ölçüm cihazında (Bursam NDT, Bursa) (Resim 3.11.) yapılmıştır. Mikrosertlik ölçümü için örnekler 10 sn boyunca 100 gr. yük uygulanmıştır. Her örnekten üçer tane ölçüm yapıp elde edilen ölçümlere karşılık gelen sertlik değerleri Vickers sertlik ölçüm cetvelinden belirlenmiştir.



Resim 3.10. Mikrosertlik ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler



Resim 3.11. Vickers mikrosertlik cihazı

Daha sonra örnekler distile su içerisinde tekrar konulmuş ve 37°C'de 1 hafta etüvde bekletildikten sonra Vickers mikrosertlik testi tekrarlanmıştır.

Sonuçlar; SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Gruplar arası değerlendirmede ANOVA one way, grup içi değerlendirmelerde ise T paired test kullanılmıştır.

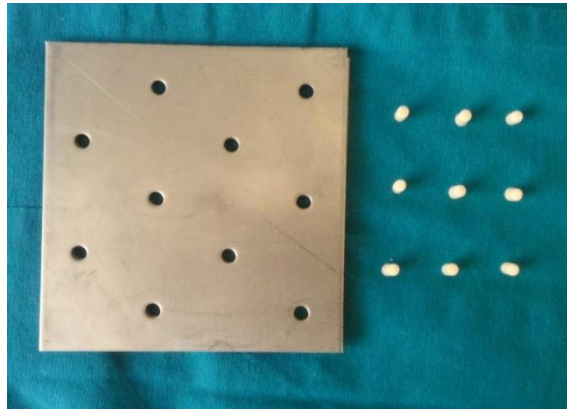
3.4. Basma Dayanımı Testi

Basma dayanımı testi için 4 mm çapında ve 6 mm yüksekliğinde standart metal kalıplar hazırlanmıştır. Her grup için 20 adet örnek üretici firmanın önerdiği talimat doğrultusunda hazırlanıp, standart kalıplara yerleştirilmiştir. Kalıplara yerleştirilen örneklerin üzerine selüloid strip bant yerleştirilip üzerindeki fazlalıklar bir cam yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Sertleşmesi tamamlanan örnekler daha sonra kalıplardan çıkarılmış (Resim 3.12) ve distile su içerisinde 37°C’de her grup için 10’ar örnek 1 gün ve 1 hafta etüvde bekletilmiştir. Daha sonra İnstron cihazı (Elista 2500, İstanbul, Türkiye) (Resim 3.13) kullanılarak, siman örneklerinin uzun eksenini boyunca kuvvet uygulanmış ve örneklerin kırıldığı andaki kuvveti materyalin ‘Basma Dayanımı’ (Compressive Strength) değeri olarak belirlenmiştir. ‘Compressive Strength’ değeri ise şu formülle hesaplanmıştır;

$$CS = P / \pi r^2$$

P= uygulanan kuvvet

r = silindir örneğin yarıçapı



Resim 3.12. Basma dayanımı ölçümü için kullanılan metal kalıp ve örnekler



Resim 3.13. Instron cihazı

Sonuçlar; SPSS 20.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Gruplar arası değerlendirmede ANOVA one way test kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yüzey Pürüzlülük Testi Bulguları

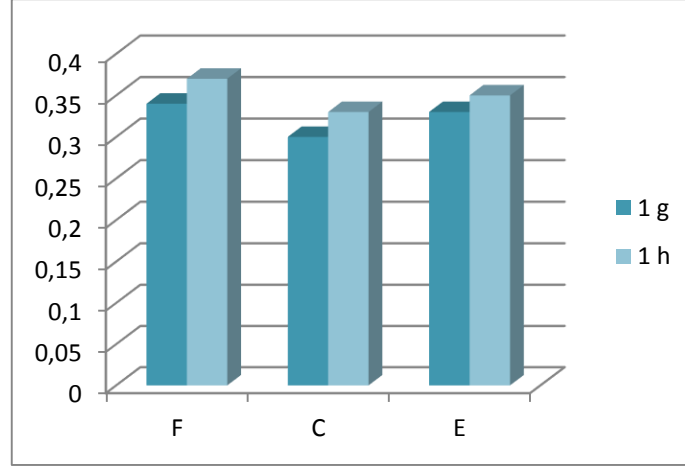
Tez çalışmamızda kullanmış olduğumuz bütün materyallerin 1 gün ve 1 hafta sonra yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.1 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

1 gün ve 1 hafta sonra belirlenen ölçümlerde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Ancak aynı grup içerisinde 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen pürüzlülük değerlerinde görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.1. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra yüzey pürüzlülüğü değerlerinin Ra (μm) cinsinden ortalaması ve standart sapma değerleri (SS)

ÖRNEK GRUPLARI	ÖRNEK SAYISI (N)	1 GÜN \pm SS	1 HAFTA \pm SS
F	10	0.34 \pm 0.06 ^{Aa}	0.37 \pm 0.05 ^{Ab}
C	10	0.30 \pm 0.02 ^{Aa}	0.33 \pm 0.04 ^{Ab}
E	10	0.33 \pm 0.05 ^{Aa}	0.35 \pm 0.04 ^{Ab}

Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ile aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($P<0,05$).



Şekil 4.1. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra yüzey pürüzlülüğü dağılımı

4.2. Su Emilimi ve Suda Çözünürlük Testi Bulguları

Tez çalışmamızda kullanmış olduğumuz bütün materyallerin 1 gün ve 1 hafta sonra yapılan su emilimi ölçümlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.2 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

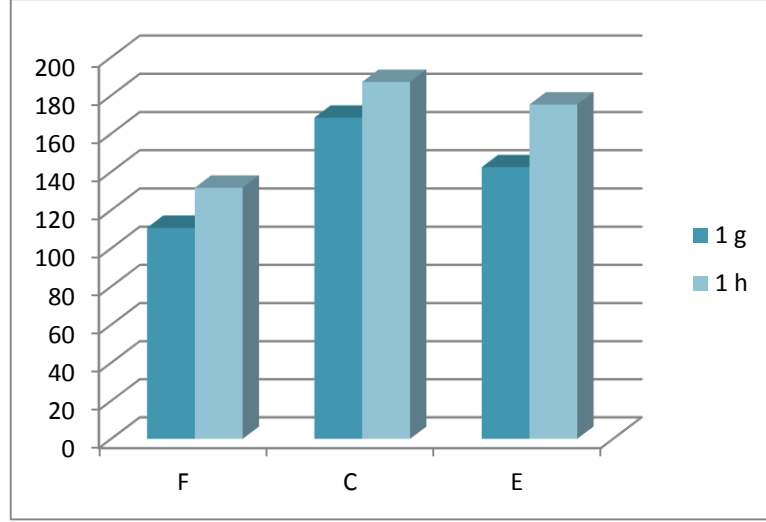
Gruplar arası değerlendirmelerde tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu farklılık; $C > E > F$ şeklindedir.

Grup içi değerlendirmelerde de 1 hafta sonraki su emilimi artışı 1 gün sonraki su emilimine göre anlamlı derecede artmış olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 4.2. Gruplara ait su emilimi değerlerinin ortalaması ve standart sapma

ÖRNEK GRUPLARI	ÖRNEK SAYISI (N)	GÜN ± SS	1 HAFTA ± SS
F	10	110.74±3.82 ^{Aa}	131.72±6.73 ^{Ab}
C	10	168.38±6.4 ^{Ba}	187.08±7.26 ^{Bb}
E	10	142.45±4.58 ^{Ca}	175.26±9.03 ^{Cb}

Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ile aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.2. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra su emilimi değerleri dağılımı

Cam iyonmer simanların 1 gün ve 1 hafta sonra suda çözünürlüklerinin değerlendirilmesi ise Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

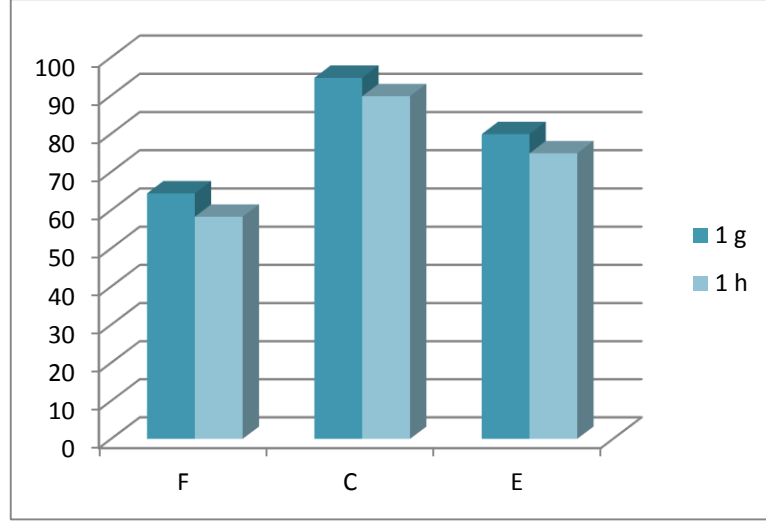
Gruplar arası karşılaştırmalarda 1 gün ve 1 hafta sonunda suda çözünürlük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Suda çözünürlük değerleri; $C > E > F$ şeklindedir.

Grup içi karşılaştırmalarda ise 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde suda çözünürlüğün istatistiksel olarak anlamlı derecede azaldığı görülmüştür ($p < 0.05$).

Tablo 4.3. Gruplara ait suda çözünürlük değerlerinin ortalaması ve standart sapma

ÖRNEK GRUPLARI	ÖRNEK SAYISI (N)	1 GÜN ± SS	1 HAFTA ± SS
F	10	64.38±3.74 ^{Aa}	58.26±4.79 ^{Ab}
C	10	94.62±5.15 ^{Ba}	89.8±5.36 ^{Bb}
E	10	79.88±4.44 ^{Ca}	74.86±4.35 ^{Cb}

Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ile aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.3. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta sonra suda çözünürlük değerleri dağılımı

4.3. Yüzey Mikrosertliği Testi Bulguları

Tez çalışmamızda kullanmış olduğumuz bütün materyallerin 1 gün ve 1 hafta sonra yapılan yüzey mikrosertliği ölçümlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.4 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

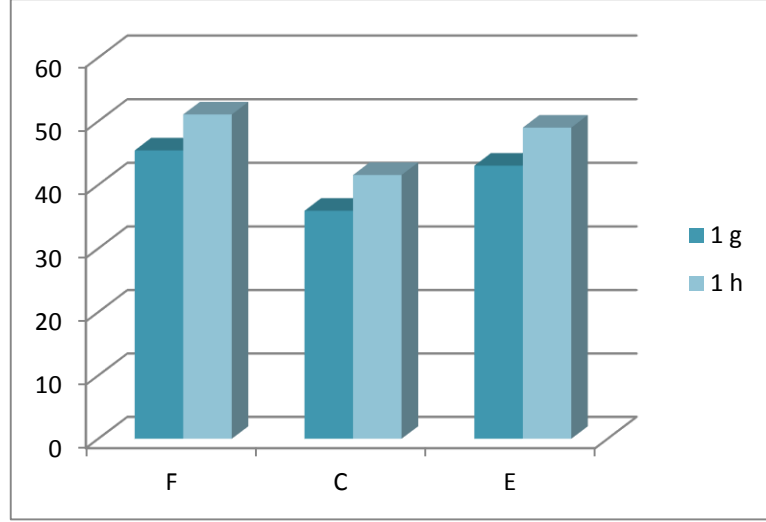
Gruplar arası değerlendirme yapıldığında 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Çalışmada kullanılan cam iyonomer simanlar arasındaki bu farklılık; $F > E > C$ şeklindedir.

