

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

BEYAZLATMA VE ANTIOKSİDAN AJANLARIN CAD/CAM VE
ESTETİK RESTORATİF MATERYALLERİN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Oğuz Kaan TÜYSÜZ

UZMANLIK TEZİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Merve GÜRSES

KONYA-2023

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**BEYAZLATMA VE ANTİOKSİDAN AJANLARIN CAD/CAM VE
ESTETİK RESTORATİF MATERYALLERİN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Oğuz Kaan TÜYSÜZ

UZMANLIK TEZİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Merve GÜRSES**

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 22132006 proje numarasıyla desteklenmiştir.

KONYA-2023

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez sürecim boyunca her zaman bilgisini ve tecrübesini paylaşan, mesleki anlamda ilerlememe yardımcı olan, anlayış ve hoşgörüsüyle her konuda desteğini hissettiğim ve kendisinden çok şey öğrendiğim sevgili danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi. Merve GÜRSES'e

Uzmanlık eğitimim süresince mesleki tecrübelerini ve bilgi birikimlerini bizlerle paylaşan kıymetli hocalarım Selçuk Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri; Prof. Dr. Nimet ÜNLÜ'ye Prof. Dr. Ali Rıza ÇETİN'e, Prof. Dr. Hayriye Esra ÜLKER'e ve Prof. Dr. Nevin ÇOBANOĞLU'na

Her konuda ilgi, destek ve sevgilerini hissettiğim, beraber çalışmaktan keyif ve mutluluk duyduğum değerli çalışma arkadaşlarıma,

Her konuda ilgi, destek ve sevgilerini hissettiğim, sevgili annem Hüsniye TÜYSÜZ'e sevgili babam Hayrettin TÜYSÜZ'e, sevgili ablam Münevver KAYA'ya ve sevgili abim Yavuz TÜYSÜZ'e

Hayatıma girdiği günden beri sevgisi ve desteğiyle yanımda olan, varlığıyla hayatımı anlamlı kılan değerli eşim Uzm. Dt. Çiğdem Çebi TÜYSÜZ'e,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Oğuz Kaan TÜYSÜZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Beyazlatma	3
1.1.1. Diş Renklenmeleri	3
1.1.2. Beyazlatma Ajanlarının Birleşimi	4
1.1.3. Beyazlatmanın Mekanizması.....	5
1.1.4. Diş Beyazlatma İşlemlerinin Çeşitleri.....	6
1.1.5. Dental Beyazlatmada Kullanılan Ajanlar	8
1.2. Kompozit Rezinerler	10
1.2.1. Kompozit Rezinerlerin Yapısı	10
1.2.3. Kompozit Rezinerlerin Sınıflandırılması.....	13
1.2.4. Kompozit Rezinerlerin Özellikleri	16
1.3. Restoratif Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemler.....	18
1.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Üretimi.....	19
1.3.2. CAD/CAM Teknolojisinin Avantajları	20
1.3.3. CAD/CAM Sistemlerin Kısıtlamaları ve Dezavantajları	20
1.3.4. CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller	20
1.3.5. İndirekt Restorasyonlarda CAD/CAM Kompozitler.....	21
1.4. Antioksidan Ajanlar ve Sodyum Askorbat (Askorbik asit)	22
1.5. Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	23
1.5.1. Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	23
1.5.2. AFM ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	24
1.5.3. SEM ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	24
1.6. Dental Restoratif Materyallerde Sertlik Ölçümü	25
1.6.1. Rockwell Sertlik Testi	25
1.6.2. Knoop Sertlik Testi	26

1.6.3. Brinell Sertlik Testi	27
1.6.4. Vickers Sertlik Testi	27
1.6.5. Barcol Sertlik Testi	28
1.6.6. Shore Sertlik Testi	28
1.7. Diş Hekimliğinde Renk	29
1.7.1. Hue (Ton)	30
1.7.2. Value (Parlaklık)	30
1.7.3. Chroma	31
1.7.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü	32
2. GEREÇ ve YÖNTEM	36
2.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	36
2.1.1. Çalışmada kullanılan restoratif materyaller	36
2.1.2. Çalışmada Kullanılan Beyazlatma Ajanları	38
2.2. Örneklerin Hazırlanması	40
2.3. Deney Gruplarının Belirlenmesi	42
2.4. Örneklerin Saklanması	43
2.5. Yüzey Pürüzlülüğün Ölçülmesi	44
2.6. Mikrosertlik Değerlerinin Ölçülmesi	45
2.7. Renk Ölçümlerinin Yapılması	45
2.8. Ev Tipi Beyazlatma İşleminin Uygulanması	46
2.9. Örneklerle Ofis Tipi Beyazlatma Ajanı Uygulaması	47
2.10. Beyazlatma işleminden sonra örneklerin fiziksel özelliklerinin ölçülmesi	48
2.11. Askorbik Asit Uygulaması	48
2.12. Taramalı Elektron Mikroskopunda Görüntülerinin İncelenmesi	49
2.13. Atomik Kuvvet Mikroskobu'nda Görüntülerin İncelemesi	50
2.14. İstatistiksel Analizler	51
3. BULGULAR	52
3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Bulgularının Değerlendirilmesi	52
3.2. Mikrosertlik Bulgularının Değerlendirilmesi	54
3.3. Renk Değişimi Bulgularının Değerlendirilmesi	58

3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Bulgularının Değerlendirilmesi	60
3.5. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Bulgularının Değerlendirilmesi	69
4. TARTIŞMA	85
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	102
6. KAYNAKLAR	103



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bis-EMA	: Bisfenol A etoksi dimetakrilat
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
AFM	: Atomik kuvvet mikroskobu
Bis-GMA	: Bisfenol-A glisidil metakrilat
UDMA	: Üretan dimetakrilat
SiO₂	: Silikon dioksit
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage
TEGDMA	: Tri etilen glisikol dimetakrilat
KP	: Karbamiit peroksit
HP	: Hidrojen peroksit
ΔE	: Total renk değişimi
Ra	: Ortalama pürüzlülük
C	: Santigrad derece
VMH	: Vickers microseertlik
nm	: Nanometre
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
L*	: Rengin siyah-beyaz eksenindeki yeri
a*	: Rengin yeşil-kırmızı eksenindeki yeri
b*	: Rengin sarı-mavi eksenindeki yeri
CAD/CAM	: Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim
mm	: Milimetre
%	: Yüzde

ÖZET

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Beyazlatma ve Antioksidan Ajanların CAD/CAM ve Estetik Restoratif Materyallerin Fiziksel Özellikleri Üzerindeki Etkileri

OĞUZ KAAN TÜYSÜZ

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

UZMANLIK TEZİ / KONYA-2023

Bu *in vitro* çalışmanın amacı, üç farklı universal kompozit materyale (G-aeniel A'chord; GCA, Filtek Ultimate; FU, Clearfil Majesty ES-2; CM) ve iki rezin esaslı CAD/CAM bloğa (Lava Ultimate; LU, GC Cerasmart; GCC) ofis tipi (OB) ve ev tipi (HB) beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit (AA) uygulamasının materyallerin pürüzlülük, mikrosertlik ve renk değişimi gibi fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Kompozit materyallerden her biri 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında disk şeklinde; CAD/CAM bloklardan ise her biri 14x7x2 mm kalınlığında dikdörtgen prizması şeklinde örnekler hazırlanmıştır. Kompozit ve CAD/CAM materyaller, uygulanan beyazlatma ajanının tipine göre (ev ve ofis tipi) iki gruba ayrılmıştır (n=30). Beyazlatma sonrası tüm örnekler AA uygulanmıştır. Tüm örneklerin başlangıç (I), beyazlatma sonrası (B) ve beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası (BA) yüzey pürüzlülük, mikrosertlik ve renk değerleri ölçülüp kaydedilmiştir. Örneklerin yüzey özelliklerini incelemek için AFM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) ve SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri alınmıştır. İstatistiksel analiz için 3-Yönlü Mixed ANOVA ve Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Anlamlılık seviyesi %5 olarak belirlenmiştir.

Tüm materyallerin yüzey pürüzlülük değerleri ev ve ofis tipi beyazlatma sonrası başlangıç ölçümlerine göre düşüş göstermiştir. CM'nin HB grubunun BA; LU'nin HB grubunun B; GCC'ın hem OB hem de HB grubunun B Ra değerleri I'dan anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Tüm materyallerin her iki beyazlatma sonrası mikrosertlik değerleri anlamlı olarak azalmıştır ($p<0.05$). Materyallerin renk değişim değerleri ise beyazlatma yöntemine göre değişkenlik göstermektedir. LU'nin yalnızca HB grubunda $\Delta E2$ (BA-I) $\Delta E1$ 'den (B-I) anlamlı olarak yüksektir ($p=0.047$). AA uygulaması; CM'nin HB grubunda Ra değerlerini anlamlı olarak azaltmıştır. CM ve GCC'ın HB gruplarında mikrosertlik değerlerini anlamlı olarak arttırmıştır.

Beyazlatma ajanları ve askorbik asit uygulaması, materyallerin fiziksel özelliklerini etkilemiştir. Beyazlatma işlemleri sonrası askorbik asit uygulaması ile materyallerin fiziksel özellikleri ya değişmemiş ya da iyileşmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre antioksidan ajan uygulamasının beyazlatma ajanlarının negatif etkilerini iyileştirebileceği klinisyenler tarafından göz önünde bulundurulabilir.

Anahtar Sözcükler: askorbik asit, CAD/CAM, dental beyazlatma, hidrojen peroksit, mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

REPUBLIC OF TURKEY
SELCUK UNIVERSITY
FACULTY OF DENTISTRY

Effects of Bleaching and Antioxidant Agents on the Physical Properties of CAD/CAM and Aesthetic Restorative Materials

OĞUZ KAN TŪYSŪZ

Department of Restorative Dentistry

THESIS /KONYA-2023

The aim of this in vitro study was to evaluate the effects of the application of office (OB) and home (HB) bleaching agents followed by ascorbic acid (AA) to three different universal composite materials (G-aeniel A'chord; GCA, Filtek Ultimate; FU, Clearfil Majesty ES-2; CM) and two resin-based CAD/CAM blocks (Lava Ultimate; LU, GC Cerasmart; GCC) on their physical properties such as roughness, microhardness, and discoloration.

Composite materials were prepared as disks, each 2 mm thick and 8 mm in diameter; CAD/CAM blocks were prepared as rectangular prisms, each 14x7x2 mm thick. The composite and CAD/CAM materials were divided into two subgroups according to the type of bleaching agent applied (home and office) (n=30). AA was applied to all specimens after bleaching. Surface roughness, microhardness, and color values of all samples were measured and recorded at baseline (I), after bleaching (B), and after bleaching+ascorbic acid treatment (BA). AFM (Atomic Force Microscopy) and SEM (Scanning Electron Microscopy) images were taken to examine the surface properties of the samples. For statistical analysis, 3-way Mixed ANOVA and Bonferroni correction were applied. The significance level was set at 5%.

Surface roughness values of all materials decreased after home and office bleaching compared to initial measurements. BA of the HB group of CM; B of the HB group of LU; B Ra of both OB and HB group of GCC were found to be significantly lower than I. Microhardness values of all materials decreased significantly after both bleaching ($p<0.05$). The color change values of the materials varied according to the bleaching method. Only in the HB group of LU, $\Delta E2$ (BA-I) was significantly higher than $\Delta E1$ (B-I) ($p=0.047$). AA application significantly decreased Ra values in the HB group of CM. It significantly increased the microhardness values of CM and GCC in HB groups.

Bleaching agents and ascorbic acid treatment affected the physical properties of the materials. The physical properties of the materials either remained unchanged or improved with the application of ascorbic acid after bleaching procedures. According to the results of the study, clinicians may consider that the application of antioxidant agents may improve the negative effects of bleaching agents.

Keywords: ascorbic acid, CAD/CAM, dental bleaching, hydrogen peroxide, microhardness, surface roughness.

1. GİRİŞ

Günümüzde dişlerin şekli, dokusu, konumu ve rengindeki değişiklikler de dahil olmak üzere gülüş tasarımı için çeşitli estetik prosedürler tanımlanmıştır. Bunların en konservatifi ve noninvaziv olanı beyazlatma tedavisidir (Haywood, 1992). İnvaziv yaklaşımların en büyük dezavantajı, tekrarlayan restorasyon döngüsüne potansiyel katkılarıdır (Walsh & Brostek, 2013). Bu nedenle, dental beyazlatma işlemleri diş renklenmelerinin tedavisinde invaziv olmayan, etkili, güvenli, öngörülebilir ve ucuz bir prosedür olarak kabul edilir (Carey, 2014).

Beyazlatma tedavisi arzu edilen bir estetik etki yarattığı için kabul görmekte ve popülerlik kazanmaktadır (S. R. Kwon & Wertz, 2015). Beyazlatma tedavileri farklı yöntemlerle uygulanabilmektedir. Kliniklerde hekimler tarafından uygulanan ofis tipi beyazlatma, hastaların hekim gözetiminde plaklar yardımıyla uyguladığı ev tipi beyazlatma ve hekim gözetimi olmadan hastaların kullanımına sunulan tezgah üstü ürünler olarak sıralanabilir. Seçilen tekniğe bakılmaksızın, prosedür doğru uygulandığında çoğu diş renklenme vakasında beyazlatma tedavisiyle tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir (Rezende vd., 2016)

Hastaların estetik beklentilerinin artmasıyla birlikte diş renginde restoratif materyallerin üretimi ve kompozit rezinlerin klinik kullanımını artırmıştır (M.-H. Chen, 2018). Ön bölgede, maliyetinin düşük olması, hasta başında geçirilen zamanı kısaltması ve minimal invaziv restorasyonlara izin vermesi gibi avantajlarıyla direkt restorasyonlar rutin olarak uygulanmaktadır. Direkt restorasyonlara kıyasla, polimerizasyon büzülme stresini azaltması, daha iyi marjinal adaptasyon, geliştirilmiş anatomik form ve daha iyi proksimal kontak sağlanabilmesi nedeniyle bu bölgede indirekt restorasyonlar da günümüzde tercih edilmektedir (Lange & Pfeiffer, 2009; Ozakar-Ilday vd., 2013; Peumans vd., 2010; Touati & Aidan, 1997). Seramik esaslı materyaller, indirekt uygulanan kompozitler ve CAD/CAM bloklar indirekt restorasyonlarda kullanılan materyallerden birkaçıdır. Kompozitlerin ve rezin bazlı CAD/CAM blokların tamir edilebilirliklerinin daha kolay olması bu materyallerin kullanım sıklıklarını arttırmaktadır (Fradeani vd., 1997; Krämer vd., 1999).