Grup içi karşılaştırmada ise 1 hafta sonra elde edilen değerlerin 1 gün sonraki değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 4.4. Gruplara ait yüzey mikrosertlik değerlerinin ortalaması ve standart sapma

ÖRNEK GRUPLARI	ÖRNEK SAYISI (N)	1 GÜN ± SS	1 HAFTA ± SS
F	10	45.41±0.91 ^{Aa}	51.06±1.37 ^{Ab}
C	10	35.92±1.21 ^{Ba}	41.55±1.06 ^{Bb}
E	10	43.01±1.92 ^{Ca}	48.99±1.87 ^{Cb}

Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ile aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.4. Gruplara ait 1 gün ve 1 hafta mikrosertlik değerleri dağılımı

4.4. Basma Dayanımı Testi Bulguları

Tez çalışmamızda kullanmış olduğumuz materyalleri 1 gün ve 1 hafta distile su içerisinde beklettikten sonra elde edilen basma dayanımı testi sonuçları Tablo 4.5 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

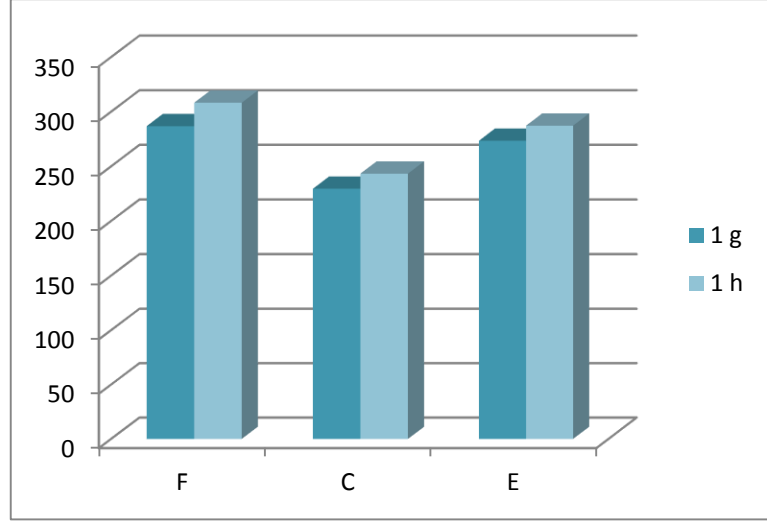
Gruplar arası değerlendirmede 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen ölçümlerde F ve E grubunun basma dayanımı C grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). F grubu ile E grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Grup içi karşılaştırmada ise 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Tablo 4.5. Gruplara ait basma dayanımı ve standart sapma değerleri (SS).

ÖRNEK GRUPLARI	ÖRNEK SAYISI (N)	1 GÜN ± SS	1 HAFTA ± SS
F	10	286.798±15.13 ^{Aa}	308.210±14.28 ^{Aa}
C	10	229.528±13.13 ^{Ba}	243.33±14.38 ^{Ba}
E	10	273.452±18.21 ^{Aa}	287.206±15.98 ^{Aa}

Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.5. Gruplara ait basma dayanımı dağılımı

5. TARTIŞMA

Klinik kullanımlarındaki esnekliği ve geliştirilebilir bir materyal olması cam iyonomer simanların dental restorasyonlarda sıklıkla kullanılmasına neden olmuştur. Uluslararası kuruluşlar cam iyonomer simanların olumlu klinik performansı sebebiyle özellikle gelir seviyesinin düşük olduğu bölgelerde kullanılmasını desteklemektedir (115, 116). Cam iyonomer simanların; biyouyumluluk, diş sert dokularına iyi adezyon ve florür salınımı gibi bazı avantajlarının yanında, aşınma direncinin ve basma-çekme dayanımının zayıf olması gibi bazı dezavantajları da vardır. Bu amaçla, yeni cam iyonomer siman formülasyonları geliştirmek için çalışmalar yapılmaktadır (117, 118).

Çocuk diş hekimliğinde restoratif materyal seçimi, materyallerin klinik uygulaması kadar önem taşımaktadır. Kullanılacak materyallerin fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerinin bilinmesi, bunların hangi klinik şartlarda kullanılması gerektiği konusunda fikir sahibi olunmasını sağlar. Kooperasyonun zayıf olduğu çocuk hastalarda uygun materyalin kullanılması hem hekim açısından hem de hasta açısından avantaj sağlar. Bu yüzden cam iyonomer simanların çocuk diş hekimliğinde kullanılması, bu materyallerin kolay uygulanabilmesi, dental dokulara direkt bağlanabilmesi ve florür salabilmesi açısından oldukça avantajlıdır (25, 119, 120).

Son dönemlerde cam iyonomer simanlar üzerinde yapılan yenilikler, çocukların molar diş restorasyonlarında kompozit rezinlere veya amalgamlara alternatif olarak bu materyallerin kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır (102, 121-123).

Bu yenilikler; cam iyonomer simanlara ikinci faz güçlendiriciler, rezin, N-vinylcaprolactam ve nanopartiküller ilave edilerek gerçekleştirilmektedir. Biz de çalışmamızda cam iyonomer simanlara ilave edilen çinko ve cam hibritin, simanın fiziksel özellikleri üzerindeki etkinliğini değerlendirmeyi amaçladık. Bu çalışmada ki hipotezimiz çinko ve cam hibrit ile güçlendirilen cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin geleneksel cam iyonomer simanlardan daha iyi olduğudur.

Bu amaçla cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini değerlendirmek için kullandığımız parametreler, yüzey pürüzlülüğü, su emilimi ve suda çözünürlük, mikrosertlik ve basma dayanımıdır. Ölçümler için yapılan çalışmalar incelendiğinde

standardizasyonun sağlanması amacıyla kullanılacak disklerin hazırlanmasında farklı ebatlarda teflon, plastik, pirinç veya metal gibi standart kalıpların kullanıldığı görülmüştür (8, 25, 124-133). Bizim çalışmamızda örnekler hazırlanırken temin edilmesi daha kolay olduğu için standart metal kalıplar kullanılmıştır.

Hazırlanan örnekler deney süresine kadar özel hazırlanan solüsyonlar, yapay tükürük veya distile su içerisinde bekletilebilir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar tükürük ile distile su içerisinde bekletilen örnekler arasında yapılan ölçümler arasında bir fark olmadığını göstermektedir (134-136). Bu nedenle çalışmamızda örnekler deney süresine kadar distile su içerisinde saklanmıştır.

Hazırlanan cam iyonomer siman örneklerinin hangi sürelerde değerlendirmeye alınacağı konusunda farklı çalışmalar vardır. Yapılan literatür taramasında mikrosertlik için 1, 7, 15, 30, 60 ve 90. günlerde ölçümlerin yapıldığı bildirilmiştir (132, 133, 137, 138). Mohammed-Tahir ve Yap'ın yaptığı çalışmada ise bu sürenin 2 hafta olması gerektiği bildirilmiştir (139). Su emilimi ve suda çözünürlük ölçümünün 24 saat, 48 saat, 1 hafta, 2 hafta veya 1 ay gibi değişik sürelerde yapılabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (81, 140). Yap ve Mok yaptıkları çalışmada simanların olgunlaşması için 1 hafta beklemenin yeterli olduğunu belirtmişlerdir (141). Bazı çalışmalarda ise simanların olgunlaşması için 24 saatin yeterli olduğu gösterilmiştir (71). Yine birçok çalışmada 24 saat ve 1 hafta sonra ölçümlerin yapıldığı belirtilmiştir (102, 133, 135, 142). Özetle farklı çalışmalarda bu süreler için alternatif düşünceler belirtilse de olgunlaşmanın tamamlanması için en az 1 hafta beklenmesi gerektiğini savunan birçok araştırma vardır (141, 143, 144).

Bu nedenle çalışmamızda kullanılan geleneksel ve güçlendirilmiş cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan testlerde 1 gün ve 1 hafta sonra ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (79, 140, 145).

Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünün çeşitli klinik etkileri vardır. Yüzey topografyasındaki değişiklikler ve yüzey pürüzlülüğü genellikle bir malzemenin aşınmasını belirlemek için kullanılır. Artan pürüzlülük, mikrobik kolonizasyonu arttırarak oral hastalıkların oluşmasına, sekonder çürüklere, dişeti irritasyonlarına ve enflamasyonlarına neden olabilir (146, 147). Ayrıca, yüzey pürüzlülüğündeki artış,

restoratif malzemelerin renklenmesine ve bozulmasına sebep olur. Bu şekilde restoratif materyallerin ömrünü kısaltarak kullanımını sınırlandırır (148, 149).

Dental restorasyonlarda kullanılan materyallerin yüzey pürüzlülüklerini etkileyecek dışarıdan gelen birçok etki de vardır. Bunlar; çiğneme esnasında oluşan okluzal kuvvetler, diş fırçalamaya ve kullanılan macuna göre oluşabilecek abrazyonlar, tüketilen gıdalarla ağız içerisinde meydana gelebilecek olan ısı değişiklikleri ve asit erozyonları şeklinde sıralanabilir(72, 149). Pürüzlülük, siman matriksi, inorganik cam parçacıklarının oranı ve büyüklüğü ve malzeme hazırlığı sırasında oluşan hava kabarcıklarını içeren faktörlerin birleşimi ile ilişkili olabilir (150).

Yüzey pürüzlülüğünü karakterize etmek için en yaygın olarak kullanılan parametre, örnek yüzeyinde bir çizgi boyunca 5 noktadan alınan pürüzlülük değerlerinin kaydedilerek aritmetik ortalamasının alınması şeklindedir. Bu Ra (roughness average) olarak belirtilir ve birimi mikrometre (μm)'dir. Yapılan birçok çalışmada Ra değeri esas alınmıştır (124, 129, 146, 151). Yüzey pürüzlülüğü ölçümüyle ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla profilometre cihazı kullanılmıştır (124, 146). Yaptığımız bu çalışmada da yüzey pürüzlülüğü ölçümünde profilometre cihazından yararlanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapmak için profilometre cihazının ölçüm alanı hesaplanarak örnek ebatları belirlenmiştir. Buna göre 10 mm çapında 2mm kalınlığında örnekler hazırlanmıştır (125, 152).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde bazı çalışmalarda örnekler hazırlandıktan sonra ölçüm yüzeylerine polisaj işlemi veya zımparalama yapılırken bazılarında ise sadece selüloid strip bant kullanılmıştır. Ayrıca silikon karbid diskler kullanılarak oldukça düzgün yüzeylerin elde edildiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (147, 153, 154). Ancak sadece selüloid strip bant kullanılarak hazırlanan örneklerde daha pürüzsüz bir yüzey olduğu bildiren birçok çalışma vardır (124, 126, 128, 132, 146, 151, 155, 156). Bizim çalışmamızda da daha pürüzsüz bir örnek yüzeyi elde etmek için selüloid strip bant kullanılmıştır.

Ayrıca yüzey pürüzlülüğüyle ilgili literatür incelemesi yaptığımızda, bazı çalışmalarda örneklere yüzey koruyucu uygulandıktan sonra ölçüm yapıldığı da görülmüştür (61, 152). Yapılan çalışmaların bir kısmında yüzey koruyucu uygulamasının yüzey pürüzlülüğünü düşürdüğü belirtilirken Pacifici ve arkadaşlarının yapmış oldukları

çalışmada ise yüzey koruyucu uygulamasının yüzey pürüzlülüğünü etkilemediği belirtilmiştir (157). Çocuk diş hekimliğinde koopere olamayan çocukların tedavilerinin ne kadar zor olduğu düşünüldüğünde ve yüzey koruyucu uygulamasının da tedavi süresini uzatacağı göz önünde tutulduğunda kliniğe uyumu açısından değerlendirilen materyallerin yüzey koruyucusu uygulamadan ölçümleri yapıldı (124, 129).

Bollen ve arkadaşları dental materyallerin yüzey pürüzlülükleriyle ilgili yapmış oldukları çalışmada, restorasyonlar üzerinde bakteri birikimi için kritik pürüzlülük değerinin 0.2 µm (Ra) olduğunu tespit etmişlerdir (76). Ancak hem yaptığımız çalışmada kullandığımız materyallerin hem de literatür incelemesi sırasında diğer çalışmalarda kullanılan cam iyonomer materyallerin yüzey pürüzlülük testleri sonucu elde edilen değerlerinin bu kritik Ra değerinin üzerinde olduğu görülmüştür.

Geleneksel cam iyonomer simanlar olan Fuji IX, Ketac Molar, Vidrion R and Vitromolar'ın yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Ketac Molar ve Vidrion R arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaksızın pürüzlülük değerleri en düşük geleneksel cam iyonomer simanlar olarak bulunmuştur. Fuji IX'un ise bu iki simandan sonra en pürüzsüz yüzeye sahip olduğu belirlenmiştir (146).

Pacifici ve arkadaşlarının yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (Fuji IX Fast) ile rezin modifiye cam iyonomer simanın (Vitremar) yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında gruplar arası değerlendirmede istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır (157).

Bagheri ve arkadaşları geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX), rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC) ve poliasit kompozit rezinlerin (F2000) yüzey pürüzlülüklerini hem strip bant kullanarak hem de polisaj yaparak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda polisaj işlemi yapılan örneklerin yüzey pürüzlülüklerinin strip bant kullanılanlara göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Örnekler kendi aralarında değerlendirildiklerinde ise Fuji IX'un, Fuji II LC ve F2000'e göre daha az yüzey pürüzlülüğü gösterdiği belirtilmiştir (132).

Yalçın iki farklı geleneksel cam iyonomer siman olan Fuji IX GP ile Ketac Molar'a klorhekzidin ilave edip yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Ketac Molar kontrol grubu ile %0,5'lik klorhekzidin içeren Ketac Molar grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiş

ancak Fuji IX GP kontrol grubunun yüzey pürüzlülük değeri %0,5 klorhekzidin içeren Fuji IX GP grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Ketac Molar ve Fuji IX GP kendi aralarında değerlendirildiklerinde ise Fuji IX GP'nin yüzey pürüzlülük değeri Ketac Molar'dan istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (158).

Al-Angari ve arkadaşları geleneksel (Fuji IX GP Extra), kondanse edilebilir (Ketac Molar), rezin ilave edilmiş (EQUIA Fil) ve çinko ilave edilmiş (ChemFil Rock) cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Örnekler hazırlandıktan sonra üzerlerine yüzey koruyucu uygulanan bu materyallerin yüzey pürüzlülük değerlendirilmesi yapıldığında en düşük pürüzlülük değerini Fuji IX GP Extra'dan elde ederken, en yüksek pürüzlülük değerine ise çinko içerikli cam iyonomer siman olan ChemFil Rock'ın sahip olduğu bulunmuştur (8).

Cibim ve arkadaşlarının Ketac Molar'ı kontrol grubu olarak kullandıkları çalışmalarında bu cam iyonomer simana farklı konsantrasyonlarda TiO₂ ilave edip yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar geleneksel cam iyonomer siman olan Ketac Molar'ın yüzey pürüzlülük değeri ile TiO₂ ilave edilmiş deney gruplarının yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir. Ancak sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip grubun Ketac Molar olduğu gözlenmiştir (129).

Bala ve arkadaşları çeşitli cam iyonomer simanların polisaj yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Polisaj işlemi yapılmadan önce çalışmada kullanılan geleneksel (Fuji IX), rezin modifiye (Fuji II LC) ve gümüşle güçlendirilmiş (Argion Molar) cam iyonomer simanların yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı gözlenmiştir. Ancak rakamsal değerler göz önünde tutulduğunda en yüksek yüzey pürüzlülüğü Fuji IX'da en düşük yüzey pürüzlülüğü ise Fuji II LC'de gözlenmiştir (124).

Korkut %10 ve %30 oranında biyoaktif cam ilave ettiği cam iyonomer esaslı fissür örtücülerin yüzey pürüzlülüklerini değerlendirdiği bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde %10 ile %30 oranında biyoaktif cam ilave edilen grupların yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

gözlenmezken kontrol grubunun yüzey pürüzlülük değeri diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur (159).

Baldağ'ın geleneksel cam iyonmer siman (Fuji IX GP) ile çinko içerikli cam iyonmer siman'ın (ChemFil Rock) 24 saat ve 168 saat sonra yüzey örtücü kullanmadan ve yüzey örtücü kullanarak yüzey pürüzlülüklerini değerlendirdiği çalışmasında 24 saat sonunda yüzey örtücü uygulanmayan Fuji IX GP ve ChemFil Rock grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken her iki gruba yüzey örtücü uygulandığında yüzey pürüzlülüklerin anlamlı derecede azaldığı görülmüştür. 168 saat sonra yapılan ölçümlerde ise hem yüzey örtücü uygulanan hem de uygulanmayan gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar oluşmuştur. Yüzey örtücü uygulanan gruplarda ki yüzey pürüzlülüğü daha düşük çıkarken yüzey örtücü uygulanmayan Fuji IX GP grubunun yüzey pürüzlülük değeri yüzey örtücü uygulanmayan ChemFil Rock grubundan daha yüksek bulunmuştur (61).

Geleneksel (Fuji IX GP), çinko içerikli (ChemFil Rock) ve cam hibrit içerikli (EQUIA Forte) üç farklı cam iyonmer simanın 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen yüzey pürüzlülüklerini incelediğimiz bu çalışmada gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak rakamsal olarak değerlendirildiğinde cam iyonmer simanların yüzey pürüzlülükleri $F > E > C$ şeklinde olmuştur. 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde ise bütün gruplarda yüzey pürüzlülüğünün anlamlı derecede arttığı saptanmıştır. Bu artışın materyallerin suyla temas süresinin artmasına bağlı olarak oluştuğu düşünülmektedir. Literatür incelemesi yapıldığında çinko içerikli cam iyonmer simanlarla yapılan çalışmalarda farklı sonuçların çıktığı görülmüştür. Bu farklılıkların örneklerin hazırlanma ve testlerin yapılma şekillerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yaptığımız literatür incelemesinde EQUIA Forte un yüzey pürüzlülüğünü değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple çalışmamızı kendi içerisinde değerlendirdiğimizde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir fark olmadığı ancak rakamsal değerler göz önünde tutulduğunda en yüksek yüzey pürüzlülüğünün Fuji IX'da en düşük yüzey pürüzlülüğünün ise ChemFil Rock'ta saptandığı görülmektedir.

Cam iyonmer simanlar yapısı içerisinde su bulunduran materyallerdir. Siman içerisindeki bu su zayıf bağlı, sıkı bağlı ve yüzeysel bağlı olmak üzere üç şekildedir. Zayıf bağlı su siman ağırlığının %5'ini oluştururken sıkı bağlı su %5-10, yüzeysel bağlı

su ise % 3,5'ini oluşturmaktadır (145). Cam iyonomer simanlar olgunlaştıkça içerisindeki sıkı bağlı suya bağlanma oranında artar. Bu artış simanın dayanıklılığının da artmasına neden olur (160).

Bunun yanı sıra su Emilimi ve suda çözünürlük cam iyonomer simanların fiziksel, kimyasal ve mekanik başarısını olumsuz olarak etkileyen önemli bir özelliktir. Su Emiliminin ve çözünürlüğün tamamen kontrol altına alınmasına imkan yoktur (78, 140, 161).

Su Emilimi; asit-baz reaksiyonunun gerçekleştiği cam iyonomer simanların matriksi içerisinde olmaktadır. İçerisinde bulunan su konsantrasyonuna bağlı olarak matriks difüzyon katsayısını kontrollü bir şekilde azaltır. Dolayısıyla su Emilimi simanların matriksinin hidrolizine sebep olur ve simanlarda bozulmalar meydana gelir (79).