Restorasyonların başarısı, kullanılan materyalin dayanıklılık, sertlik, aşınma direnci, renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğü gibi mekanik ve fiziksel özelliklerine, ikincil çürüklerin, mikrosızıntı ve plak birikiminin önlenmesine ve hasta memnuniyetine bağlıdır

(Chesterman vd., 2017) Bir materyalin yüzey mikrosertliği ile orantılı olarak aşınmaya ve çizilmeye karşı direnci artarken, deformasyon riski azalır. Başarılı bir restorasyon ve oklüzyon sağlamak için kullanılan materyalin doğal diş dokusuna mümkün olduğunca yakın yüzey sertliğine ve aşınma direncine sahip olması gerekmektedir (Garoushi vd., 2008).

Restorasyonların yüzey pürüzlülüğü, restorasyonun su emme ve estetik özelliklerinin yanı sıra plak birikimini de etkileyen önemli bir özelliktir. Pürüzlü yüzeyler, restorasyon yüzeyinde renklendirici maddelerin birikmesine neden olarak estetik sorunlara neden olabilir. Ayrıca pürüzlü yüzeylerde biriken plak çevre yumuşak dokularda da irritasyonlara neden olabilmektedir (Uçtaşı vd., 2007). Bu nedenle tercih edilecek restoratif materyallerin pürüzlülük özellikleri restorasyonların başarısında önemli bir etkidir.

Restoratif materyallerin içeriği, polimerizasyon derinliği, kimyasal ve fiziksel özellikleri renk stabiliteelerini etkilemektedir. Ağız içi gibi dinamik bir ortamda birçok renklendirici ajana maruz kalan restorasyonların renk stabiliteelerini korumaları restorasyonların klinik başarısının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir (M.-S. Choi vd., 2005; Dietschi vd., 1994).

Diş beyazlatma tedavileri özellikle ön bölgede kanin-kanin arası dişlerde daha sık uygulanmaktadır. Beyazlatma yapılacak dişlerde restorasyonların olması durumunda dişlerle birlikte restorasyon materyalleri de beyazlatma ajanlarına maruz kalmaktadır. Beyazlatma ajanları olumlu estetik etkiler sağlarken; dentin hassasiyeti ve mine dokusunda gözlenen yüzey değişiklikleri gibi negatif durumlara da neden olmaktadır. Mineral kaybı, artan yüzey pürüzlülüğü, azalan mikrosertlik ve kırılma dayanımı beyazlatma işlemi sonrası mine dokusunda gözlenen değişiklikler arasındadır. Bu değişiklikler beyazlatma uygulanan dişlerdeki restorasyon materyallerinde de görülebilir (Sasaki vd., 2009). Beyazlatma ajanlarının restoratif materyallerin fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi önemli bir araştırma alanıdır.

Beyazlatma ajanlarının oksitleyici etkileri diş dokusuyla restorasyon materyali arasındaki bağlantıyı olumsuz etkilemektedir. Beyazlatma yapılan dişlere restorasyon yapılması için bir hafta beklenilmesi araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Berman & Hargreaves, 2015). Bu nedenle beyazlatma sonrasında mine ve dentin dokusundaki serbest radikallerin azaltılması için askorbik asit ve sodyum tuzları gibi antioksidan

ajanlar kullanılmaktadır (Kimyai & Valizadeh, 2008). Antioksidan ajanların varolan restorasyon materyallerinin fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışma ise literatürde bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, üç univarsal kompozit materyale ve iki rezin esaslı CAD/CAM bloğa ofis tipi ve ev tipi beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin pürüzlülük, mikrosertlik ve renk değişimi gibi fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektir.

Çalışmanın başlangıç hipotezleri;

1) Üç farklı universal kompozit rezin materyale ve iki farklı rezin esaslı CAD/CAM bloğa iki farklı beyazlatma işlemi (ofis tipi, ev tipi) uygulanması materyallerin yüzey pürüzlülükleri, mikrosertlikleri ve renk özellikleri üzerinde değişiklik oluşturmaz.

2) Üç farklı universal kompozit rezin materyale ve iki farklı rezin esaslı CAD/CAM bloğa iki farklı beyazlatma işlemi sonrasında askorbik asit uygulanması materyallerin yüzey pürüzlülükleri, mikrosertlikleri ve renk özellikleri üzerinde değişiklik oluşturmaz.

1.1. Beyazlatma

Günümüzde diş beyazlatma işlemi en popüler estetik diş tedavilerinden biri haline gelmiştir. Diş beyazlatma işlemleri ilk olarak travma sonrası ya da endodontik tedavi sonrası renklenmiş dişlerin beyazlatılması için muayenehanelerde uygulanmaya başlanmıştır. 1980'lerin sonlarından itibaren beyazlatma tedavisinin alanı; kliniklerde uygulanan beyazlatma (ofis tipi), diş hekiminin reçete ettiği ajanlarla evde uygulanan beyazlatma (ev tipi), hem klinikte hem de evde uygulanabilen (kombine) vital diş beyazlatma uygulamalarıyla diğer ürün ve tekniklerin geliştirilmesiyle önemli ölçüde değişmiştir (Pradeep, 2015).

1.1.1. Diş Renklenmeleri

Dişlerin görünümünü olumsuz etkileyen farklı renklenme tipleri vardır. Bu renklenmelerin nedenleri ve tedavileri hastaya ve dişlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, beyazlatmanın diş rengini iyileştirme oranı ve derecesinin daha iyi tahmin edilmesi için diş renklenmesinin nedenleri dikkatlice

değerlendirilmelidir. Bazı renklenmelerin uzaklaştırılması diğerlerinden daha zordur (Boksman vd., 1983). Renklenmeler dışsal veya içsel olabilir.

Dışsal (Ekstrinsik) Renklenmeler

Ekstrinsik lekeler genellikle dişlerin dış yüzeyinde renk verici maddelerin (kromojenik) birikmesinden kaynaklanır. Kötü ağız hijyeni, renklendiricili yiyecek ve içeceklerin sık tüketilmesi ve tütün kullanımı gibi nedenlerle dışsal renk değişiklikleri meydana gelebilir. (Viscio vd., 2000). Çoğu dışsal diş renklenmesi, rutin profilaktik prosedürlerle (profesyonel diş temizleme ve polisaj işlemleri) giderilebilir. Zamanla bu lekeler koyulaşır ve daha kalıcı hale gelebilir; ancak yine de beyazlatma işlemine karşı oldukça duyarlıdır (Goldstein & Garber, 1995).

İçsel (İntrinsik) Renklenmeler

İçsel renklenmelere genellikle daha derin iç lekeler veya mine defektleri neden olur. Yaşlanma, çocukluk döneminde aşırı antibiyotik (tetrasiklin türevleri) kullanımı, çocukluk ve gençlik döneminde yoğun florür alımı, diş travmaları, endodontik tedavi, bebeklik döneminde şiddetli sarılık, porfiria vb. hastalık geçirilmesi, aşırı diş sıkma ve gıcırdatma bu tip renklenmelere neden olabilir.

İçsel renklenmeler düzenli profilaktik prosedürlerle çıkarılamaz. Bununla birlikte, kromojenleri okside etmek için mine ve dentine nüfuz eden beyazlatma ajanlarıyla azaltılabilirler. Sarımsı yaşlanma renklenmeleri çoğu durumda beyazlatmaya hızlı yanıt verirken, mavi-gri tetrasiklin renklenmeleri beyazlatmaya en yavaş, kahverengi renklenmeye sahip dişler (amelogenesis imperfecta-dentinogenesis imperfecta) orta derecede yanıt verir (Leonard vd., 2003).

1.1.2. Beyazlatma Ajanlarının Birleşimi

Mevcut beyazlatma ajanları, hem aktif hem de aktif olmayan bileşenler içerir. Daha çok hidrojen peroksit (HP) ve türevlerini içeren aktif bileşenli ürünler kullanılmaktadır. HP direkt olarak dişler üzerine uygulanabildiği gibi, karbomit peroksit (KP) veya sodyum perborat gibi öncü materyallerden kimyasal olarak salınımı sonucunda da etki gösterebilir (Dahl & Pallesen, 2003). Bu maddeler tek başına kullanılabildikleri gibi birlikte de kullanılabilirler. HP ve KP daha çok vital beyazlatmada, sodyum perborat ise devital beyazlatmada tercih edilmektedir (S. R. Kwon & Wertz, 2015).³ Koyulaştırıcı-

kıvam artırıcı ajanlar, taşıyıcı, yüzey aktif madde ve pigment dağıtıcılar, koruyucu ve tatlandırıcılar da aktif olmayan bileşenler olarak sayılabilir.

- a) Kıvam Arttırıcı Maddeler:** Karbopol (karboksipolimetilen), beyazlatma ajanlarının içerisinde en sık kullanılan kıvam arttırıcı maddedir. Konsantrasyonu genellikle %0,5 ile %1,5 arasındadır. Bu yüksek moleküler ağırlıklı poliakrilik asit polimeri iki ana avantaj sunar. Birincisi, beyazlatma ajanlarının viskozitesini artırır. İkincisi, beyazlatma ajanlarının aktif oksijen salma süresini 4 kata kadar artırır (Rodrigues vd., 2007).
- b) Taşıyıcı:** Gliserin ve propilen glikol, beyazlatma ajanlarının içerisinde en sık kullanılan taşıyıcılardır. Taşıyıcı, nemi muhafaza edebilir ve diğer bileşenlerin çözülmesine yardımcı olabilir.
- c) Sürfaktan ve Pigment Dağıtıcılar:** Sürfaktan veya pigment dağıtıcı içeren jellerin içermeyenlerden daha etkili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Feinman, 1991). Sürfaktan, aktif beyazlatıcı bileşenin dağılmasına izin veren bir yüzey ıslatma maddesi olarak işlev görür. Pigment dağıtıcılar ise, pigmentleri süspansiyon halinde tutar.
- d) Koruyucu:** Metil, propilparaben ve sodyum benzoat koruyucu maddeler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bileşenlerin beyazlatma ajanlarında bakteri üremesini önleme özelliği vardır. Ek olarak, bu maddeler demir, bakır ve magnezyum gibi geçiş metallerini serbest bırakarak hidrojen peroksitin parçalanmasını hızlandırabilir.
- e) Tatlandırıcı:** Tatlandırıcılar, beyazlatma ajanlarının tadını ve tüketici kabulünü iyileştirmek için kullanılan maddelerdir. Örnekler arasında nane, anason ve sakarin içeren tatlandırıcılar yer alır.

1.1.3. Beyazlatmanın Mekanizması

Diş yapısında renklenmeye neden olan maddeler genellikle çift bağ içeren organik moleküllerdir. Bu moleküller ne kadar uzun ve komplike olurlarsa ışığı o kadar çok absorbe ederler. Işığın absorbe edilip yansıtılmaması ise diş renginin daha koyu gözükmeye sebep olur (S. R. Kwon & Wertz, 2015). Peroksit türevleri ile gerçekleşen beyazlatma işlemi bir oksidasyon-redüksiyon reaksiyonudur. Peroksitlerin düşük molekül ağırlıkları, mine ve dentin gibi dental dokulara penetre olmasına, organik

matriksleri geçmesine ve burada kimyasal reaksiyon oluşturmasına imkan verir (Heymann vd., 1997).

Hidrojen peroksit güçlü bir okside edici ajandır ve reaktif oksijen moleküllerinin, hidrojen peroksit anyonlarının ve serbest radikallerin üretimini sağlar (S. R. Kwon & Wertz, 2015). Diğer bir ifadeyle, aktif hidrojen peroksit molekülleri su ve oksijene parçalanır ve kısa sürede perhidroksil serbest radikalleri oluşur (Fasanaro, 1992). Serbest radikallerin oksidatif gücü koyu renkli, uzun zincirli kromofor moleküllerini etkileyerek, onları daha küçük moleküllere parçalar ve daha az renkli ve difüzyona daha elverişli moleküller haline getirir. Diş beyazlatma işlemleriyle oluşun basit moleküller ışığı daha fazla yansıtabilirler, bu da dişin daha açık renkli görünmesini sağlar (Kihn vd., 2000).

1.1.4. Diş Beyazlatma İşlemlerinin Çeşitleri

A) Vital Diş Beyazlatma

Vital dişlerin beyazlatılması için üç temel yaklaşım vardır; klinikte diş hekiminin uyguladığı (ofis tipi) beyazlatma, diş hekimi gözetiminde evde uygulanan (ev tipi) beyazlatma ve reçetesiz, tezgah üstü (Over-the-counter) ürünlerle beyazlatma olarak sınıflandırılır (Kihn, 2007).

Hassasiyeti olan hastalarda beyazlatma öncesi hassasiyet giderici ajanlar uygulanıp, dişler beyazlatmaya hazır hale getirilmelidir (Özduman & Çelik, 2017).

a) Ofis tipi beyazlatma

Ofis tipi beyazlatmada yüksek konsantrasyonda beyazlatıcı ajanlar (% 25-40 hidrojen peroksit veya karbamid peroksit) üreticinin talimatlarına göre diş yüzeylerinde 15-60 dakikalık sürelerde uygulanır. Bu prosedürde diş hekimi işlem boyunca tam kontrole sahiptir ve istenen etki elde edildiğinde işlemi durdurabilir. İşlem yapılırken yumuşak dokular rubber dam veya diş eti bariyerleri ile korunduktan sonra dişlere beyazlatma jeli uygulanır (Powell & Bales, 1991). Ajanların aktivasyonunu arttırmak için ısı veya ışık aktivasyonu yapılabilir. Farklı türde tedavi lambaları; halojen ışık cihazları, plazma ark lambaları, diyot lazerler (830-980 nm dalga boyundaki diyot lazerler) v.b. ışık kaynakları beyazlatma jelini etkinleştirmek veya beyazlatmanın etkisini hızlandırmak için kullanılabilir. Ofis tipi beyazlatma, tek tedavi seansı sonrasında önemli ölçüde beyazlama sağlayabilir. Bu nedenle şiddetli renk değişikliği olan hastalar için uygundur;

ancak optimum sonuca ulaşmak için daha fazla seansa ihtiyaç duyulabilir (Sulieman, 2005).

b) Ev tipi beyazlatma

Ev tipi beyazlatma, hastaların evde uyguladığı, temel olarak düşük konsantrasyonda bir beyazlatıcı ajanın (%10-20 karbamid peroksit, %3,5-6,5 hidrojen peroksit eşittir) kullanımını içerir. Genel olarak, %10'luk karbamid peroksitin günde 8 saat veya %15-20'lik karbamid peroksidin günde 3-4 saat kullanılması önerilir. Bu tedavi hastaların kendileri tarafından gerçekleştirilir, kontrol randevularında diş hekimleri tarafından denetlenir. Beyazlatma jeli, en az 2 hafta boyunca geceleri takılan özel bir plak aracılığıyla dişlere uygulanır. Bu teknik uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır (Sulieman, 2005a).

Evde uygulanan teknik; hasta tarafından kendi kendine uygulama, daha az hasta başı süresi, yüksek derecede güvenlik, daha az yan etki ve düşük maliyet gibi birçok avantaj sunar. Bununla birlikte renk değişimi hastaların kullanım özenine bağlıdır ve bazı hastalar plakları her gün takmadıkları için sonuçlar bazen idealden daha az olur. Buna karşılık, çok istekli hastalar tarafından aşırı kullanım da mümkündür, bu da sıklıkla termal duyarlılığa neden olmaktadır (Haywood, 1992).

c) Over-the-counter tipi beyazlatma

Diş hekimlerinin kontrolü dışında uygulanan over the counter/ tezgâh üstü (OTC) beyazlatma ürünlerinin popülaritesi son yıllarda artmıştır. Bu sistemlerde çeşitli oranlarda karbamid peroksit, hidrojen peroksit ya da sodyum klorid içeren beyazlatıcı maddeler; diş macunu, gargara, sakız, vernik, ışıkla aktive olan OTC taşıyıcılar, bantlar, spreyleyler, kalemler, diş ipi ve fırça ile dişler üzerine uygulanabilirler (Zantner vd., 2007). OTC ürünleri, dental pazarın en hızlı büyüyen sektörü olarak kabul edilmektedir (Kugel, 2003). Bununla birlikte bazılarının kullanımı Gıda ve İlaç İdaresi tarafından düzenlenmediğinden, bu beyazlatma ajanlarının güvenliği oldukça şüpheli olabilir.

B) Devital diş beyazlatma

Pulpal dokunun yaralanması ve endodontik tedavi sonrası dişlerde renklenmeler meydana gelebilir. Kök kanal dolgu materyalleri, kök kanal medikasyon ajanları ve pulpal doku artıkları bu tip renklenmelerin nedenlerindedir.

Bu beyazlatma türünde walking bleaching, modifiye-walking bleaching, devital power bleaching ve içsel/dışsal beyazlatma tipleri vardır.6

Walking bleaching tekniğinde sodyum perboratın su ile karışımı pulpa odasına yerleştirilir, istenen ağartma sonucu elde edilinceye kadar işlem aralıklarla tekrarlanır. Bu tekniğin %30 hidrojen peroksit ve sodyum perboratın kombinasyonuyla bir hafta boyunca pulpa odasına yerleştirilmesi modifiye walking bleaching olarak adlandırılır (Alqahtani, 2014). Devital power beyazlatmada ise; hidrojen peroksit jel (%30-35) pulpa odasına yerleştirilir ışık ya da ısı ile aktive edilir ve sıcaklık genellikle beş dakika boyunca 50 ila 60°C arasında muhafaza edildikten sonra dış 5 dakika soğumaya bırakılır. Daha sonra jel çıkarılır, diş kurutulur ve daha sonraki tedaviye ihtiyaç olup olmadığını değerlendirmek için diş 2 hafta sonra gözden geçirilene kadar ziyaretler arasında walking beyazlatma tekniği kullanılır (Alqahtani, 2014).

İç/dış beyazlatma tekniği, vital olmayan dişlerde pulpa odasına yerleştirilen beyazlatma yöntemiyle ev tipi beyazlatma tekniğinin kombine kullanılmasıdır (Alqahtani, 2014). Devital beyazlatma tekniklerinde giriş kavitesindeki restorasyonlar gingival marjinin 1-2 mm apikaline kadar kaldırılmalıdır. Metalik renklenmeleri veya inatçı renklenmelere sahip dişlerde ajanın dentin tübüllerine etkisini arttırmak için renklenmiş kısım hafif uzaklaştırılmalıdır. Yapılan kanal tedavisinin üzerine gingival marjinin üstüne taşmayacak şekilde ve 2 mm kalınlığında bariyer olması amacıyla kaide materyali konulmalıdır. Bu sayede beyazlatıcı ajanın periodontal aralığı ve kök kanalına sızması engellenmiş olur. Düşük konsantrasyonlu ajanlarda kavitenin içi %37'lik ortofosforik asitle asitlenebilir. Kaviteye yerleştirilen ajanın üstüne 3 mm kalınlığında geçici dolgu maddesi konulup kapatılması gerekmektedir. Hasta tekrar çağırıldığında beyazlatma yeterliyse geçici dolgu maddesi kaldırılır, kalsiyum hidroksit koyulup 1 hafta daha beklenir. Daha sonra daimi dolgusu yapılabilir. Ancak beyazlatma yeterli değilse, beyazlatma ajanı tekrar kavite içine konulup geçici restorasyon tekrarlanır (Özduman & Çelik, 2017).

1.1.5. Dental Beyazlatmada Kullanılan Ajanlar

Beyazlatma tedavisinde kullanılan ajanlar aşağıdaki gibidir.

- Hidrojen peroksit
- Karbamid peroksit
- Sodyum perborat

a) Hidrojen peroksit

Hidrojen peroksit (H_2O_2) renksiz bir sıvıdır, sudan biraz daha visközür ve molar kütlesi 34.01 g/mol'dür (Pfennig, 1995). Düşük moleküler ağırlığı nedeniyle, oksijeni serbest bıraktığı dentine nüfuz edebilir ve böylece dentin tübüllerinin içindeki organik ve inorganik bileşiklerin çift bağlarını kırar (Seghi & Denry, 1992). Diş hekimliğinde hidrojen peroksit %5 ila %40 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılır (Plotino vd., 2008). Reaktif oksijen molekülleri ve hidrojen peroksit anyonları üreten güçlü bir oksitleyici ajan görevi görür.

b) Karbamid peroksit

Karbamid peroksit ($CH_6N_2O_3$), suyla temas ettiğinde oksijen salan beyaz kristal katı bir materyaldir (Brotherton Boron, 1994). Beyazlatma için kullanılan konsantrasyonları %10 ile %35 arasında değişir. %10'luk karbamid peroksit solüsyonu, %3,35 hidrojen peroksit ve %6,65 üreye ayrışır (Fasanaro, 1992). Üre ayrıca amonyak ve suya parçalanarak solüsyonun pH'ını artırır (Haywood, 1991). Üre, beyazlatmanın etkinliğini artırabilecek proteolitik özelliklere sahiptir. Karbamid peroksit ürünleri genellikle bir karbopol veya bir gliserin bazı içerir. Karbopol bazı, hidrojen peroksit salınımını yavaşlatır ve bu nedenle daha uzun bir süre boyunca etki edip beyazlatmanın etkinliğini artırır (Matis, 2000).

c) Sodyum perborat

Sodyum perborat ($NaBO_3$), toz halinde bulunan, beyaz, kokusuz, suda çözünür bir kimyasal bileşiktir (Brotherton Boron, 1994). 1907'den beri özellikle çamaşır tozları ve diğer deterjanlarda, oksitleyici ve beyazlatıcı olarak kullanılmaktadır (Attin vd., 2003). Kuru haldeyken stabil halde bulunan sodyum perborat; asit, ılık hava veya su varlığında, sodyum metaborat, hidrojen peroksit ve oksijen oluşturmak üzere parçalanır (Plotino vd., 2008). Sodyum perborat, oksijen içeriği bakımından farklılık gösteren ve dolayısıyla farklı beyazlatma etkinliğine sahip olan çeşitli monohidrat, trihidrat ve tetrahidrat formlarında bulunur (Weiger vd., 1994). Sodyum perborat ve damıtılmış su (2 g/1 mL) karışımının, %16,3 hidrojen peroksit eşdeğer bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Wiegand vd., 2008).

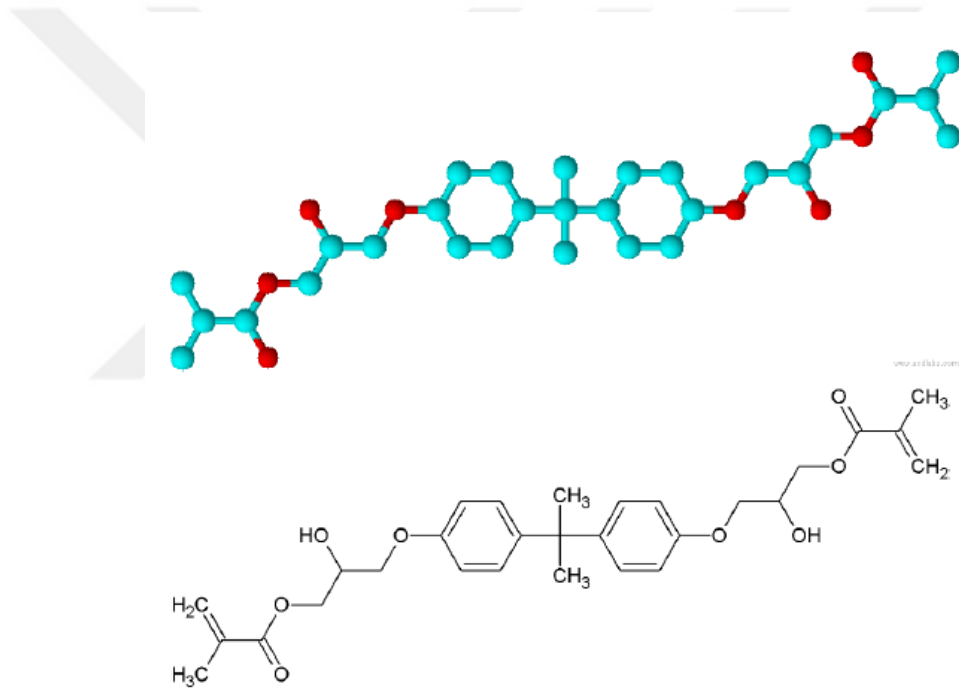
1.2. Kompozit Reziner

1.2.1. Kompozit Rezinerin Yapısı

Dental kompozitler kimyasal olarak organik matriks (taşıyıcı faz), inorganik doldurucular (dağılan faz) ve ara fazın (bağlayıcı faz) birleşmesiyle oluşan restoratif estetik materyallerdir.

a) Organik polimer matriks (Taşıyıcı Faz)

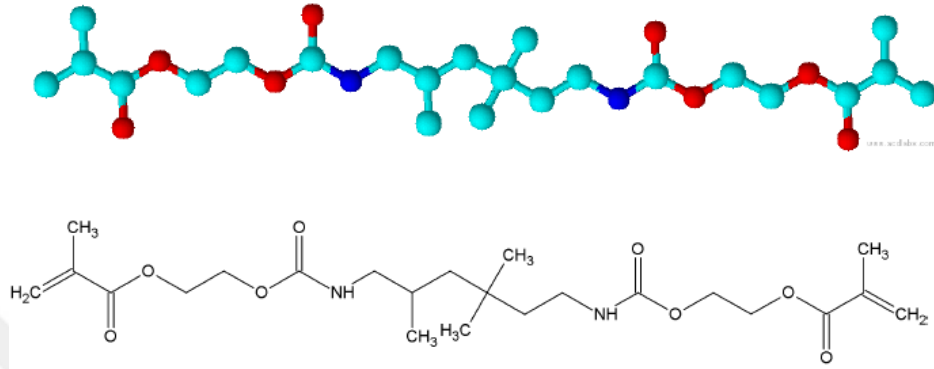
1960'ların en önemli olaylarından biri, Dr. Bowen'ın bisfenol A ve GMA'dan Bis-GMA (bisfenol A glisidil metakrilat) monomerini geliştirmesidir (Ruyter & Oysaed, 1987).



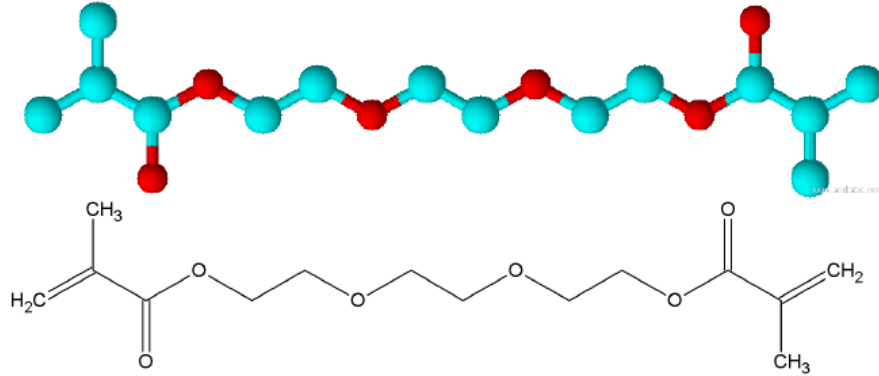
Şekil 1.1. Bis GMA'nın kimyasal yapısı (Watts vd., 2013).