Su Emilimi ve suda çözünürlüğün restoratif materyallerde meydana getirdiği boyutsal değişiklik ve buna bağlı olarak restorasyon kenarlarında oluşan boşluklar kenar renklemelerine sebep olmaktadır. Ayrıca bu özellik, marjinal konturlarda restorasyon kırılmalarına da neden olmaktadır (78-80, 140).

Restoratif materyallerin su Emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin incelendiği çalışmalarda değişik standardizasyon yöntemleri kullanılarak farklı ebatlarda test örnekleri hazırlanmıştır (131, 140, 162, 163). Bizim de yapmış olduğumuz bu çalışmada ISO'nun 2000 yılında restoratif materyallerin laboratuvar çalışmaları için düzenlemiş olduğu ISO 4049:2000 (International Organization for Standardization, 1985)'e göre hazırlandı (164).

Ayrıca yapılan çalışmaları incelediğimizde ölçümlerden elde edilen sonuçların birimlendirilmesinde de $\mu\text{g}/\text{mm}^3$, mg/mm^3 , mg/cm^2 gibi farklı birimlerin tercih edildiği görülmüştür (131, 165). Bizde 15 mm çapında ve 1mm kalınlığında metal kalıplar kullanarak hazırladığımız örneklerin ölçümlerini $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ cinsinden kaydederek yaptığımız çalışma için belirli bir standart elde etmiş olduk (131, 140, 166).

Küçükeşmen ve arkadaşları geleneksel (Ceram Fil ve İonofil) ve rezin modifiye cam iyonomer simanın (Rely-X) su Emilimi ve çözünürlüklerinin karşılaştırıldığı bir çalışma planlamışlardır. Hazırlanan örneklerin 1 gün ve 1 hafta sonunda su Emilimleri ve suda çözünürlükleri incelenmiş ve 1 gün suda bekletilen örneklerin su Emilimi ile suda

çözünürlük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmezken, 1 hafta sonunda bütün materyallerin su emiliminde ve suda çözünürlüklerinde artış olduğu görülmüştür. 1 hafta sonra yapılan gruplar arası değerlendirmede en düşük su emilimi ve suda çözünürlük değerinin rezin modifiye cam iyonomer siman grubunda olduğu belirlenmiştir (140).

Cefaly ve arkadaşlarının geleneksel cam iyonomer siman (Ketac Fil), yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (Ketac Molar ve Fuji IX) ve rezin modifiye cam iyonomer simanların (Fuji Plus restorative, ProTec Cem restorative, Vitremer) su emilimlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında en düşük su emilimi değerinin yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlardan elde edildiğini bildirmişlerdir (15).

Sevilmiş ve arkadaşlarının geleneksel cam iyonomer siman (İonofil U), rezin modifiye cam iyonomer siman (Photac Fil), kompomer ve kompozit ile yapmış oldukları su emilimi çalışmasında rezin modifiye cam iyonomer siman en yüksek su emilimine sahip restoratif materyal olarak kaydedilmiştir. Ayrıca restoratif materyallerde meydana gelen bu su emiliminin, materyallerin hazırlanması esnasında yapısında oluşan boşluklardan kaynaklanabileceği de ifade edilmiştir (167).

Çıralı, yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (EQUIA Fil), çinko içerikli cam iyonomer siman (ChemFil Rock) ve kompozit rezin (SureFil, Tetric EvoCeram ve Filtek Z250) gibi restoratif materyalleri kullanarak su emilimi ve suda çözünürlük çalışması yapmıştır. Çalışmada karşılaştıracağı materyalleri hem yüzey örtücü uygulamadan hem de yüzey örtücü uygulayarak değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlarda su emiliminin kompozit rezinlerde en düşük olduğu tespit edilirken, cam iyonomer simanlar arasında da en yüksek su emilimi değerine çinko içerikli cam iyonomer simanın sahip olduğu bildirilmiştir. Yüzey örtücü uygulanmayan ve uygulanan gruplar karşılaştırıldığında da gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Suda çözünürlük değerlerinde ise ChemFil Rock ve EQUIA gruplarında yüzey örtücü uygulanmadığı zaman çözünürlük değerlerinin anlamlı bir şekilde düşük olduğu görülmüştür (165).

Baldağ geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX GP) ile çinko içerikli cam iyonomer simanın (ChemFil Rock) yüzey örtücü kullanarak ve kullanmayarak, 24, 48, 72 ve 168 saatlik periyotlarla su emilimlerini ve suda çözünürlük değerlerini karşılaştırmıştır. Su

emilimi için elde edilen sonuçlar, çinko içerikli cam iyonomer simanın tüm saatlerde su emiliminin geleneksel cam iyonomer simandan daha yüksek olduğunu göstermiştir. Geleneksel cam iyonomer siman kendi içerisinde değerlendirildiğinde 24 saat ile 48 ve 72 saat sonraki ölçümlerinde anlamlı derecede düşüş gözlenirken 24 saat ile 168 saat arasında bir farklılık gözlenmemiştir. Çinko içerikli cam iyonomer simanın ise 24 saat ile 48 ve 72 saat arasındaki su emilimi değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmediği ancak 24 saat ile 168 saat arasındaki su emilimi değerleri arasındaki artışın anlamlı derecede fazla olduğu gözlenmiştir. Yüzey örtücü kullanılan ve kullanılmayan grupların karşılaştırılması yapıldığında ise geleneksel cam iyonomer siman örneklerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmezken çinko içerikli cam iyonomer siman örneklerinin su emiliminin yüzey koruyucu uygulanan grupta anlamlı ölçüde düştüğü gözlenmiştir (61).

Geleneksel (Fuji IX GP), çinko içerikli (ChemFil Rock) ve cam hibrit içerikli (EQUIA Forte) cam iyonomer simanların su emilim ve çözünürlüklerini karşılaştırdığımız çalışmamızda simanların suda bekleme süresi arttıkça su emilimlerinin ve çözünürlüklerinin de arttığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda en yüksek su emilimi ve çözünürlük değerleri çinko içerikli (ChemFil Rock) ta en az su emilimi ve çözünürlük değerleri ise geleneksel (Fuji IX GP) gurubunda saptanmış olup geleneksel cam iyonomer simana güçlendirmek için ilave edilen materyallerin su emilimi ve çözünürlük özelliklerini olumlu olarak etkilemediği düşünülmektedir. Literatür taramasında benzer çalışmalar incelediğinde farklı sonuçların elde edilmiş olduğu da görülmektedir.

Restoratif materyallerin klinik başarısına katkı sağlayan en önemli etkenlerden birisi de materyallerin yapısal özellikleridir (68). Materyallerin yapısal özellikleri, ağız içi ortamda gösterecekleri performansı da etkilemektedir (65). Materyallerin yapısal özelliklerini değerlendirme kriterlerinden biri olan mikrosertlik, materyalin girintilere karşı gösterdiği direnç olarak belirtilir (65, 168). Yüzey sertlik testleri, dental materyallerin bozulma ve dayanıklılığını değerlendirmek, bekletildikleri ortamlarda yüzey özelliklerini incelemek, aşınmalara karşı dayanıklılığını belirlemek ayrıca simanların sertleşme süreçlerini izlemek için kullanılan test metotlarıdır (133, 169). Materyallerin yüzey sertliklerinin ölçülmesinde Brinell, Knoop, Rockwell ve Vickers test metodları kullanılmaktadır. Bunlardan dental materyaller için en sık kullanılanları Knoop ve Vickers sertlik ölçümleridir (25, 27, 102, 133, 170, 171).

Vickers sertlik testi, cihazın elmas ucunun dayanıklı olması ve bozulmamasından dolayı sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi, dental materyallerin hepsi için kullanılabilir olması ve kırılğan malzemelerde dahi ölçüm yapabilmesi sebebiyle çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (19, 124, 172-175). Bizim çalışmamızda da mikrosertlik ölçümü için Vickers Sertlik testi kullanılmıştır.

Kullandığımız cam iyonmer simanların yüzey mikrosertlik ölçümleri için örnekler 10 mm çapında ve 2mm kalınlığında standart metal kalıplar kullanılarak selüloid strip bant yardımı ile hazırlanmıştır (25, 132, 133, 176, 177). Hazırlanan örneklere, 100 g.'lık yük 10 sn süreyle uygulanmıştır (102, 152, 175, 178).

Al-Angari ve arkadaşlarının çinko içerikli cam iyonmer siman (ChemFil Rock) ile farklı cam iyonmer simanların (Fuji IX GP Extra, Ketac Molar Quick Aplicap, and EQUIA Fil) yüzey mikrosertliğini karşılaştırdığı çalışmalarında en yüksek yüzey sertlik değerine sahip materyalin Fuji IX GP Extra olduğu bildirmektedirler (8).

Yap ve arkadaşları geleneksel cam iyonmer siman (Fuji IX GP) ve metalle güçlendirilmiş cam iyonmer simanların (Miracle Mix) 24 saat, 1 hafta ve 1 ay sonra elde edilen ölçümlerini değerlendirdikleri bir çalışma yapmışlardır. Elde edilen sonuçlarda Fuji IX GP'nin sertlik değeri Miracle Mix'den anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Ancak aynı grup içerisinde 1 hafta ve 1 ay sonra elde edilen değerlerde anlamlı bir farklılık belirtilmemiştir. Çalışma sonucunda metal ilavesinin simanın mikrosertliğine olumlu bir etki göstermediği rapor edilmiştir (138).

Zoergiebel ve arkadaşlarının üç farklı geleneksel cam iyonmer siman ile (Riva Self Cure, Fuji IX GP Fast ve Fuji IX GP Extra) çinko içerikli cam iyonmer simanın (ChemFil Rock) yüzey mikrosertliğini karşılaştırdığı çalışmalarında Fuji IX GP Fast'in en yüksek mikrosertlik değerine sahip olduğu, bununla beraber ChemFil Rock'ın mikrosertlik değerinin anlamlı bir şekilde düşük olduğu belirlenmiştir (179).

Moshaverinia ve arkadaşları ise geleneksel cam iyonmer simana nano-florapatit parçacıkları ekledikleri çalışmalarında örneklerin yüzey mikrosertliklerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak nano-florapatit ilave edilmiş örneklerin yüzey mikrosertliklerinin geleneksel cam iyonmer simanlara göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (180).

Cibim ve arkadaşları geleneksel cam iyonomer siman olan Ketac Molar'a TiO₂ ilave ettikleri çalışmalarında yüzey mikrosertliklerini karşılaştırmışlardır. TiO₂ ilave edilmemiş Ketac Molar ile %7 TiO₂ ilave edilmiş Ketac Molar'ın yüzey mikrosertlikleri arasında fark gözlenmezken %3 ve %5 TiO₂ ilave edilmiş Ketac Molar'ın yüzey mikrosertlik değerleri daha fazla olarak bulunmuştur (129).