Bis-GMA monomeri dental kompozitlerin organik matriks fazında yaygın olarak kullanılmaktadır (Lovell vd., 1999). Bu monomerin hidroksil grupları arasında meydana gelen hidrojen bağı etkileşimleri, Bis-GMA'nın viskozitesini arttırmaktadır (Atai & Watts, 2006). İyi adezyon özelliği gösteren ve renk değişimine dirençli bir monomer olan üretan dimetakrilat (UDMA) (Şekil 1.2.) da organik matriks içeriğinde yaygın olarak kullanılır. Bu yüksek viskoziteye sahip iki monomeri seyreltmek amacıyla sıklıkla tri etilen glükol dimetakrilat (TEGDMA) (Şekil 1.3.) komonomeri veya etilen glükol dimetakrilat (EDMA), metilmetakrilat (MMA), bisfenol A etoksi dimetakrilat (Bis-EMA)

ve üretan tetra metakrilat (UTMA) gibi bazı dilüent monomerler yapıya eklenirler (Rueggeberg, 2002). Organik matriksde TEGDMA miktarının artması, materyalin polimerizasyon büzülmesinde klinik olarak olumsuz bir artışa neden olabilir (Floyd & Dickens, 2006).



Şekil 1.2. UDMA'nın kimyasal yapısı (Watts vd., 2013).



Şekil 1.3. TEGDMA'nın kimyasal yapısı (Watts vd., 2013).

Organik matriks içerisinde bulunan polimerizasyon başlatıcılar; monomerin çift bağları ile reaksiyona girerek yüksek enerjili serbest radikallerin ve polimer zincirlerinin oluşmasını tetikler. Işıkla sertleşen kompozitlerde başlatıcı olarak 450-500 nm dalga boyundaki ışığı absorbe eden kamforokinon bulunur. Alifatik amin hızlandırıcı (akseleratör) olarak kullanılır. Kimyasal olarak sertleşen kompozit rezinlerde ise benzoil peroksit başlatıcı; tersiyer amin ise hızlandırıcıdır. Organik faz içerisinde bulunan inhibitörler ise kompozit rezinlerin otopolimerizasyonunu önleyerek raf ömrünü uzatır (Ersoy vd., 2007). Ultraviyole stabilizatörler de organik matriks fazında yer alan diğer bileşenlerdendir (Van Noort, t.y.).

b) İnorganik doldurucular (Dağılan Faz)

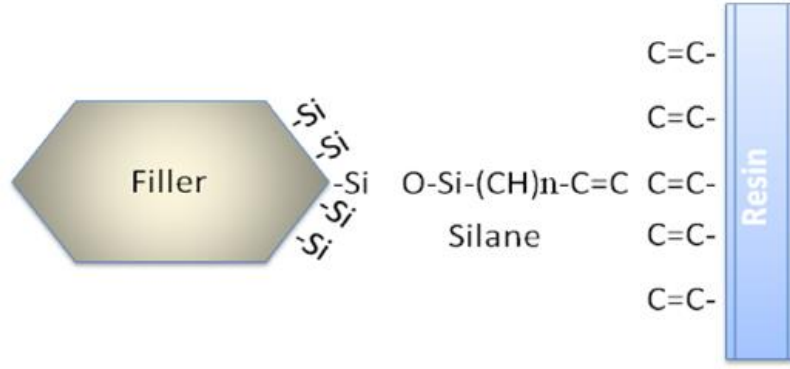
Kompozit materyallerin birçok özelliği içerdikleri doldurucu tipi ve miktarıyla doğrudan ilişkilidir. İnorganik doldurucu miktarı arttıkça materyallerin aşınma direnci, elastisite modülü, basma-gerilme dayanımı gibi mekanik özellikleri artar. Polimerizasyon büzülmesi, su emilimi ve lineer genleşme katsayıları ise düşer (Braem vd., 1989).

Gelişmiş optik özelliklerinden dolayı cam parçacıkları yaygın olarak kullanılan inorganik doldurucu çeşitidir. Kuartz partikülleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kuartz partiküllerinin yüksek sertlikleri nedeniyle mine aşınmasını hızlandırdığı bildirilmiştir (O'Brien, 2002). Bu özellik kuartzın kullanımının azalmasına ve cam partiküllerin popülaritesinin artmasına neden olmuştur. Yaygın olarak kullanılan diğer doldurucu partiküller arasında ise borosilikat cam, lityum, baryum alüminyum silikat, stronsiyum ve çinko cam bulunur.

Silika parçacıkları, gelişmiş cilalanabilirlik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Amorf veya koloidal silika, erimiş silika ve sol-jel zirkonya silika dahil olmak üzere bir dizi silika bazlı cam doldurucu maddesi mevcuttur. Günümüzde mekanik ve estetik özelliklerinden dolayı nano doldurucu boyutlu partiküller kullanılmaktadır (Ferracane, 1995).

c) Bağlayıcı faz (Silan)

İnorganik faz ve organik fazın bağlanması, bağlayıcı faz (ara faz) ile sağlanır. Ara faz organik silisyum bileşiği olan silanlardan (Şekil 1.4) oluşur. Bunlar iki fonksiyonlu moleküllerdir. Bir taraftan organik matriksteki metakrilat gruplarıyla kovalent bağlar kurarken, diğer taraftan inorganik doldurucuların yüzeyindeki su veya hidroksil gruplarını absorbe ederek yüzeyde esterleşirler. Bu şekilde organik ve inorganik fazları birbirine bağlayarak suya dirençli kompozit materyallerin oluşumunu sağlarlar (Maddeler, t.y.).



Şekil 1.4. İnorganik doldurucu ve organik matris arasındaki silan bağının şematik gösterimi (Watts vd., 2013).

1.2.3. Kompozit Rezınlerin Sınıflandırılması

A) Partikül Büyüklüğüne Göre Sınıflandırma

Kompozit rezınlerin en yaygın olarak kullanılan sınıflandırması, doldurucu partiküllerinin boyutlarına göre yapılan sınıflandırmadır. Geleneksel olarak kompozitler; megafil, makrofil, minifil, mikrofil, nanofil ve hibrit kompozitler olarak sınıflandırılmıştır ve bu sınıflandırma yöntemi hala geçerlidir (Lang vd., 1992).

a) Megafil kompozitler

Bu kompozitlerin partikül büyüklükleri 50-100 µm arasında değişir. Günümüzde çok tercih edilmemektedir (Maddeler, t.y.).

b) Makrofil kompozitler

Makrofil kompozitlerin doldurucu partikül boyutları 10 µm ila 100 µm arasında (ağırlıkça %70-80) değişmektedir. Bu kompozitler iyi optik ve mekanik özelliklere sahiptirler. Stresin fazla olduğu ve çiğneme kuvvetlerinin geldiği posterior bölgelerde kullanılabılırler (Sideridou, Karabela, & Spyroudi, 2009). Bununla birlikte, bu kompozitlerin cilalanabilirlik özelliklerinin zayıf olması, renklenme ve pürüzlü yüzeylerin oluşmasına neden olabilmektedir (Heuer vd., 1982).

c) Midifil kompozitler

Partikül büyüklükleri 1-10 µm arasında değişir ve günümüzde geleneksel kompozit olarak adlandırılmaktadır. Çiğneme kuvvetleri karşısında düşük direnç gösteren makrofil ve midifil kompozitlerin posterior restorasyonlarda kullanımı önerilmemektedir (Dayangaç, 2000).

d) Minifil kompozitler

Partikül miktarı makrofil kompozitlere oranla daha fazla olup ağırlıkça %70- 85'e ulaşmıştır. Partikül büyüklükleri 0,1 ile 1 µm arasında değişmektedir. Estetik özellikleri yüksek olmasına rağmen çiğneme kuvvetlerine karşı dirençlerinin düşük olması kullanımlarını sınırlamaktadır (Dayangaç, 2000).

e) Mikrofil kompozitler

Doldurucu boyutları 0.01-0.01µm (ağırlıkça %35) arasında değişmektedir. Bu kompozitlerde inorganik doldurucu olarak koloidal silika parçacıkları kullanılmıştır (Van Noort & Barbour, 2014). Mikrofil kompozitlerin inorganik doldurucu partikülleri ve organik matrikslerinin aşınma hızları benzerdir. Bu özellikleri sayesinde bitirme ve cila işlemleri istenilen düzeyde yapılabilmektedir. Bununla birlikte çiğneme kuvvetlerine karşı dirençli değildirler. Bu yüzden sadece ön bölge restorasyonlarında daha sık tercih edilirler (Ferracane, 2011).

f) Hibrit kompozitler

Hibrit kompozitler, hem mikro dolduruculu hem de makro dolduruculu kompozitlerin özelliklerini ve avantajlarını birleştirir. Hibrit kompozitler, çok çeşitli parçacık boyutlarını kapsar. Bu geniş parçacık boyutu aralığı sayesinde doldurucu miktarı artırılarak materyalin basınca karşı direnci artırılabilir. Tipik olarak hibrit kompozitlerin, ortalama partikül boyutu 15-20 µm ve 0.01-0.05µm arasında değişir (Sideridou, Karabela, Micheliou, vd., 2009).

g) Nanofil kompozitler

Nano teknolojinin diş hekimliğinde kullanılmasıyla birlikte kompozit rezinlerde de gelişmeler olmuştur. Nano teknolojiyle üretilen kompozitler 0.01-0.001 nm boyutunda nano parçacıklar içermektedir (Mitra vd., 2003). Nano kompozitlerde partikül boyutlarının küçültülmesiyle doldurucu miktarı artırılmıştır. Sonuç olarak polimerizasyon büzülmesi azalmış; gerilme ve basınca karşı dayanıklılık ve kırılma direnci gibi mekanik özellikler artırılmıştır. Bu özelliklerle nano kompozitler, geleneksel kompozitlerden ve mikro dolduruculu kompozitlerden önemli ölçüde üstündür (Ferracane, 2011); (Moszner & Klapdohr, 2004).

Universal kompozitler

Universal kompozitler; posterior bölgedeki restorasyonlar için gerekli olan fonksiyonel dayanıklılığı ve anteriorda doğal diş dokusunu taklit etmek için gerekli olan yüksek cilalanabilirliği ve estetik özellikleri birleştirebilen kompozit materyallerdir. Posterior bölgedeki sınıf I veya II restorasyonlar, yüksek mekanik özellikler gösteren kompozitlere ihtiyaç duyarken, anterior bölgedeki restorasyonlar ise üstün estetik özelliklere sahip kompozitlere ihtiyaç duyar. Universal kompozitler hem posterior hem de anterior restorasyonların tüm gereksinimlerini karşılayabilen kompozit rezinlerdir. Bu kompozitlerle yapılacak restorasyonların, diş arklarındaki konumundan bağımsız olarak aşınma direncine karşı yüksek mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması beklenir (Gurgan vd., 2022).

B) Viskozitelerine Göre Sınıflandırma

a) Kondanse edilebilen kompozitler

Bu tür kompozitlerde inorganik doldurucu oranı ve partikül miktarı arttırılmıştır. Amalgama benzer biçimde kondanse edilebilen bu visköz kompozitlerin doldurucu partikülleri hibrit kompozitlere oranla daha büyüktür. Kaviteye basınç uygulanarak daha kolay yerleştirilebilmesi, kontakt noktalarının ideale yakın oluşturulabilmesi önemli avantajları arasında sayılırken; yüzey özelliklerinin kötü olması ve iyi kondanse edilmediklerinde tabakalar arasında hava kabarcıklarının kalması ise dezavantajlarıdır. Yapılan çalışmalarda fiziksel özelliklerinin hibrit kompozitlere oranla üstün olmadığı gösterilmiştir (H. Y. Chen vd., 2001).

b) Akışkan kompozitler

Doldurucu oranı ve viskozitesi azaltılmış hibrit kompozitlerdir. Kompozit restorasyonlarda ve kurlonlarda oluşan kenar kırıklarının onarımında, fissürlerin örtülmesinde, koruyucu rezin restorasyonlarda, hassasiyet önlemede, direkt olarak kuvvet almayan sınıf 5 kavitelere, insizal kenar tamirlerinde ve kondanse edilebilen kompozitlerin altında stres kırıcı olarak kullanılmaktadırlar. Doldurucu oranları az, organik matriks oranları fazla olduğu için polimerizasyon büzülme yüzdeleri ve polimerizasyon sonrası reaksiyona girmeyen monomer oranları fazladır. Ayrıca basınçlara karşı dirençleri düşüktür (Dayangaç, 2000).

C) Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılma

a) Otopolimerizan kompozitler

Kimyasal olarak aktive olan kompozitler olarak da adlandırılırlar. Başlatıcı olarak dibenzoil peroksit, akseleratör olarak da tersiyer aminler kullanılmaktadır. Otopolimerizan kompozitler genellikle iki pat halinde bulunurlar ve bu patlar karıştırılmaya başlayınca polimerizasyon da başlamış olur (Gladwin vd., 2009).

b) Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler

Bu tip kompozitlerde çeşitli başlatıcı ve katalizörler kullanılmaktadır. Aktivatör madde, 420-470 nm dalga boyunda, mavi veya normal renk görünür ışığı emerek başlatıcı maddeyle tepkimeye girer ve polimerizasyonu başlatır. Işıkla polimerize olan kompozitler tek fazdan oluşur ve karıştırılmaları gerekmez (Gladwin vd., 2009).

c) Hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozit rezinler

Hem kimyasal olarak hem de ışıkla polimerize olurlar ve dual-cure kompozitler olarak da adlandırılırlar. Polimerizasyon ışıkla başlar ve kimyasal olarak devam eder (Gladwin vd., 2009).

1.2.4. Kompozit Rezinlerin Özellikleri

a) Su emilimi ve çözünürlük

Kompozit rezinlerin özellikleri su emiliminden etkilenir. Su, parçacık matriks arayüzünü zayıflatan bir stres ve korozyon maddesi gibi davranıp kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulma meydana getirebilir. Su emilimi; silan ve organik matriks/dolgu arayüzü arasındaki bağın hidrolitik parçalanmasına sebep olabilir (Söderholm vd., 1984). Kompozitlerin yüzeyindeki bu parçalanma, ağız içindeki sıcaklık değişimleri ile daha da kolaylaşabilir. Sıcaklık değişimleri ve su emilimi arasında doğrudan bir ilişki vardır, çünkü ağız içi sıcaklık ne kadar değişken olursa su emilimi de o kadar hızlı olur (Lundin, 1990). Su emiliminin diğer olumsuz etkileri de kompozitlerin basma/çekme dayanımını (Söderholm & Roberts, 1990), elastikiyet modülünü, eğilme-bükülme dayanımını (Øysaed & Ruyter, 1986) ve aşınma direncini azaltması olarak sayılabilir.

b) Kırılma dayanımı

Rezin kompozit restorasyonların kırılması, klinik başarısızlığın ana nedeni olarak kabul edilir (van Dijken, 2000). Kırılma dayanımı (KIC), dental kompozitler gibi materyallerin kırılma dayanımını belirlemek için kullanılan mekanik bir özelliktir. Kırılma rezin kompozitlerde yayılması rezin matriks veya matriks/doldurucu arayüzü yoluyla meydana gelebilir, ancak yüksek mukavemeti ve modülü nedeniyle doldurucu yoluyla meydana gelmesi pek olası değildir. KIC'yi birçok faktör etkileyebilir; kimyasal bileşim, doldurucu büyüklüğü veya miktarı, matriks/doldurucu arayüzü ve rezin matriksin monomer dönüşüm derecesi bu faktörler arasında sayılabilir. (Tantbirojn vd., 2003). Hibrit ve nano dolduruculu kompozitlerin KIC değerleri, mikro dolgulu kompozitlerden önemli ölçüde daha yüksektir (Watanabe vd., 2008).

c) Polimerizasyon büzülmesi

Kompozit rezinler, monomerlerin polimer zincire dönüşmesi sırasında hacimsel olarak %1.5-3 oranında büzülmeye uğrarlar (A. U. Yap & Seneviratne, 2001). Bu olay diş ve restorasyon arasında streslerin oluşmasına, sıklıkla restorasyonun diş adestasyonunda başarısızlığa, kompozit-diş bağlantısında defektlerin oluşmasına ve bağlanmadaki başarısızlığa bağlı olarak mikrosızıntı, post-operatif hassasiyet, renklenme ve sekonder çürük gelişimi gibi bir takım sorunlara sebep olmaktadır (Van Noort, 2014). Dental kompozitlerde polimerizasyon büzülmesine etki eden birçok faktör mevcuttur. Bu faktörlerden en önemlisi kompozit rezinin doldurucu içeriğidir. Polimerizasyon reaksiyonu sırasında, organik matrikste bulunan monomerler, polimer haline geçerken birbirlerine yaklaştıkları için yapı, hacimce küçülür. İnorganik fazda ise herhangi bir değişim meydana gelmez. Bu nedenle, kompozit rezinlerin yapısında bulunan inorganik doldurucuların oranı arttırıldığında, rezindeki organik matriks oranı azalacağından polimerizasyon büzülme miktarı da azalacaktır (Aw & Nicholls, 2001).

Kompozit Resinlerin Yüzey Özellikleri

a) Parlaklık

Mekanik aşınma ve kimyasal bozunma nedeniyle meydana gelen yüzey pürüzlülüğü kompozitlerin parlaklığını etkileyebilir ve renk bozulmasını artırabilir; çünkü pürüzlü yüzeyler ışığı dağıtır (M.-S. Choi vd., 2005). Parlaklık, rezin matriksin yanı sıra doldurucu partiküllerin morfolojisi ve boyutundan da etkilenir (Lee vd., 2005).

b) Renk stabilitesi

Kompozit restorasyonlarda zamanla meydana gelen renk değişikliği restorasyonların değiştirilmesinin ana nedenlerinden birisidir (Villalta vd., 2006). Çünkü kompozit restorasyonun rengindeki değişiklik büyük bir estetik başarısızlık olarak kabul edilir (Mutlu-Sagesen vd., 2005). Kompozitlerdeki renk değişimi, içsel ve dışsal faktörlerin bir sonucu olarak gelişir. İçsel faktörler, materyalin bileşimindeki kimyasal değişiklikleri içerir. Kimyasal renk değişikliği, zaman içinde ağız içi sıvılara maruz kalma sonucu gelişir. Dışsal faktörler ise renklendirilmiş gıdalardan kaynaklanan lekelenmeler veya lekelerin difüzyonunu içerir (M.-S. Choi vd., 2005). Yetersiz rezin polimerizasyonu nedeniyle de kompozitler renkli bileşikler kolayca emer ve renk değiştirebilir (Dietschi vd., 1994).

c) Sertlik

Sertlik, basınç dayanımı, aşınma direnci ve dönüşüm derecesi ile ilişkili olan en önemli özelliklerden biridir (Moraes vd., 2008; Wilson & Antonucci, 2006). Materyallerin sertliği, uygulanan yüke ve test sırasındaki süreye bağlı olarak değişir (Shahdad vd., 2007). Kompozitlerin yüzey sertliği, su emilimi ve hidrolitik çözünmeden etkilenebilir. Kompozitin düşük sertlik değeri, matriks ile doldurucu arayüzü arasındaki zayıf kimyasal/fiziksel bağa işaret eder (Wilson & Antonucci, 2006).

d) Pürüzlülük

Kompozitlerin yüzey kalitesi; plak birikimi, fiziksel özellikler, aşınma ve aşındırma direncini etkilemektedir (Erdemir, Sancaklı, vd., 2012). Ağız boşluğu içindeki diş, dolgu maddesi, implant, protez gibi pürüzlü yüzeylerin bakterilerin tutunması üzerinde önemli etkisi olduğu kabul edilmektedir ve pürüzlü yüzeylerin düzgün yüzeylere göre daha fazla plak retansiyonu sağladığı bildirilmektedir (Borchers vd., 1999; Sen vd., 2002). Yüzey pürüzlülüğünün, dental restorasyonlardaki estetik görünüm ve renk değişikliği, sekonder çürük ve diş eti irritasyonu, karşıt ve komşu dişlerin aşınması üzerinde büyük etkisi olduğu ispatlanmıştır. Öte yandan, ağız içindeki pürüzsüz yüzeyler hasta konforu sağlamakta ve ağız hijyenini kolaylaştırmaktadır (Jefferies, 2007).

1.3. Restoratif Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemler

Başlangıcından bu yana diş hekimliği, hekimlere daha iyi çalışma koşulları ve hastalara daha fazla konfor sağlamayı amaçlayan buluş ve yeniliklerle büyük ilerlemeler

kat etmiştir. CAD/CAM restorasyonların üretilmesi bunların içinde çok önemli bir yere sahiptir. Diş hekimliği için bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim teknolojisi (CAD/CAM) hastalara daha da iyi tedavi seçeneği sunmamızı sağlar.9 CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım), bir ürünün tasarımında ve geliştirilmesinde bilgisayar sistemlerinin kullanılmasıdır. CAM (Bilgisayar Destekli İşleme) ise, malzemelerin yapılara ve cihazlara şekil vermesini sağlayan bilgisayar sisteminin kullanılmasıdır (Moörmann, 2006).

1.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Üretimi

CAD/CAM sistemlerin bileşenlerinin konumuna bağlı olarak üç farklı üretim konsepti mevcuttur:

1. Hasta başı üretimi (Ofis Sistemi)
2. Laboratuvar üretimi
3. Merkezi üretim merkezi.

a) Hasta Başı Üretimi (Ofis Sistemi)

Bu sistemde tüm CAD/CAM bileşenleri dental klinikte bulunur. Restorasyonların geleneksel yapım aşamasındaki laboratuvar işlemleri hasta başında yapılabilir. Ölçünün dijitalleştirilmesi, geleneksel ölçü malzemelerinin yerini alan ve Cerec sistemi (Sirona) tarafından ticari olarak sunulan bir ağız içi kamerayla sağlanır. Bu sayede diş hekimi restorasyonları tek bir randevuda klinikte üretebilir ((Beuer vd., 2008).

b) Laboratuvar Üretimi

Bu sistemle, hazırlanan dişin preparasyonunun veya restorasyonun taranması (dijital ölçü), diş hekimi tarafından yapılır ve ölçü dental laboratuvara gönderilir. Restorasyonun üretimi laboratuvarda yapılır (Miyazaki vd., 2009).

c) Merkezi Üretim Sistemi

Bu sistemde laboratuvardaki tarayıcılar internet aracılığıyla bir üretim merkezine bağlanmaktadır. Laboratuvarda elde edilen veri seti, CAD/CAM cihazıyla üretim yapabilmek için üretim merkezine gönderilir. Üretim merkezi de üretim için hazırladığı verileri aynı laboratuvara iletir. Porselen aşamaları teknisyen tarafından laboratuvarda yapılır (Raigrodski & Chiche, 2001; Reich vd., 2005).

1.3.2. CAD/CAM Teknolojisinin Avantajları

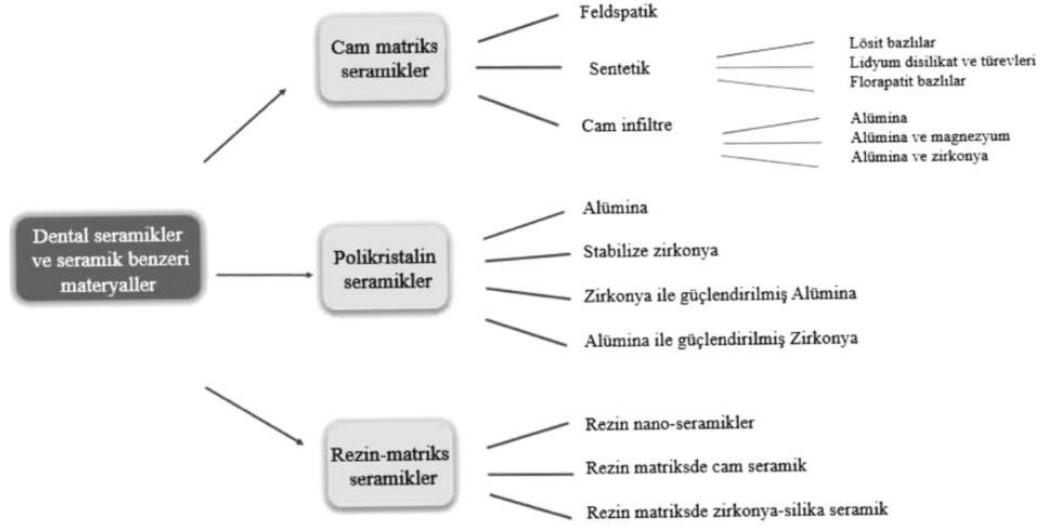
CAD/CAM blokların yarı saydam özelliklere sahip çeşitli renk tonları mevcuttur ve bu materyallerle yapılan restorasyonlarla hastaya doğal ve estetikliği yüksek bir görünüm kazandırılabilir. CAD/CAM sistemlerle geleneksel indirekt restorasyonlardaki laboratuvar süreci kısalır. Dijital ölçü; geleneksel ölçü işlemi sırasında sıklıkla tahriş, hassasiyet veya zorluk yaşayan hastalar için birçok avantaj sunar. Bakteri invazyonu ihtimalinin azalmasının yanı sıra, aşırı kurutma veya travmadan kaynaklanan pulpa stresi ve dentin hassasiyeti de azalır. Dişlerin taranması ve görüntünün bir bilgisayar ekranında görüntülenmesi, diş hekiminin preparasyonları ve ölçüleri gözden geçirmesini kolaylaştırır. Gerekli olduğu durumlarda preparasyonda anında ayarlamalar yapıp herhangi bir ölçü malzemesine ihtiyaç olmadan dijital ölçü yeniden alabilir. Tüm taramalar bilgisayarda saklandığı için geleneksel yöntemlerle hazırlanan modellerde olumsuz saklanma koşullarından kaynaklanan çatlama kırılma vb. durumlarla karşılaşmaz (Boujoual vd., 2018).

1.3.3. CAD/CAM Sistemlerin Kısıtlamaları ve Dezavantajları

Klinisyenin bilgisayarlı bir sistem kullanma konusundaki güveninin ve bilgisinin olmaması, CAD/CAM sistemlerin kullanılması için potansiyel olan bir sorun olabilir. Üst kalitede restorasyonların üretimi için CAD/CAM sistemlerinin sermaye maliyetleri çok yüksektir. Hastanın kendi dişinin rengi ile seçilen seramiğin renginin uyumu başlangıçta klinisyenler için zorlayıcı olabilir. CAD/CAM sistemlerinin çoğu, dijital ölçü aşamasında marjinal tasarıma bağlıdır; preparasyon marjinalerinin diş etinin altına uzandığı durumlarda ölçü alımı zorlaşabilir. CAD/CAM sistemleri her zaman gelişmiş bir teknoloji olduğundan, diş hekiminin teknik destek ve yazılım yükseltme için aylık ücretler için bütçe ayırması gerekebilir. (Prajapati vd., 2014)

1.3.4. CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller

CAD/CAM sistemlerinde kullanılmak üzere çeşitli materyaller piyasada bulunmaktadır (Baroudi & Ibraheem, 2015). Restorasyonun boyutu ve yeri, materyalin mekanik, fiziksel, kimyasal, optik özellikleri ve üretim teknikleri tercih edilecek materyalin belirlenmesinde önemlidir.10 CAD/CAM sistemlerde kullanılacak materyaller için araştırmacıların yaptığı farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Gracis ve ark. (2015) yapmış olduğu seramik ve seramik benzeri materyaller sınıflaması Şekil 1.5'de gösterilmiştir (Gracis vd., 2015).



Şekil 1.5. Tam seramik ve seramik benzeri materyallerin sınıflaması (Gracis vd., 2015).