Garcia ve arkadaşları restoratif materyallerin fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla cam iyonomer simana Niyobyum pentoksit (Nb₂O₅) ilave ederek bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Nb₂O₅ konsantrasyonu fazla olan (%10- %20) cam iyonomer simanın yüzey sertliğinin az olana göre (%5) daha düşük olduğu gözlenmiştir (181).

Bala ve arkadaşları geleneksel (Fuji IX), rezin modifiye (Fuji II LC) ve gümüşle güçlendirilmiş (Argion Molar) cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini değerlendirdikleri bir çalışma yapmışlardır. Bu materyallerin yüzey mikrosertliklerini karşılaştırdıklarında en yüksek mikrosertlik değerine sahip materyalin Argion Molar olduğu tespit edilirken en düşük değere ise geleneksel cam iyonomerin sahip olduğu gözlenmiştir (124).

Al-Angari ve arkadaşları geleneksel (Fuji IX GP Extra), tepilebilir (Ketac Molar), rezin ilave edilmiş (EQUIA Fil), çinko ilave edilmiş (ChemFil Rock) cam iyonomer siman ile kompozit rezinin yüzey mikrosertliklerini karşılaştırmışlardır. En yüksek yüzey mikrosertlik değeri geleneksel cam iyonomer simanda gözlenirken çinko içerikli cam iyonomer simanın ise en düşük mikrosertlik değerine sahip olduğu belirtilmiştir (8).

Garcia-Contreras ve arkadaşlarının geleneksel cam iyonomer siman ve nano-titanyum (TiO₂) ile güçlendirdikleri cam iyonomer simanı karşılaştırdıkları çalışmalarında TiO₂ ilavesinin cam iyonomer simanların yüzey mikrosertlik değerlerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (175).

Cam iyonomer simanların yüzey mikrosertliklerinin incelendiği çalışmalarda hazır preparatlar veya siman içerisine bazı materyaller ilave edilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmaları incelediğimiz zaman güçlendirilmiş cam iyonomer simanların yüzey mikrosertlik değerlerinin geleneksel cam iyonomer simanlardan her zaman daha iyi olmadığı görülmüştür. Bizim çalışmamızda ise en yüksek yüzey mikrosertlik değeri Fuji IX GP grubundan, en düşük mikrosertlik değeri ise ChemFil Rock grubundan elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre cam iyonomer simanın içerisine

ilave edilen maddelerin simanın homojenitesini bozduğunu ve örnekler içinde porozite meydana getirdiğini dolayısıyla da mikrosertliği olumsuz etkilediğini düşünmekteyiz.

Restoratif materyallerin mekanik özelliklerinin değerlendirildiği bir başka test ise basma dayanımı testidir. Basma dayanımı materyallerin üzerlerine gelen kuvvete karşı göstermiş oldukları direnci ifade etmektedir ve genellikle üzerlerine gelen çiğneme kuvvetlerine karşı dayanımlarını ifade eder (27). Çiğneme kuvvetlerinin çoğu sıkıştırıcı etki göstermektedir. Bu nedenle, bastırma işlemi sırasında meydana gelen sıkıştırma kuvvetlerinin restorasyonlarda kırılma problemi oluşturup oluşturmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre posterior dişlerin çiğneme kuvvetlerine karşı minimum dayanma kuvvetinin daimi dişlerde 125 MPa, süt dişlerinde için ise 100 MPa olduğu belirtilmiştir (175).

Bu tez çalışmasında kullandığımız dental materyallerin basma dayanımları değerlendirilirken literatürde bulunan birçok çalışmada olduğu gibi ISO standartları esas alınmıştır (175, 182-185). ISO 9917-1'e göre 4mm çapında ve 6mm yüksekliğinde örnekler hazırlanmış ve hazırlanan örneklerin ölçümleri 1 gün ve 1 hafta 37°C'de distile suda bekletildikten sonra yapılmıştır (183).

Basma dayanımlarının ölçümünde instron cihazı kullanılmış ve kuvvet, örnek yüzeyine 1mm/dk hızla gelen silindirik uçla uygulanmıştır (138).

Molina ve arkadaşlarının hazır kapsül cam iyonomer siman (EQUIA ve ChemFill Rock) ile toz ve likitinin elle karıştırıldığı cam iyonomer simanların (Fuji 9 Gold Label ve Ketac Molar Easymix) basma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında kapsül cam iyonomer simanların daha yüksek basma dayanımına sahip olduğu bildirilmiştir. Kapsül formda cam iyonomer simanlar arasında da istatistiksel olarak anlamlı olmasa da EQUIA sistemin ChemFill Rock'tan daha yüksek basma dayanımına sahip olduğu görülmüştür (63).

Yap ve arkadaşları cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, geleneksel cam iyonomer siman olan Fuji IX GP ile metalle güçlendirilmiş cam iyonomer siman olan Miracle Mix'in 24 saat, 1 hafta ve 1 ay sonraki basma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre iki farklı siman grubunun farklı zamanlarda elde edilen basma dayanımı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (138).

Bhatia ve arkadaşları bir çalışma yaparak geleneksel cam iyonomer siman (GC Gold Label HS Posterior Extra), gümüşle güçlendirilmiş cam iyonomer siman (Miracle Mix) ve zirkonyumla güçlendirilmiş cam iyonomer simanın (Zirconomer) basma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda zirkonyumla güçlendirilmiş cam iyonomer simanın en yüksek basma dayanımına sahip olduğu belirlenirken, en düşük basma dayanımına sahip materyalin ise geleneksel cam iyonomer siman olduğu belirtilmiştir (186).

Garcia ve arkadaşları cam iyonomer simana niyobyum pentoksit (Nb_2O_5) ilave ederek simanların basma dayanımlarını incelemişlerdir. Sonuçlar değerlendirildiğinde kontrol grubu ile %5, %10 ve %20 oranlarında Nb_2O_5 ilave edilen gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir (181).

Prentice ve arkadaşlarının İterbiyum Florür (YbF_3) ve Baryum Sülfat'ın ($BaSO_4$) cam iyonomer simanların dayanıklılığı üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında YbF_3 ve $BaSO_4$ 'ün cam iyonomer simanların basma dayanımlarını azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (103).

Garcia-Contreras ve arkadaşları geleneksel cam iyonomer siman ve nano-titanyum (TiO_2) ile güçlendirdikleri cam iyonomer simanın basma dayanımlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak TiO_2 'nin simanın basma dayanımını arttırdığını gözlemlemişlerdir (175).

Literatürde cam iyonomer simanların basma dayanımıyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, cam iyonomer simanları güçlendirmek için içerisine ilave edilen materyallerin bazen basma dayanımını arttırdığı bazen değiştirmedeği bazen de azalttığı gözlemlenmiştir. Bizim de yapmış olduğumuz çalışmada 1 gün sonra Fuji IX GP ile EQUA Forte'un basma dayanımlarının benzer olduğu, ChemFil Rock'ın ise bunlardan düşük olduğu 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde ise en yüksek basma dayanımı değerlerini Fuji IX GP grubunun gösterdiği saptanmıştır. Benzer çalışmalar arasındaki bu farklılıkların ilave edilen materyallerin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, diş tedavilerinde kullanacağımız materyallerden klinik olarak başarı sağlayabilmemiz için materyallerin avantajlarını, dezavantajlarını, kullanım alanlarını ve özelliklerini bilmemiz gerekmektedir. Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde üretici firmaların daha iyi fiziksel özelliklere sahip olduklarını

belirttikleri güçlendirilmiş cam iyonomer simanların geleneksel cam iyonomer simanlara göre beklenen üstün fiziksel özellikleri göstermedikleri saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda güçlendirilmiş cam iyonomer simanlarla ilgili daha fazla araştırma yapılması gerektiği görüşündeyiz.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Güçlendirilmiş cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini değerlendirdiğimiz bu in vitro çalışmamızın sonuçlarına göre;

- Gruplar arası ölçümlerde 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).
- Aynı gruplar içerisinde ise 1 gün ve 1 hafta sonra yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülüğü değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmüştür ($p<0.05$).
- Su emilimi ve suda çözünürlük ölçümü değerlendirmesinde bütün gruplar arasında ve grup içi değerlendirmelerinde 1 gün ve 1 hafta elde edilen sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı derecede fark olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).
- 1 hafta sonra yapılan su emilimi ölçümleri 1 gün sonra yapılan ölçümlerden anlamlı derecede fazla bulunmuştur ($p<0.05$).
- Suda çözünürlük ölçümlerinde ise 1 gün sonra yapılan ölçümler 1 hafta sonra yapılan ölçümlerden anlamlı derecede fazla bulunmuştur ($p<0.05$).
- Yüzey mikrosertliği ölçümlerinde ise, gruplar arası değerlendirme yapıldığında 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen sonuçlarda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0.05$).
- Grup içi karşılaştırmada ise 1 hafta sonra elde edilen değerlerin 1 gün sonraki değerlere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$).
- Basma dayanımı ölçümlerinde gruplar arası değerlendirmede 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen sonuçlarda F ve E grubunun basma dayanımı değerleri C grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). F grubu ile E grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).
- Grup içi karşılaştırmada ise 1 gün ve 1 hafta sonra elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır($p>0.05$).

Elde edilen bu sonuçlara göre;

Geleneksel cam iyonomer simanları güçlendirmek için ilave edilmiş olan çinko ve cam hibritin simanların fiziksel özelliklerini anlamlı düzeyde iyileştirmediği görülmüştür. Cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerini ve dolayısıyla klinik başarısını arttırmak için daha birçok çalışmanın yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



7- KAYNAKLAR

1. Koçanalı B, Topaloğlu AA, Çoğulu D. Evaluation of the Dental Caries Risk Factors in Children. *The Journal of Pediatric Research*. 2014;1(2):76-79.
2. Elderton RJ. Preventive (evidence-based) approach to quality general dental care. *Med Princ Pract*. 2003;12 Suppl 1:12-21.
3. Savaş S, Küçükyılmaz E. Diş hekimliğinde kullanılan remineralizasyon ajanları ve çürük önleyici ajanlar. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg*. 2014;113-125.
4. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res*. 2010;89(11):1187-1197.
5. Featherstone JDB. Remineralization, the Natural Caries Repair Process—The Need for New Approaches. *Adv Dent Res*. 2009;21:4-7.
6. Moi GP, Tenuta LM, Cury JA. Anticaries potential of a fluoride mouthrinse evaluated in vitro by validated protocols. *Braz Dent J*. 2008;19(2):91-96.
7. Cehreli SB, Tirali RE, Yalcinkaya Z, Cehreli ZC. Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *Eur J Dent*. 2013;7(1):15-21.
8. Al-Angari SS, Hara AT, Chu TM, Platt J, Eckert G, Cook NB. Physicomechanical properties of a zinc-reinforced glass ionomer restorative material. *J Oral Sci*. 2014;56(1):11-16.
9. Fareed MA, Stamboulis A. Nanoclay addition to conventional glass-ionomer cements: Influence on properties. *Eur Den. J*. 2014;8:456-463.
10. Williams JA, Billington RW, Pearson GJ. Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass-ionomer cement. *J Oral Rehabil*. 1998;25:535-540.
11. Moshaverinia A, Ansari S, Roohpour N, Reshad M, Schricker SR, Chee WW. Effects of Nvinylcaprolactam containing polyelectrolytes on hardness, fluoride release and water sorption of conventional glass ionomers. *J Prosthet Dent*. 2011;105:323-331.
12. Friberg LT, Schrauzer GN, Drasch G. *Quo and Perspectives of Amalgam and Other Dental Materials*; 1995.
13. Roulet JF. Benefits and disadvantages of tooth-coloured alternatives to amalgam. *J Dent*. 1997;25(6):459-473.

14. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. FDI Commission Project. *Int Dent J.* 1998;48(1):3-16.
15. Cefaly DFG, Franco EB, Mondelli RFL, Francisconi PAS, Navarro MFL. Diametral tensile strength and water sorption of glass-ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Appl Oral Sci.* 2003;11:96-101.
16. Bowen RL. Use of epoksiy resins in restorative materials. *Journal of Dental Research.* 1956;35:360-369.
17. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* 1997;105(2):97-116.
18. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent.* 1983;50(4):480-488.
19. Uzel İ. Yüzey örtücü ile kaplanmış kompomer ve cam iyonomer simanın in-vivo ve in-vitro koşullarda karşılaştırmalı olarak incelenmesi [doktora tezi]. İzmir: Ege Üniversitesi; 2012.
20. Dayangaç B. Kompozit Rezin Restorasyonlar, Ankara: Güneş Kitabevi LTD. Şti.; 2000.
21. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. *Quintessence Int.* 1993;24(9):641-658.
22. Bowen RL, Marjenhoff WA. Dental composites/glass ionomers: the materials. *Adv Dent Res.* 1992;6:44-49.
23. Köroğlu A, Ekren DO, Kurtoğlu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2012; 22:205-16.
24. Affairs ADACoS. Direct and indirect restorative materials. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(4):463-472.
25. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2000;16(2):129-138.
26. Türkün Ş, Çelik EU. Antibakteriyal Adeziv ile Uygulanan Kompomer Ve Nanofil Kompozit Restorasyonların Bir Yıllık Klinik Performansı. *Acta Odontologica Turcica.* 2007.
27. Bonifacio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RC, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust Dent J.* 2009;54(3):233-237.

28. Lohbauer U, Kramer N, Siedschlag G, Schubert EW, Lauerer B, Muller FA, et al. Strength and wear resistance of a dental glass-ionomer cement with a novel nanofilled resin coating. *Am J Dent*. 2011;24(2):124-128.
29. Kobayashi M, Kon M, Miyai K, Asaoka K. Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with CaO-P₂O₅-SiO₂-Al₂O₃ glass. *Biomaterials*. 2000;21(20):2051-2058.
30. Baig MS, Fleming GJ. Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J Dent*. 2015;43(8):897-912.
31. Chemfil Rock, Scientific Compendium, Dentsply.
32. Wilson AD. Alumino-silicate polyacrylic acid and related cements. *Br Polym J*. 1974;6:165-179.
33. Upadhyaya PN, Kishore G. Glass Ionomer Cement – The Different Generations *Trends Biomater. Artif. Organs* 2005;18 (2).
34. Kaya T, Tirali RE. Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *J Dent Fac Atatürk Uni*. 2013;7:71-77.
35. McLean JW, Nicholson JW, Wilson AD. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. *Quintessence Int*. 1994;25(9):587-589.
36. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater*. 2016;7(3).
37. Smith DC. Development of glass-ionomer cement systems. *Biomaterials*. 1998;19(6):467-478.
38. Ellis J, Wilson, A.D. Polyphosphonate cements: A new class of dental materials. *J Mater Sci Lett*. 1990;9:1058-1060.
39. Crisp S, Kent BE, Lewis BG, Ferner AJ, Wilson AD. Glass ionomer cement formulations. II. The synthesis of novel polycarboxylic acids. *J Dent Res*. 1980;59:1055-1063.
40. De Barra E, Hill RG. Influence of alkali metal ions on the fracture properties of glass polyalkenoate (ionomer) cements. *Biomaterials*. 1998;19(6):495-502.
41. Wilson AD, Kent, BE, Clinton D, Miller RP. The formation and microstructure of dental silicate cements. *J Mater Sci Lett*. 1972;7:220-238.

42. Griffin SG, Hill RG. Influence of glass composition on the properties of glass polyalkenoate cements. Part I: Influence of aluminum to silicon ratio. *Biomaterials* 1999;20:1579-1586.
43. Nicholson JW, Brookman PJ, Lacy OM, Wilson AD. Fourier transform infrared spectroscopic study of the role of tartaric acid in glass-ionomer dental cements. *J Dent Res.* 1988;67(12):1451-1454.
44. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental research journal.* 2013.
45. Khoroushi M, Mansoori-Karvandi T, Hadi S. The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. *Gen Dent.* 2012;60:383-388.
46. Nicholson JW. Chemistry of glass-ionomer cements: A review. *Biomaterials.* 1998;19: 485–494.
47. Kovarik RE, Haubenreich JE, Gore D. Glass ionomer cements: a review of composition, chemistry, and biocompatibility as a dental and medical implant material. *J Long Term Eff Med Implants.* 2005;15(6):655-671.
48. Nicholson JW, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. The long-term interaction of dental cements with lactic acid solutions. *J Mater Sci Mater Med.* 1999;10(8):449-452.
49. Featherstone JD. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Comm Dent Oral Epidemiol.* 1999;27:31–40.
50. Hicks J, Garcia-Gody F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: Role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent.* 2004;28:203–214.
51. Hsu H, Huang G, Chang H, Hang Y, Guo M. A continuous flow system for assessing fluoride release/uptake of fluoride-containing restorative materials. *Dent Mater.* 2004;20:740-749.
52. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res.* 1982;61(12):1416-1422.
53. Perondi PR, Oliveira PHC, Cassoni A, Reis AF, Rodrigues JA. Ultimate tensile strength and microhardness of glass ionomer materials. *Braz Dent Sci.* 2014;17:16-22.

54. Van Meerbeek B, Yoshida, Y, Inoue S, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. *J Dent Res.* 2006;34:615-617.
55. Qiu ZY, Noh IS, Zhang SM. Silicate-doped hydroxyapatite and its promotive effect on bone mineralization. *Front Mater Sci.* 2013;7:40-50
56. Okada K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva. *Dent Mater.* 2001;17:34-39.
57. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):423-429.
58. Onal B, Pamir T. The two-year clinical performance of esthetic restorative materials in noncarious cervical lesions. *J Am Dent Assoc.* 2005;136(11):1547-1555.
59. Crowley CM, Doyle J, Towler MR, Hill RG, Hampshire S. The influence of capsule geometry and cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent.* 2006;34(8):566-573.
60. Dowling AD, Fleming GJP. Are encapsulated anterior glass-ionomer restoratives better than their hand-mixed equivalents? *J Dent.* 2009;37:133-140.
61. Baldağ İA. Çinko içerikli bir cam iyonomer simanın fiziksel özelliklerinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi. 2014, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 98 sayfa, Ankara, (Doç. Dr. Çağdaş Çınar).
62. Zoergiebel J, Ilie N. An in vitro study on the maturation of conventional glass ionomer cements and their interface to dentin. *Acta Biomaterialia.* 2013;9(12):9529-9537.
63. Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Brain LL, Frencken JE. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci.* 2013;21:243-249.
64. The Evolution of Glass Ionomer Restorative Materials. 2016 [cited; Available from: www.oralhealthgroup.com].
65. Wang L, D'Alpino PH, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J Appl Oral Sci.* 2003;11(3):162-167.
66. Kleverlaan CJ, van Duinen RNB, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mat.* 2004;20:45-50.

67. Deliktaş DD, Ulusoy N. Farklı Işık Cihazlarının Hibrit Ve Nanohibrit Kompozit Rezinlerin Yüzey Sertliğine Etkisi. A.Ü. Diş Hek. Fak. Derg. 2006;33(1):1-10.
68. Taşveren S. İki Farklı Restoratif Materyalin Yüzey Sertliklerinin Karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2005;8(2):94-97.
69. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. J Prosthet Dent. 2001;85(4):386-395.
70. Marigo L, Rizzi M, Torre G, Rumi G. 3D surface profile analysis: different finishing methods for resin composites. Oper Dent. 2001;26:562-568.
71. Wilder AD, Swift EJ, May KN, Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. J Dent. 2000;28(5):367-373.
72. Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. Dental Materials. 2006;22:146-165.
73. Poggio C, Arciola CR, Rosti F, Scribante A, Saino E, Visai L. Adhesion of Streptococcus mutans to different restorative materials. Int J Artif Organs. 2009;32(9):671-677.
74. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Short and long term effects of additional post curing and polishing systems on the color change of dental nano-composites. Dent Mater J. 2013;32(1):107-114.
75. McConnell MD, Liu Y, Nowak AP, Pilch S, Masters JG, Composto RJ. Bacterial plaque retention on oral hard materials: effect of surface roughness, surface composition, and physisorbed polycarboxylate. J Biomed Mater Res A. 2010;92(4):1518-1527.
76. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater. 1997;13(4):258-269.
77. İnan H, Tamam E, Bağış B. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2008;17(3):171-176.
78. Keyf F, Tuna, SH, Sem M, Safran A. Water sorption and solubility of different luting and restorative dental cements. Turk J Med Sci. 2007;37(1):47-55.