Rezin Bazlı Seramikler

CAD/CAM seramik bloklar, gelişmiş mekanik ve estetik özellikleri ve biyouyumlu olmalarının yanında kırılğan yapıda materyallerdir. Ayrıca sertlikleri yüksek olan bu materyallerin işlenmesi zordur ve karşıt dişlerde aşınmaya neden olabilmektedirler. Seramik bloklara kıyasla daha az kırılğan olan rezin kompozit bloklar, daha kolay işlenebilir ve karşıt dişlerde daha az aşınmaya neden olurlar. Bitirme ve polisaj işlemlerinin kolay yapılmasının yanında bu materyallerin tamiri de klinik ortamında mümkün olmaktadır (Kesim, 2020; Quek vd., 2018).

Seramik ve kompozit rezinlerin olumlu özelliklerini birleştirmek amacıyla rezin bazlı bloklar geliştirilmiştir (Gunal & Ulusoy, 2018). Lava Ultimate (3M ESPE), GC Cerasmart (GC Amerika), Shofu Blok HC (Shofu Dental, ABD), Brilliant Crios (Coltene) ve Ambarino High Class (Creamed, Almanya) bu bloklara örnek olarak verilebilir. Bu bloklar, inley, onley, lamina veneer vb. endikasyonlarda kullanılmaktadırlar (Mainjot vd., 2016).

1.3.5. İndirekt Restorasyonlarda CAD/CAM Kompozitler

Yapısal olarak kompozit rezinlerle aynı özellikte olmalarına karşın, CAD/CAM kompozit bloklar materyal içi kusurların ve boşlukların azaltıldığı, homojenliğin artırıldığı bir dizi endüstriyel işlem sonucu üretilmektedir. Direkt kompozitlerin işlenebilmesi için gerekli olan manipulasyon karakteristiği CAD/CAM kompozit bloklarda gerekli olmadığı için bunu sağlayan organik içerik iyice azaltılmış, doldurucu içeriğin hacmi yükselttilerek materyalin fiziksel özellikleri artırılmıştır.

CAD/CAM kompozit bloklardaki başka bir farklılık ise organik içerikten Bis-GMA (Bisfenol A-glisidil metakrilat)'nın çıkarılmasıdır. Bunun yerine daha yüksek konsantrasyonlu çift bağları bulunan, daha yüksek monomer dönüşüm derecesi ve çapraz bağ oluşturmasıyla ışıkla polimerizasyon kabiliyeti yüksek olan UDMA (üretan dimetakrilat) eklenmiştir. Bis-GMA'nın materyal karakteristiğini bozan ve renklenmesine neden olan su emilimi ve çözünürlüğü, ışıkla sertleşen UDMA için daha düşüktür (Sideridou & Karabela, 2011). UDMA'nın polimerizasyonu aynı zamanda ışık yerine fiziksel özelliklerini daha da artıran yüksek ısıyla da sağlanabilmektedir. Yüksek ısıya ilaveten yüksek basıncın da eklendiği polimerizasyon yöntemi ise materyalin mekanik özelliklerini daha da artırmakta ve direkt kompozitlerde %40-75 aralığındaki monomer dönüşüm yüzdesini %95'lere çıkarmaktadır (Nguyen vd., 2013).

1.4. Antioksidan Ajanlar ve Sodyum Askorbat (Askorbik asit)

Beyazlatma işleminden sonra mine ve dentinin bağlanma kuvvetindeki azalma klinik açıdan önemlidir. Beyazlatma tedavisini takiben oluşan olası zayıf bağlantının güçlendirilmesi amacıyla diş hekimliğinde birçok yöntem önerilmektedir. Çünkü hastalar beyazlatma işlemlerinden sonra genellikle ilave estetik restorasyonlara ihtiyaç duyarlar. Bu restorasyonların klinik ömrünün uzun olabilmesi için de restorasyonların bağlantı kuvvetinin yüksek olması gerekir. Araştırmacıların çoğu beyazlatma işleminden sonra restorasyon yapımı için en az bir hafta beklenilmesi gerektiğini önermişlerdir (Berman & Hargreaves, 2015). Ancak bazı klinik durumlarda, hastaların tedavilerinin tamamlanması için bekleme süreci uygun olmayabilmektedir. Beyazlatma sonrası restoratif işlemlerin hemen yapılabilmesini mümkün kılmak amacıyla birçok yöntemin etkinliği araştırılmıştır. Sıklıkla kullanılan yöntemler arasında ise beyazlatma sonrası diş yüzeyine antioksidan ajanlar uygulanması sayılabilir. Sodyum askorbat, α -tokoferol (E vitamini), üzüm çekirdeği özü (proantosiyanidin), likopen, yeşil çay, bilinen antioksidanlar arasındadır (Abraham vd., 2013).

Askorbik asit ve tuzları, birçok oksidatif bileşiği, özellikle de beyazlatma sonrası üretilen serbest radikalleri azaltma özelliği ile ünlenmiştir (Kimyai & Valizadeh, 2008). Askorbik asit ve sodyum tuzları gibi güçlü antioksidanlar, biyolojik ortamlardaki reaktif serbest radikalleri indirgeyebilir. Bazı araştırmalarda beyazlatma uygulanan dentin yüzeyinde de sodyum askorbat kullanılabileceğini önermişlerdir (Kimyai & Valizadeh, 2008).

Sodyum askorbatın antioksidan özelliği, biyolojik sistemlerde hidrojen peroksidin oksitleyici etkilerini nötrleştirmeye ve tersine çevirmeye yardımcı olabilmektedir. Hidrojen peroksidin oksitleyici etkisinin, kompozit rezin-dentin bağlanma kuvvetindeki azalmadan sorumlu olmasından dolayı, restorasyondan önce sodyum askorbat gibi biyoyumlu ve nötr bir antioksidan uygulanması bağlanma kuvvetindeki olumsuz etkiyi tersine çevirebilmektedir (Kaya & Türkün, 2003).

1.5. Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Restoratif materyallerin uygulanmasından sonra artabilen yüzey pürüzlülüğü, klinik bir problemdir ve daha sonra ortaya çıkabilecek renklenmeleri, plak birikimini, tekrarlayan yüzey bozulmalarını vb. önlemek için bazı bitirme ve cilalama tekniklerinin uygulanması gereklidir (Costa vd., 2007); (Hegde vd., 2017).

Yüzey pürüzlülüğü, doldurucu partiküllerin miktarına, tipine, şekline, boyutuna ve dağılımına, rezin matriksinin türüne ve matriks kombinasyonuna, bitirme ve cilalama aletlerinin esnekliğine, aşındırıcı sertliğine ve uygulama yöntemlerine de bağlıdır (Erdemir, Yıldız, vd., 2012). Restorasyonun yüzey düzgünlüğü, yukarıda açıklanan yüzey özelliklerini etkileyen faktörlere bağlı olarak, restoratif materyallerin türüne göre değişebilir (Bagheri vd., 2005).

Yüzey pürüzlülüğü analizinde tek bir yöntemle güvenmek yeterli olmayabilir. Bir yöntemle elde edilen bulguların diğeriyle karşılaştırılması daha doğru sonuçlara ulaşmayı sağlar. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) gibi nitel yöntemler ve yüzey profil analizi (Profilometre) gibi nicel yöntemlerle yapılabilmektedir. Bunlara ek olarak son yıllarda yeni bir teknik olan atomik kuvvet mikroskopisi (AFM) ile de yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmaktadır (Kakaboura vd., 2007). SEM ve AFM gibi yöntemler profilometreden daha detaylı yüzey bilgisi sağladığından profilometre bulgularının bu yöntemlerle desteklenmesi sonuçların güvenilirliğine katkı sağlar (Whitehead vd., 1995b).

1.5.1. Profilometre ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Profilometreler; odak tespiti ve ışık saçılması gibi çeşitli optik prensipler kullanır. Bu cihazlar geniş bir genlik ölçüm aralığına sahiptir ve bu nedenle sıklıkla malzemelerin yüzey sertliğini ve pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılır (Alhabdan, 2015).

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmenin en yaygın yöntemi, tipik olarak elmaştan yapılmış küresel bir ip ile konik bir prob ucu kullanan kontak prob ucuna sahip profilometrelerdir. Profilometrelerin dezavantajı, yalnızca üç boyutlu bir yüzeyin iki boyutlu enine kesitlerinin topografyasını ölçmeleridir. Bu nedenle, yüzey pürüzlülük ölçümü için önemli olan yerel özelliklere sahip olsa da, prob ucunun ölçülen yüzeyin üzerinden geçmemesi oldukça olasıdır. Ayrıca, yüzey hakkında değerli bilgiler sağlayabilen bazı topografya özellikleri, yalnızca iki boyutlu enine kesitler değerlendirilirken net sonuçlar vermeyebilir. Bu sınırlamalara rağmen prob uçlu profilometreler nispeten ucuzdur, taşınabilir ve pratiktir. Bu nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Leach, 2011).

1.5.2. AFM ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

AFM; fizik, biyoloji ve malzeme bilimi alanlarında en yaygın kullanılan görüntüleme araçlarından biri haline gelmiştir (Luo vd., 2001). AFM, prob ile bir yüzey üzerinde bir atomik kuvvet alanının haritalanmasına dayanmaktadır. Bu teknik, optik mikroskop çözünürlüğünün kısıtlamalarının yanı sıra numune iletkenliği gereksinimlerinin üstesinden gelir (Piontek & Roos, 2018). Numunenin türüne bağlı olarak 0,1 nm'den dikey ve yanal çözünürlüğe sahip bir nesne yüzeyinin ayrıntılı bir topografik üç boyutlu görüntüsünü elde eder. Bu yöntemin bir diğer önemli faydası da ölçümlerin minimum numune hazırlığı ile veya hiç numune hazırlığı yapılmadan yapılabilmesidir. Daha iyi kontrast ve iletkenlik için fiziksel veya kimyasal fiksasyon, yüzeyin metal veya altın püskürtme ile kaplanması gerekmez (Zapletalová vd., 2004). Sonuç olarak, test edilen malzemeler ve biyomekanik özellikleri orijinal hallerine yakın tutulur. Bununla birlikte, AFM görüntüleme pürüzsüz bir yüzey ve sınırlı bir örnek boyutu gerektirir (Luo vd., 2001).

1.5.3. SEM ile Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), bir elektron ışını ile numunenin belirli bir alanını izleyerek ayrıntılı yüzey bilgisi sağlar. Süreç, bir dizi elektromanyetik merceğe üzerine elektron ışını üreten elektron tabancasıyla başlar. Bu lensler, bobine sarılmış ve solenoid olarak adlandırılan tüplerdir. Bobinler, gelen elektron ışını numuneye odaklayacak şekilde ayarlar; bu ayarlamalar voltajda dalgalanmalara neden olarak elektronların numune yüzeyi ile temas etme hızını artırır veya azaltır. Bilgisayar aracılığıyla ışınların kontrolü SEM operatörüyle sağlanabilir. Topografik, morfolojik ve bileşimsel bilgilere ek olarak, Taramalı Elektron Mikroskobu yüzey kırıklarının

saptayabilir ve analiz edebilir, mikro yapılar hakkında bilgi sağlayabilir, yüzey kirlenmelerini inceleyebilir, niteliksel kimyasal analizler sağlayabilir ve kristal yapıları tanımlayabilir.

Taramalı elektron mikroskopunun avantajları arasında, geniş uygulama yelpazesi, ayrıntılı üç boyutlu ve topografik görüntüleme ve farklı dedektörlerden toplanan çok yönlü bilgileri içermesi sayılabilir. SEM'lerin bilgisayar teknolojisindeki ve ilgili yazılımlardaki uygun eğitim ve ilerlemelerle çalıştırılması da kolaydır. Ayrıca, modern SEM'lerdeki teknolojik gelişmeler, verilerin dijital biçimde üretilmesine olanak tanır. Tüm numunelerin vakum odasına yerleştirilmeden önce hazırlanması gerekmesine rağmen, çoğu SEM numunesi minimum hazırlama işlemi gerektirir (Choudhary & Ka, 2017).

1.6. Dental Restoratif Materyallerde Sertlik Ölçümü

Sertlik, materyallerin lokalize deformasyona ne kadar iyi direnç gösterdiğinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Aslında sertlik testi, seçilen bir testle malzemenin nasıl performans gösterdiğini gösterir. Uluslararası kuruluşlar, dental materyallerin teknik özelliklerine sertliği dahil etmiştir. Sertlik test yöntemleri, bir malzeme yüzeyinin belirli bir girinti ile penetrasyona direnme kabiliyeti olarak açıklanır. Dental materyallerin sertliğini belirlemek için yaygın olarak kullanılan testler; Brinell, Rockwell, Vickers, Knoop, Barcol ve Shore testleridir (İbrahim vd., 2020).

1.6.1. Rockwell Sertlik Testi

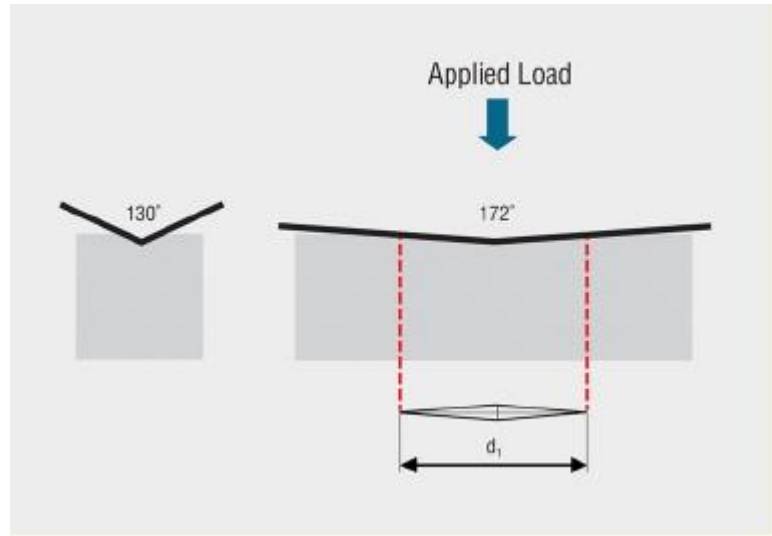
Bu test, yüzyıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Hızlı bir test yöntemidir ve malzemenin kalite kontrol tespitine yardımcı olarak kullanılır. Materyale önce bir elmas koni veya çelik bilyeyle 3 kg/F'lik küçük bir yük uygulanır ve ardından 10 kg/F'yi aşan büyük bir yük uygulanır. Restoratif materyallerle yapılan deneyler için tercih edilen nihai yük ise 30 kg/F'dir. Küçük ve büyük yükler arasında meydana gelen derinlik değişikliklerine bağlı olarak Rockwell sertlik sayısı hesaplanır. Bu test esas olarak metaller için kullanılır. Penetrasyon derinliğini ölçmenin kolaylığı bu testi çok popüler hale getirmiştir ancak bu test kırılgan malzemeler için uygun değildir (Şekil 1.6) (İbrahim vd., 2020).



Şekil 1.6. Rockwell sertlik cihazı.

1.6.2. Knoop Sertlik Testi

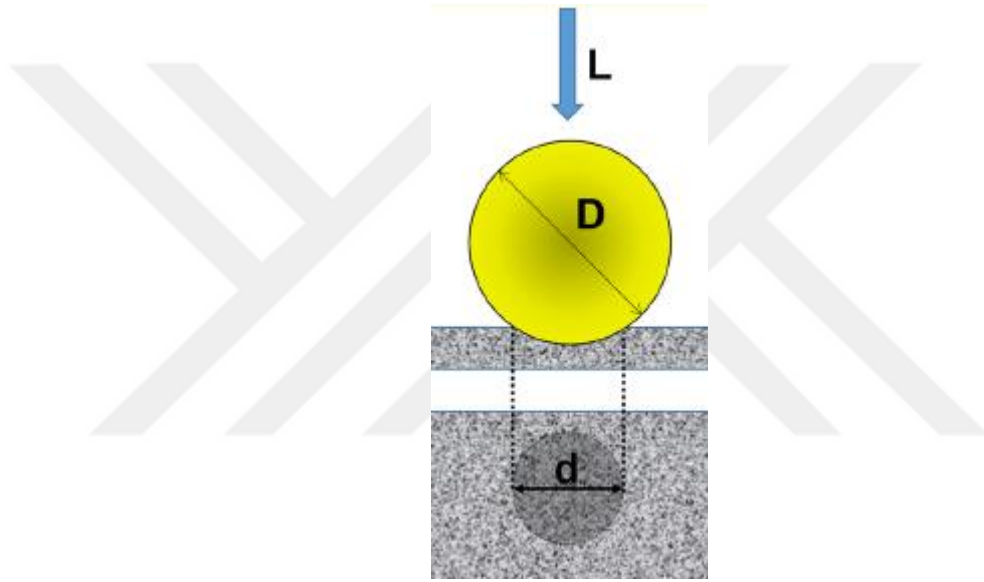
Knoop sertlik testi seramik, plastik, ince metal levhalar veya yüzey kaplamaları gibi kırılğan malzemeler için özel olarak geliştirilmiştir. Genel olarak, Knoop mikrosertlik testinde 1 kg/F'den büyük olmayan yükler kullanır (Chun vd., 2014). Bu test kullanılarak diş minesinin sertliği; altın, porselen, rezin ve diğer restoratif materyallerin sertliği ile karşılaştırılabilir. Yük, test edilecek materyale uyacak şekilde geniş bir aralıkta değiştirilebilir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Knoop sertlik testi.

1.6.3. Brinell Sertlik Testi

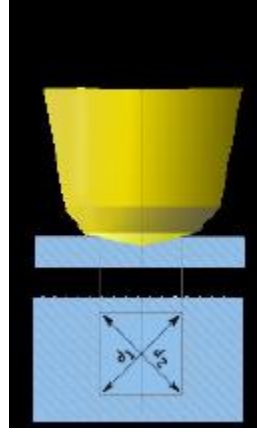
Brinell sertlik testinde 3000 kg/F'e kadar yük kullanabilir. Bu testte nispeten geniş ve derin girintiler bırakan ve bu nedenle daha büyük numuneler için kullanılan 1,6 - 10 mm çapında tungsten karbit küreler kullanılır. Girinti, Brinell mikroskobu kullanılarak ölçülür. Sertlik sayısını hesaplamak için genellikle karşılıklı olarak dik olan iki çap kullanılır (Pieniak vd., 2020). Brinell sertlik testi, homojen olmayan metaller; örneğin dökümler ve dövme parçalar gibi kaba yapısal elemanlar içeren metaller için uygundur (Şekil 1.8.).



Şekil 1.8. Brinell sertlik testi - küresel girinti.

1.6.4. Vickers Sertlik Testi

Vickers sertlik testi ve Knoop mikrosertlik testi neredeyse benzer şekilde çalışır. Vickers ölçüm probu, materyalin yüzeyine bastırılan ve yüzeyde belirli bir süre kalmasına izin veren piramit şekline sahiptir. Materyalin sertliğini hesaplamak için cihazın taradığı köşegenin uzunluğu mikroskop kullanılarak ölçülür (El-safty & Karim, 2018). Vickers testi dental materyallerin mikrosertliğini ölçmek için çok uygundur. Sertlik cihazının materyal üzerinde ölçtüğü alan girinti olarak adlandırılır. Vickers sertlik testinde uygulanan yük 1 kg/F'den fazla değildir. Rezinlerin polimerizasyon derecesini belirlemek için de Vickers testi kullanılabilir. Vickers testinin avantajı ölçüm yapılan elmas ucun uzun süre deforme olmadan kalması ve bu nedenle ölçümlerin doğruluk seviyesinin çok yüksek olmasıdır (Şekil 1.9.).



Şekil 1.9. Vickers sertlik girintisi.

1.6.5. Barcol Sertlik Testi

Barcol, yaklaşık 1 kg ağırlığa sahip küçük, taşınabilir bir sertlik ölçme cihazıdır. (Şekil 1.10.) Barcol sertlik test cihazı; sert plastiklerin, fiber takviyeli polimer kompozitlerin, bakır, pirinç, alüminyum ve alüminyum alaşımları gibi yumuşak metallerin sertliğini test etmek için tasarlanmıştır. Bir malzemenin Barcol sertlik testi, deformasyona direnme yeteneğini belirler. Barcol sertlik ölçme cihazlarının başka bir kullanım alanı, malzemenin sertleşme ve çapraz bağlanma derecesini ölçmektir (Şakar-Deliormanlı & Güden, 2006).



Şekil 1.10. Barcol sertlik cihazı.

1.6.6. Shore Sertlik Testi

Kauçuk, plastik gibi polimerlerin sertliği Shore sertlik testi ile ölçülür. Diğer sertlik testlerinde olduğu gibi, Shore sertlik testi de bir malzemenin penetrasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür. Bu testte, yay yüklü iğne benzeri bir girinti kullanılır (Yanıkoglu & Sakarya, 2020). Yumuşak elastomerlerin (kauçuklar) ve diğer yumuşak polimerlerin test edilmesi için "Shore A ölçeği" kullanılır. Termoplastik ve termosetlere ait sert elastomerler ve diğer polimer malzemeler Shore D ölçeği ile ölçülür (Şekil 1.11.).



Şekil 1.11. Shore-A Sertlik cihazı.

1.7. Diş Hekimliğinde Renk

Renk; görme sisteminde, bir maddeden geçen ve geriye yansıyan ışık dalgalarına karşılık oluşan fizikokimyasal bir algıdır (Geissberger, 2013). Rengin algılanması subjektif bir olgu olup, nedeni metamerizm kavramı ile açıklanabilir. Işık dalgası, cisim ve gözlemci, renk algısını oluşturan üç temel bileşendir, bunlardan herhangi birine bağlı olarak renk algısı değişebilir (Christie, 2015). Bir ışık kaynağı altında aynı görünen iki rengin, farklı bir ışık kaynağı altında birbirinden değişik iki renk gibi algılanması olgusuna metamerizm adı verilir. Diş hekimliği uygulamalarında, çalışılan diş kliniği ve laboratuvarın aydınlatma standardizasyonunun sağlanması, diş veya restorasyon renginin yanlış değerlendirilmesinin önlenmesi açısından önem taşımaktadır (Kahramanoğlu & Kulak Özkan, 2013). Renk analizi yapılırken; dişe bakış açısı ve uzaklığı, ışık kaynağının cinsi ve miktarı, günün saati gibi birçok değişken göz önünde bulundurulmalıdır (Paravina & Powers, 2004).

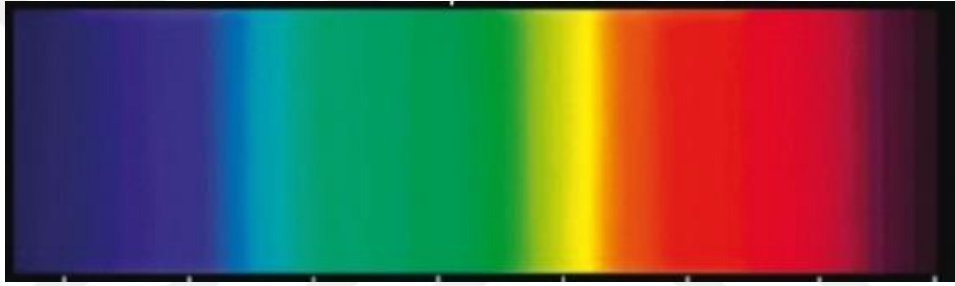
Rengin görülebilmesi tamamen ışıkla ilgilidir. Rengin görülebilmesi için, ışığın bir nesneden yansıtılması ve beynin görsel korteksinde yorumlanan bir sinyal gönderilerek gözün retinasındaki nöral sensörleri uyarması gerekir (Brewer, 2004). Gelen beyaz ışığın yansıyan bileşenleri bir nesnenin rengini belirler. Şeffaf malzemeler, ışığın çok az değişiklikle geçişine izin verir. Yarı saydam malzemeler ışığı dağıtır, iletir ve emer. Opak malzemeler ise ışığı yansıtır ve emer, ancak iletmezler. Dişin yarı saydam yapısı, opak bir nesneyle karşılaştırıldığında renk seçme prosedürünü daha karmaşık hale getirir. Parlaklık, eğrilik ve doku gibi yüzey özellikleri de ışığın yayılma derecesini ve dolayısıyla rengi etkileyebilir (Cal vd., 2006).

Renk genellikle ton (hue), parlaklık (value) ve kroma (chroma) cinsinden Munsell renk sistemine göre tanımlanır. Ton; klinisyenin farklı renk aileleri arasında ayırım

yapmasını sağlayan bir rengin özelliğidir; value ise bir rengin açıklığını gösterir. Chroma, renk doygunluğunun derecesidir. Munsell sistemi kullanılarak renk belirlendiğinde, önce value (parlaklık), ardından croma belirlenir. Renk tonu (hue), parlaklığın (value) ve önceden belirlenmiş olan kromanın eşleştirilip belirlenmesiyle en son seçilir. (Terry vd., 2002).

1.7.1. Hue (Ton)

"Ton", bir renk grubunu diğerinden ayıran kalitedir. Ton ayrıca; algılanan rengin tam dalga boyu mevcut olmasa bile, algılanan rengi veren görünür spektrumdaki baskın dalga boyu aralığı olarak da belirtilir (şekil 1.12.). Ton, dalga boyları toplamının fizyolojik ve psikolojik bir yorumudur. Yaygın olarak kullanılan Vita Classic renk skalasında A, B, C veya D ile temsil edilir.



şekil 1.12. Hue (ton).

1.7.2. Value (Parlaklık)

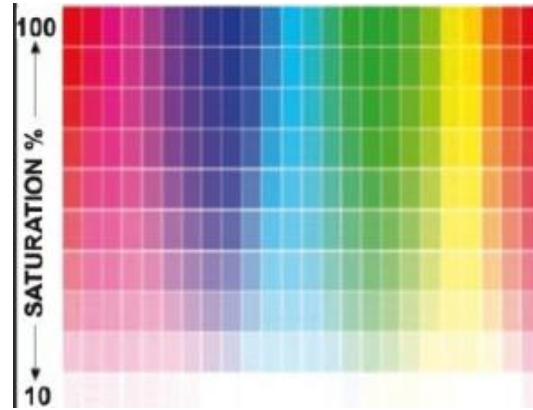
"Value" veya parlaklık, bir nesneden geri dönen ışık miktarıdır. Munsell, value (parlaklık) değerini beyazdan siyaha değişen gri ton farklılığı olarak tanımlamıştır. Parlak nesnelere daha az miktarda gri bulunurken; düşük parlaklığa sahip nesnelere daha fazla miktarda gri bulunur ve daha koyu görünür (Boksman, t.y.). Bir nesnenin parlaklığı genellikle kromayı düşürerek veya yüzeyin yansıtıcılığını artırarak yükseltilir (şekil 1.13.). Parlaklığın düşürülmesi, aydınlatılan nesneden daha az ışık geri dönüşü ve kalan ışığın başka bir yere emilmesi veya saçılması anlamına gelir.



Şekil 1.13. Value (parlaklık).

1.7.3. Chroma

"Chroma", tonun doygunluğu, yoğunluğu veya gücüdür (Şekil 1.14.) (Boksman, t.y.). Örnek verilecek olursa; bir bardak suya her hangi bir boya (örneğin kırmızı) eklenirse ve aynı boya tekrar tekrar eklenirse, yoğunluk (chroma) artar, ancak renk aynı kalır (ton). Daha fazla boya eklendikçe, karışım daha koyu görünür; bu nedenle, kromadaki artış, buna karşılık gelen bir parlaklık değişikliğine sebep olabilir. Kroma arttıkça parlaklık azalır; kroma ve parlaklık ters orantılıdır. Vita Classic renk skalasında daha yüksek sayılar, artan kromayı temsil eder (Terry vd., 2002).



Şekil 1.14. Chroma.