79. Sarı ME, Özmen B. Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Farklı Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Su Emilimi ve Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 2013;21(1):43-49.
80. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, Svizero N, Pashley DH, Tay FR, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater.* 2006;22(10):973-980.
81. Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer JM. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater.* 1999;15(1):71-78.
82. Naasan MA, Watson, TF. Conventional glass ionomers as posterior restorations: A status report for the American Journal of Dentistry. 1998;11:36-45.
83. Fleming GJ, Zala DM. An assessment of encapsulated versus hand-mixed glass ionomer restoratives. *Oper Dent.* 2003;28(2):168-177.
84. Jorgensen KD, Iwaku M, Wakumoto S. Vacuum-mixing of silicate cement. *Acta Odontol Scand.* 1969;27(5):453-465.
85. Lohbauer U. Dental Glass Ionomer Cements as Permanent Filling Materials? — Properties, Limitations and Future Trends *Materials.* 2009;3:76-96.
86. Jones CS, Pearson GJ, Billington RW. Effects of viscosity in capsulated glass-ionomer cements. *J Dent Res.* 1997(76):432.
87. Williams JA, Billington RW, Pearson G. Silver and fluoride ion release from metal-reinforced glass-ionomer filling materials. *J Oral Rehabil.* 1997;24(5):369-375.
88. Nicholson JW. Review: Glass ionomer dental cements: update. *Mater Tech.* 2010;25(1):8-13.
89. Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. *J Dent Res.* 1991;70(1):72-74.
90. Uno S, Finger WJ, Fritz U. Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials. *Dent Mater.* 1996;12(1):64-69.
91. Ribeiro AP, Serra MC, Paulillo LA, Rodrigues Junior AL. Effectiveness of surface protection for resin-modified glass-ionomer materials. *Quintessence Int.* 1999;30(6):427-431.
92. Miyazaki M, Moore BK, Onose H. Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(5-6):600-604.

93. Kahyaoğulları S. Diş Rengindeki Restoratif Materyallere Streptococcus Mutans Adezyonunun İncelenmesi. 2013, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 75 sayfa, Ankara, (Prof. Dr. Gürkan Gür).
94. Mickenautsch S, Yengopal V, Banerjee A. Pulp response to resin-modified glass ionomer and calcium hydroxide cements in deep cavities: A quantitative systematic review. *Dent Mater.* 2010;26(8):761-770.
95. Mutluay MS. Süt dişlerinde restoratif materyal seçimi ve etkileyen faktörler. *Selcuk Dent J.* 2016;3:151-158.
96. Roberts HW, Berzins DW, Charlton DG. Hardness of three resin-modified glass-ionomer restorative materials as a function of depth and time. *J Esthet Restor Dent.* 2009;21.
97. Gemalmaz D, Yoruc B, Ozcan M, Alkumru HN. Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. *J Prosthet Dent.* 1998;80(4):474-478.
98. Earl MS, Hume WR, Mount GJ. Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass-ionomer cement surface. *Aust Dent J.* 1985;30(4):298-301.
99. Rodrigues Garcia RC, De Goes MF, Del Bel Cury AA. Influence of protecting agents on the solubility of glass ionomers. *Am J Dent.* 1995;8(6):294-296.
100. Hotta M, Hirukawa H, Yamamoto K. Effect of coating materials on restorative glass-ionomer cement surface. *Oper Dent.* 1992;17(2):57-61.
101. Moshaverinia A, Chee WW, Brantley WA, Schricker SR. Surface properties and bond strength measurements of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer cements. *J Prosthet Dent.* 2011;105(3):185-193.
102. Moshaverinia A, Brantley WA, Chee WW, Rohpour N, Ansari S, Zheng F, et al. Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer dental cements. *Dent Mater.* 2010;26(12):1137-1143.
103. Prentice LH, Tyas MJ, Burrow MF. The effect of ytterbium fluoride and barium sulphate nanoparticles on the reactivity and strength of a glass-ionomer cement. *Dent Mater.* 2006;22(8):746-751.
104. Friedl K, Hiller KA, Friedl KH. Clinical performance of a new glass ionomer based restoration system: a retrospective cohort study. *Dent Mater.* 2011;27(10):1031-1037.

105. Chen X, Du MQ, Fan MW, Mulder J, Huysmans MC, Frencken JE. Caries-preventive effect of sealants produced with altered glass-ionomer materials, after 2 years. *Dent Mater.* 2012;28(5):554-560.
106. Yli-Urpo H, Lassila LV, Narhi T, Vallittu PK. Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent Mater.* 2005;21(3):201-209.
107. Kuter B. Isı uygulamasının konvansiyonel cam iyonomer simanların mekanik özellikleri üzerine etkisi. 2006, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 127 sayfa, İzmir, (Prof.Dr. Ece Eden).
108. Delmè KI, Deman PJ, De Bruyne MA, Nammour S, De Moor RG. Microleakage of glass ionomer formulations after erbium: yttrium-aluminiumgarnet laser preparation. *Lasers Med Sci.* 2010;25:171-180.
109. Souza PP, Aranha AM, Hebling J, Giro EM, Costa CA. In vitro cytotoxicity and in vivo biocompatibility of contemporary resin-modified glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2006;22(9):838-844.
110. Tjaderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto VJ, Larmas M, Salo T. The activation and function of host matrix metalloproteinases in dentin matrix breakdown in caries lesions. *J Dent Res.* 1998;77(8):1622-1629.
111. Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro AV, Ebisu S, Frencken JE, Tay FR. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dent Mater.* 2006;22(7):647-652.
112. Donly KJ, Segura A, Kanellis M, Erickson RL. Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(10):1459-1466.
113. Croll TP, Bar-Zion Y, Segura A, Donly KJ. Clinical performance of resin-modified glass ionomer cement restorations in primary teeth. A retrospective evaluation. *J Am Dent Assoc.* 2001;132(8):1110-1116.
114. Croll TP. Rapid-setting encapsulated glass-ionomer restorative cement. *Compend Contin Educ Dent.* 2001;22(5):442-446, 448.
115. Frencken JE, Leal SC. The correct use of the art approach. *J Appl Oral Sci.* 2010;18:1-4.
116. Frencken JE. The ART approach using glass-ionomers in relation to global oral health care. *Dent. Mater.* 2010;26:1-6.

117. Algera TJ, Kleverlaan CJ, Prahl-Andersen B, Feilzer AJ. The influence of environmental conditions on the material properties of setting glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2006;22(9):852-856.
118. Zhao J, Xie D. Effect of Nanoparticles on Wear Resistance and Surface Hardness of a Dental Glass-ionomer Cement. *J Compos Mater.* 2009;43:2739-2752.
119. Yesilyurt C, Er K, Tasdemir T, Buruk K, Celik D. Antibacterial activity and physical properties of glass-ionomer cements containing antibiotics. *Oper Dent.* 2009;34(1):18-23.
120. Berg JH. Glass ionomer cement. *Pediatr Dent.* 2002;24(5):430-438.
121. Sidhu SK. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:23-30.
122. Frencken JE, Taifour D, van 't Hof MA. Survival of ART and amalgam restorations in permanent teeth of children after 6.3 years. *J Dent Res.* 2006;85(7):622-626.
123. Menne-Happ U, Ilie N. Effect of heat application on the mechanical behaviour of glass ionomer cements. *Clin Oral Investig.* 2014;18(2):643-650.
124. Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent.* 2012;6(1):79-86.
125. Rai R, Gupta R. In vitro evaluation of the effect of two finishing and polishing systems on four esthetic restorative materials. *J Conserv Dent.* 2013;16(6):564-567.
126. de Paula AB, de Fucio SB, Alonso RC, Ambrosano GM, Puppini-Rontani RM. Influence of chemical degradation on the surface properties of nano restorative materials. *Oper Dent.* 2014;39(3):E109-117.
127. Padovani G, Fucio S, Ambrosano G, Sinhoreti M, Puppini-Rontani R. In situ surface biodegradation of restorative materials. *Oper Dent.* 2014;39(4):349-360.
128. Kamatham R, Reddy SJ. Surface coatings on glass ionomer restorations in Pediatric dentistry-Worthy or not? *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2013;31(4):229-233.
129. Cibim DD, Saito MT, Giovani PA, Borges AFS, Pecorari VGA, Gomes OP, et al. Novel Nanotechnology of TiO₂ Improves Physical-Chemical and Biological Properties of Glass Ionomer Cement. *Int J Biomater.* 2017; ID:7123919.

130. Gerdolle DA, Mortier E, Jacquot B, Panighi MM. Water sorption and water solubility of current luting cements: an in vitro study. *Quintessence Int.* 2008;39(3):e107-114.
131. Beriat NC, Nalbant D. Water Absorption and HEMA Release of Resin-Modified Glass-Ionomers. *Eur J Dent.* 2009;3(4):267-272.
132. Bagheri R, Burrow MF, Tyas MJ. Surface characteristics of aesthetic restorative materials - an SEM study. *J Oral Rehabil.* 2007;34(1):68-76.
133. Shintome LK, Nagayassu MP, Di Nicolo R, Myaki SI. Microhardness of glass ionomer cements indicated for the ART technique according to surface protection treatment and storage time. *Braz Oral Res.* 2009;23(4):439-445.
134. Aliping-McKenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. The effect of saliva on surface hardness and water sorption of glass-ionomers and “compomers”. *J Mater Sci Mater Med.* 2003;14:869-873.
135. Hamouda IM. Effects of Various Beverages on Hardness, Roughness and Solubility of Esthetic Restorative Materials. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23:315-323.
136. Munack J, Haubert H, Dogan S, Geurtsen W. Effects of various storage media on surface hardness and structure of four polyacid-modified composite resins (“compomers”). *Clin Oral Invest.* 2001;5:254-259.
137. Tuzuner T, Ulusu T. Effect of antibacterial agents on the surface hardness of a conventional glass-ionomer cement. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(1):45-49.
138. Yap AU, Cheang PH, Chay PL. Mechanical properties of two restorative reinforced glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2002;29(7):682-688.
139. Mohamed-Tahir MA, Yap AU. Effects of pH on the surface texture of glass ionomer based/containing restorative materials. *Oper Dent.* 2004;29(5):586-591.
140. Küçükeşmen HC, Küçükeşmen Ç, Öztaş DD, Kaplan R. Farklı tiplerdeki geleneksel ve rezin-modifiye cam iyonomer simanların su emilimi ve suda çözünürlüğü. *AÜ Diş Hek Fak Derg.* 2005;32(1) 25-34.
141. Yap AUJ, Mok BYY. Surface Finish of a New Hybrid Aesthetic Restorative Material. *Oper Dent.* 2002;27:161-166.
142. Yap AUJ, Pek YS, Cheang P. Physical-mechanical properties of a fastset highly viscous GIC restorative. *J Rehabil.* 2003;30:1-8.
143. Shabanian M, Richards LC. In vitro wear rates of materials under different loads and varying pH. *J Prosthet Dent.* 2002;87(6):650-656.

144. Wan AC, Yap AU, Hastings GW. Acid-base complex reactions in resin-modified and conventional glass ionomer cements. *J Biomed Mater Res.* 1999;48(5):700-704.
145. Nicholson JW, Czarnecka B. Kinetic studies of water uptake and loss in glass-ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med.* 2008;19(4):1723-1727.
146. da Silva RC, Zuanon AC. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Braz Dent J.* 2006;17(2):106-109.
147. Yıldırım M, Patır A, Seymen F, Gençay K. Estetik restoratif materyallerin cila işlemlerinden sonra yüzey yapısının sem ile incelenmesi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2012;22(3):277-286.
148. Jung M, Voit S, Klimek J. Surface geometry of three packable an done hybrid composite after finishing. *Oper Dent.* 2003;28:53-59.
149. Sarı ME, Koyutürk AE, Çankaya S. Günlük tüketilen yiyecek ve içeceklerin mine ve dolgu materyallerinin yüzey sertliği ve pürüzlülüğüne etkisi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2010;20.3:153-161.
150. Rios D, Honório, HM., Araújo, P.A., Machado, M.A.A. . Wear and superficial roughness of glass ionomer cements used as sealants, after simulated toothbrushing. *Braz Oral Res.* 2002;16:343-348.
151. Kapdan A, Ünal M, Hürmüzlü F. Bitirme ve parlatma sistemlerinin arka diş kompozitlerinin yüzey düzgünlüğüne etkisi. *SÜ Diş Hek Fak Derg.* 2010;19:9-14.
152. Alp F. Fluorid içeren rezin esaslı olan ve olmayan üç farklı cam iyonomer siman ve bir akışkan kompozit rezin materyalinin iki farklı rezin esaslı nano içerikli glaze materyali ile kaplanmasının, materyallerin florid salınım değerleri, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği özelliklerine olan etkilerinin karşılaştırılması,2011, Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 151 sayfa, İstanbul, (Prof. Dr. Nüket Sandallı).
153. Gömeç Y, Dörter C, Yıldız E, Efes BG. Diş rengindeki restoratif materyallerin diş fırçalama işlemi sonrasında yüzey özellikleri. *İÜ Diş Hek Fak Derg.* 1999;1:37-44.
154. Yılmaz B, Özyurt, P. Cam-iyonmer simanların yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı bitirme tekniklerinin etkisinin araştırılması. *J Dental Sci.* 1999;5:118-125.
155. Pedrini D, Candido MS, Rodrigues AL. Analysis of surface roughness of glass-ionomer cements and compomer. *J Oral Rehabil.* 2003;30(7):714-719.

156. Ozgunaltay G, Yazici AR, Gorucu J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *J Oral Rehabil.* 2003;30(2):218-224.
157. Pacifici E, Bossu M, Giovannetti A, La Torre G, Guerra F, Polimeni A. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for uncooperative patients according to surface protection treatment. *Ann Stomatol (Roma)* 2013;4(3-4):250-258.
158. Yalçın M. Antibakteriyel etkinliklerinin geliştirilmesiyle modifiye edilmiş farklı tipteki cam iyonmer simanların antibakteriyel, sitotoksik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi. 2009, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 113 sayfa, Konya, (Prof. Dr. Abdulkadir Şengün).
159. Korkut E. Biyoaktif cam ile modifiye edilen cam iyonmer esaslı fissür örtücünün fiziksel özelliklerinin araştırılması. 2013, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 82 sayfa, Konya, (Yrd. Do. Dr. Murat Selim Botsalı).
160. Nicholson JW, Czarnecka B. Kinetic studies of the effect of varnish on water loss by glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2007;23(12):1549-1552.
161. Mortier E, Gerdolle DA, Jacquot B, Panighi MM. Importance of Water Sorption and Solubility Studies for Couple Bonding Agent— Resin-based Filling Material. *Oper Dent.* 2004;29-6:669-676.
162. Örtengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil.* 2001;28:1106-1115.
163. Küçükeşmen Ç, Öztaş D, Küçükeşmen H. Farklı ışık kaynakları ile polimerize edilen kompozit, kompomer ve rezin modifiye cam iyonmer siman materyallerinin su emilimi ve suda çözünürlük değerlerinin incelenmesi. *SDÜ Tıp fak dergi.* 2007;4:17-23.
164. International Organization For Standardization. ISO 4049: Dental resin-base restorative materials. Switzerland 1985; TC106-WGI-TG9-DP4049.
165. Çıralı G. Bulkfil uygulamalı farklı yapıdaki restoratif materyallerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması ve yüzey örtücü ile kaplanmalarının fiziksel özellikleri üzerine etkisinin değerlendirilmesi. 2015, Yeditepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 177 sayfa, İstanbul, (Prof. Dr. Nüket Sandallı).

166. Akman H, Tosun G, Kahvecioğlu F. Kütlesel olarak yerleştirilebilen restoratif materyallerin su emilimi ve suda çözünürlük özelliklerinin değerlendirilmesi. *Selcuk Dent J.* 2018;5:13-21.
167. Sevilmiş HH, Bulucu B. Adeziv materyallerin su emilimi özellikleri. *Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2007;31:16-21.
168. Silva RC, Zuanon AC, Esberard RR, Candido MS, Machado JS. In vitro microhardness of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med.* 2007;18(1):139-142.
169. Ellakuria J, Triana R, Mínguez N, Soler I, Ibaseta G, Maza J et al. Effect of one-year water storage on the surface micro-hardness of resin-modified versus conventional glass ionomer cements. *Dent Mater.* 2003;19(4):286-290.
170. Gill NC, Pathak A. Comparative evaluation of the effect of topical fluorides on the microhardness of various restorative materials: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2010;28:193-199.
171. Silva KG, Pedrini D, Delbem AC, Cannon M. Microhardness and fluoride release of restorative materials in different storage media. *Braz Dent J.* 2007;18(4):309-313.
172. Baloch F, Mirza A, Baloch D. An in-vitro study to compare the microhardness of glass ionomer cement set conventionally versus set under ultrasonic waves. *Int J Health Sci (Qassim).* 2010;4(2):149-155.
173. Shiekh RA, Rahman I Ab, Luddin N. Modification of glass ionomer cement by incorporating hydroxyapatite-silica nano-powder composite: Sol-gel synthesis and characterization. *Ceramics International.* 2014;40(2):3165-3170.
174. Rahman I Ab, Ghazali NAM, Bakar WZW, Masudi SM. Modification of glass ionomer cement by incorporating nanozirconia-hydroxyapatite-silica nano-powder composite by the one-pot technique for hardness and aesthetics improvement. *Ceramics International.* 2017;43(16):13247-13253.
175. Garcia-Contreras R, Scougall-Vilchis RJ, Contreras-Bulnes R, Sakagami H, Morales-Luckie RA, Nakajima H. Mechanical, antibacterial and bond strength properties of nano-titanium-enriched glass ionomer cement. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(3):321-328.
176. Topcu FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Uslan I, Acikel C. Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin

- composites polymerized with two different light sources. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2010;92(2):470-478.
177. Gömeç Y, Dörter C, Ersev H, Guray Efes B, Yildiz E. Effects of dietary acids on surface microhardness of various tooth-colored restoratives. *Dent Mater J.* 2004;23(3):429-435.
178. Bertrand MF, Leforestier E, Muller M, Lupi-Pegurier L, Bolla M. Effect of surface penetrating sealant on surface texture and microhardness of composite resins. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(6):658-663.
179. Zoergiebel J, Ilie N. Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging and storage agents. *Clin Oral Investig.* 2013;17(2):619-626.
180. Moshaverinia M, Borzabadi-Farahani A, Sameni A, Moshaverinia A, Ansari S. Effects of incorporation of nano-fluorapatite particles on microhardness, fluoride releasing properties, and biocompatibility of a conventional glass ionomer cement (GIC). *Dent Mater J.* 2016;35(5):817-821.
181. Garcia IM, Leitune VCB, Balbinot GS, Samuel SMW, Collares FM. Influence of niobium pentoxide addition on the properties of glass ionomer cements. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2016;2(1):138-143.
182. Peez R, Frank S. The physical-mechanical performance of the new Ketac Molar Easymix compared to commercially available glass ionomer restoratives. *J Dent.* 2006;34(8):582-587.
183. Turkun LS, Turkun M, Ertugrul F, Ates M, Brugger S. Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent.* 2008;20(1):29-44; discussion 45.
184. Khaghani M, Alizadeh S, Doostmohammadi A. Influence of Incorporating Fluoroapatite Nanobioceramic on the Compressive Strength and Bioactivity of Glass Ionomer Cement. *J Dent Biomater.* 2016;3(3):276-283.
185. Bhattacharya A, Vaidya S, Tomer AK, Mangat P, Raina AA. Evaluation and comparison of physical properties and fluoride release of newly introduced ceramic reinforced glass-ionomer restorative material with other glass ionomer cements – An in vitro study. *Int J Appl Dent Sci.* 2017;3(4):486-492.
186. Bhatia HP, Singh S, Sood S, Sharma NA. Comparative Evaluation of Sorption, Solubility, and Compressive Strength of Three Different Glass Ionomer Cements in Artificial Saliva: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2017;10(1):49-54.



ÖZGEÇMİŞİM

Adı Soyadı: Zeynep ÖZKALENDER

Doğum Tarihi: 27 Haziran 1986

Doğum Yeri: Erzincan

Görev Yeri: Gaziantep

Yabancı Dili: İngilizce

E-Posta Adresi: zeyneppamir86@gmail.com

Öğrenim durumu:

DERECE	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE	YIL
Lisans	Diş Hekimliği	Yeditepe Üniversitesi	2005-2011
Doktora	Pedodonti	Gaziantep Üniversitesi	2013-

Görevler:

GÖREV ÜNVANI	GÖREV YERİ	YIL
Diş Hekimi	T.C Sağlık Bakanlığı	2015-

ESERLER

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabına basılan bildiriler:

1. E Yıldız, M Simsek, **Z Pamir**. Fracture strength of restorations in proximal cavities of primary molars. 47. Meeting of the Continental European Division of the International Association For Dental Research (CED-IADR) kongresi Ekim 2015, Antalya, Türkiye.
2. **Z Özkalender**, G Keskin, N Öztaş. Investigation of physical properties of three different glass ionomer cements: an in vitro study. International Congress on Preventive Dentistry, Mart 2018, Erzurum, Türkiye.

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. E Yıldız, M Simsek, **Z Pamir**. Fracture strength of restorations in proximal cavities of primary molars. *The Journal Of Scanning Microscopies*,2016;38:43-49.