Translusensi

İnsan dişleri, şeffaf ve opak arasında tanımlanabilen, değişen derecelerde yarı saydımlıkla (translusensi) karakterize edilir. Genel olarak, bir nesnenin translusensliğini artırmak, göze daha az ışık geri döndüğü için parlaklığını düşürür. Artan translusensi ile ışık yüzeyden geçebilir ve restorasyon içinde dağılır. Translusenslik; minenin şeffaflığı,

ışığın geliş açısı, yüzey dokusu ve parlaklığı, dalga boyu ve dehidrasyon seviyesi ile değişir (Fondriest, 2003).

1.7.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü

Diş hekimliğinde renk ölçümü iki kategoriye ayrılabilir.

-Görsel Yöntem

-Enstrümantal Yöntem

A) Görsel Yöntem

Rengin görsel olarak belirlenmesi için parametreleri üç boyutta temsil edilen Munsell renk sistemi popüler bir sistemdir. Value (parlaklık), önce rengin açıklığına veya koyuluğuna en yakın olan sekme seçilerek belirlenir (Bona vd., 2009). Value, beyazdan (10) siyaha (0) kadar değişir. Chroma, ölçülen değere yakın artan renk doygunluğuna sahip sekmelerle belirlenir.

Chroma, akromatik veya gri tondan (0) yüksek doygunluğa (18) kadar değişir. Renk tonu, önceden belirlenmiş "value" ve "kroma" renk sekmeleriyle eşleştirilerek en son belirlenir. Ton, 10 renk ailesinin her biri için 2,5'ten 10'a kadar bir ölçekte 2,5'lik artışlarla ölçülür (kırmızı; R, sarı-kırmızı; YR, sarı; Y, yeşil-sarı; GY, yeşil; G, mavi-yeşil; BG, mavi; B, mor-mavi; PB, mor; P, kırmızı-mor; RP) ((Munsell, 1912).

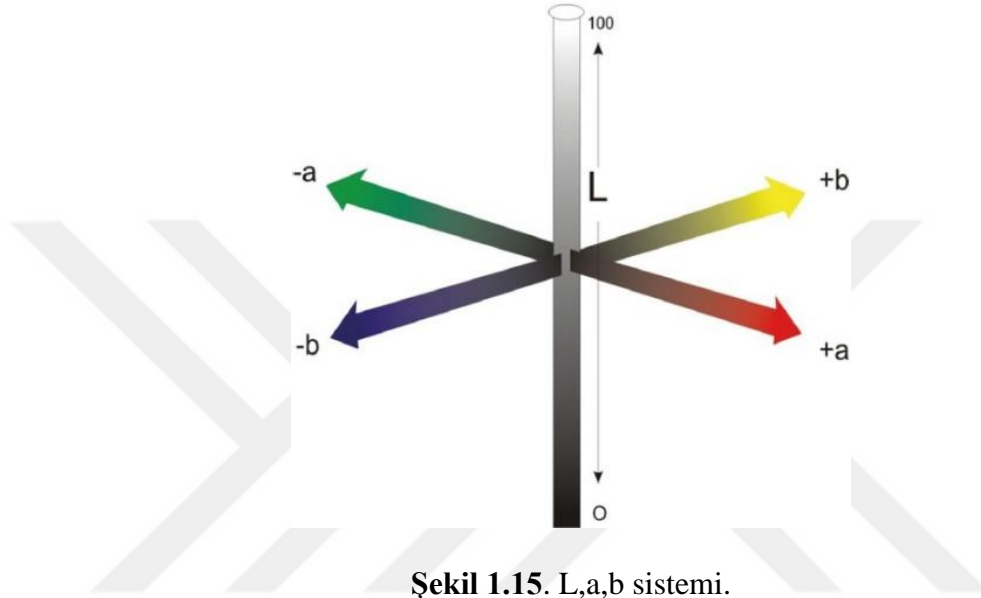
Klinik ortamında dişin görsel renk tespiti diş hekimliğinde en sık uygulanan yöntemdir. Fakat bu yöntemle belirlenen renk seçimlerinde standardizasyon sağlamak pek mümkün değildir. Görsel renk değerlendirmesi, gözlemcinin fizyolojik ve psikolojik tepkilerine bağlıdır. Renk uyumsuzluğu, yorgunluk, yaşlanma, duygular, kötü aydınlatma koşulları, gözün ışığa fazla maruz kalması, nesne ve aydınlatıcı konumu, metamerizm gibi kontrol edilemeyen faktörler seçimi etkiler. Tüm bu sebeplere dayanarak restoratif diş hekimliğinde daha bilimsel ve tutarlı bir renk ölçümü ve karşılaştırma yöntemlerine ihtiyaç duyulmuştur.

B) Enstrümantal Yöntem

Bu sistemde, renk uzayı üç koordinattan oluşur: L^* , a^* ve b^* (Şekil 1.15.) (Bona vd., 2009). L^* , açıklık koordinatını ifade eder ve değeri 0 (mükemmel siyah) ile 100 (mükemmel beyaz) arasında değişir. a^* eksenini kırmızı-yeşil eksen; b^* eksenini sarı-mavi eksenindeki renklilik koordinatlarıdır. Pozitif a^* değerleri kırmızı renk aralığını, negatif

değerler ise yeşil renk aralığını gösterir. Benzer şekilde pozitif b* değerleri sarı renk aralığını, negatif değerler ise mavi renk aralığını göstermektedir. Parlaklık ve renklilik koordinatlarındaki (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) farklılıklar ΔE sembolüyle ifade edilir ve CIE Lab renk sistemine göre aşağıdaki formül uygulanarak hesaplanır (Tatol & Mokrzycki, t.y.).

$$\Delta E_{ab}^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$



Şekil 1.15. L,a,b sistemi.

Öte yandan enstrümantal renk analizi, görsel renk belirlemeye göre potansiyel bir avantaj sunar; çünkü enstrüman yardımıyla yapılan ölçümler nesneldir ve daha hızlı ölçüm yapılır. Diş hekimliğinde spektrofotometreler ve kolorimetreler, görsel olarak renk seçme sorunlarının üstesinden gelmek amacıyla modifikasyonlarla kullanılır.

Fotoelektrikle sitümüle edilen kolorimetreler, görsel yöntemin bazı eksikliklerini ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir; kolorimetrelerin doğru ve tekrarlanabilir ölçümler sağladığı gösterilmiştir; ancak bunlar hatasız değildir. Diş hekimliğinde, bir kolorimetrik cihazın sonuçları değişebilir; çünkü cihazdan yayılan standart aydınlatma ışığı, dişlerin ve dental seramiklerinin yarı saydam optik özelliklerinin bir sonucu olarak dağılabilir, emilebilir, iletilebilir, yansıtılabilir ve hatta yanlara doğru yer değiştirebilir. Haywood ve ark. (1994), kolorimetrelerin dişlerde bulunan kavisli yarı saydam yüzeyler yerine düz yüzeyler için tasarlandığını bildirmişlerdir.

Ancak bu cihazlar, dişlerin tek tip olmayan renk özellikleri ve karmaşık diş yapısı tabakalarından kaynaklı ince renk değişikliklerini ölçmede yetersiz kalabilmektedir. Ek

olarak, bu aletlerin yüksek maliyeti ve sınırlı faydası, klinik diş hekimliği pratiğinde kullanımlarını engellemektedir.

a) Dijital Kameralar Yardımıyla Renk Ölçüm Yöntemi

Dijital kamera teknolojisi, renk eşleştirmek ve seçmek için kullanılır. Dijital kameralar, kimyasal bir reaksiyon oluşturmak için ışığı filme odaklamak yerine, mikroskobik olarak küçük, ışığa duyarlı element içeren, şarjlı birleştirilmiş cihazlar (CCD'ler) kullanarak görüntü yakalar.

Dijital kameralar, her biri üzerinde farklı bir filtre bulunan üç ayrı sensör kullanır. Işık, kameraya bir ışın ayırıcı yerleştirilerek farklı filtre/sensör kombinasyonlarına yönlendirilir. Işın ayırıcı, her dedektörün görüntüyü aynı anda görmesini sağlar. Bu yöntemin avantajı, kameranın her piksel konumunda üç rengin her birini kaydetmesidir. ShadeRite Dental Görüş Sistemi ve ShadeScan, dijital renk analizini kolorimetrik analiz ile birleştiren cihazlardır. SpectroShade ise, dijital renkli görüntüleme ile spektrofotometrik analizi birleştiren tek sistemdir (Şekil 1.16.).



Şekil 1.16. Shade Scan ve SpectroShade cihazları.

b) Spektrofotometre ve Spektroradyometreler

Spektrofotometreler ve spektroradyometreler, en doğru renk ölçümlerini üretmek için tasarlanmış araçlardır. Spektrofotometreler, spektroradyometrelerden temel olarak kararlı bir ışık kaynağı içerdikleri için farklılık gösterir (Şekil 1.17.). Bu enstrümanlar için yaygın olarak kullanılan iki tür temel tasarım vardır. Geleneksel tarama aleti, her dalga boyunda ışık miktarını kaydeden tek bir fotodiyot detektöründen oluşur (Cal vd., 2006). Işık bir monokromatörden geçirilerek küçük dalga boyu aralıklarına bölünür.

Diğer tasarımda ise, her dalga boyu için özel bir öğeye sahip bir diyot dizisi kullanır. Bu tasarım, tüm dalga boylarının eşzamanlı entegrasyonuna izin verir. Her iki tasarımda da filtre kolorimetrelerden oldukça yavaştır. Ancak bunlar rutinde en sık kullanılan renk ölçüm cihazlarıdır (Şekil 1.18.).



Şekil 1.17. Vita EasyShade V spektrofotometre cihazı.



Şekil 1.18. Vita Easyshade Advance 4.0 spektrofotometre cihazı.

2. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, üç universal kompozit materyale ve iki rezin esaslı CAD/CAM bloğa ofis tipi ve ev tipi beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin pürüzlülük, mikrosertlik ve renk değişimi gibi fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri in vitro olarak incelenmiştir. .

Çalışmaya ‘Selçuk Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu’nun’ 2021/13 sayılı ve 30.04.2021 tarihli etik kurul onayıyla başlanmıştır. Örnek hazırlama, beyazlatma işlemlerinin uygulanması, askorbik asit uygulaması, yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve renk ölçümleri Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında; Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ölçümleri ise Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi’nde yapılmıştır. Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 22132006 proje numarasıyla desteklenmiştir.

2.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

2.1.1. Çalışmada kullanılan restoratif materyaller

Çalışmada test edilecek restoratif materyaller; G-enial A’chord (GA, GC, Belçika), Filtek Ultimate Universal (FU, 3M Oral Care; St Paul, MN, ABD), Clearfil Majesty ES-2 (CM, Kuraray, Japonya) kompozit rezinler ve rezin esaslı Lava Ultimate (Lava 3M Espe, Almanya), Cerasmart (GC Cerec, GC Dental Products Europe, Leuven, Belçika) CAD/CAM bloklardır.



Şekil 2.1. G-enial A’chord (GCA).



Şekil 2.2. Filtek Ultimate Universal (FU).



Şekil 2.3. Clearfil Majesty ES-2 (CM).



Şekil 2.4 Lava Ultimate (LU).



Şekil 2.5. GC Cerasmart (GCC).

2.1.2. Çalışmada Kullanılan Beyazlatma Ajanları

Çalışmada kullanılan beyazlatma ajanları %40'lık Hidrojen peroksit içeren ofis tipi beyazlatma jeli (Opalescence Boost, Ultradent, ABD) ile %10 Karbamid peroksit içeren ev tipi beyazlatma ajanı (Opalescence PF, Ultradent, ABD)'dir.



Şekil 2.6. Opalescence Boost (OB) (Ofis tipi beyazlatma ajanı).



Şekil 2.7. Opalescence PF (OPF) (Ev tipi beyazlatma ajanı).

2.1.3. Çalışmada kullanılan antioksidan ajan

Çalışmada antioksidan ajan olarak 50 ml'lik 45 ml deiyonize distile suya 5 ml sodyum askorbat tozu eklenerek elde edilen %10 luk askorbik asit solüsyonu (TİTO, İzmir, Türkiye) uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm materyallerin üretici firma, ülke ve içerikleri Tablo 2.1.'de verilmektedir.

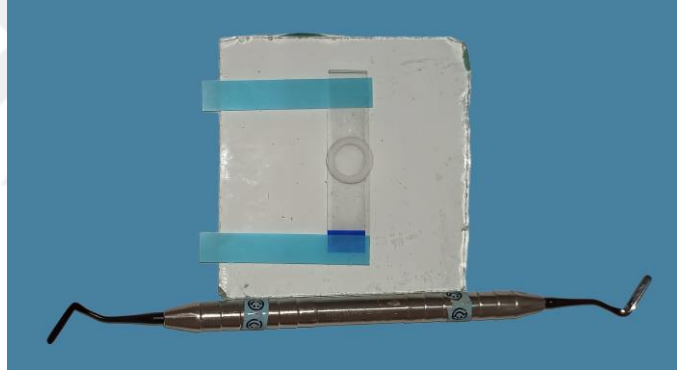
Tablo 2.1. Çalışmamızda kullanılan materyaller.

Kullanılan Materyal	Üretici Firma	Doldurucu Oranı	İçerik
G-enial A'Chord	GC, Tokyo, Japonya	%81 oranında (ağırlıkça) nanopartikül dolduruculu	UDMA, TEGDMA, dimetakrilat monomerleri, silika parçacıkları (16 nm), baryum cam partikülleri (300 nm)
Filtek Ultimate Universal	3M Espe, ABD	%63.3 oranında (ağırlıkça) nanopartikül dolduruculu	Bis-GMA, UDMA, Bis-PMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA, küresel silika (20 nm), zirkonya parçacıkları (4-11 nm)
Clearfil Majesty ES-2	Kuraray, Almanya	%78 oranında (ağırlıkça), %40 (hacimce) nanopartikül dolduruculu rezin,	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, PEGDMA, TEGDMA, silanlanmış baryum cam (0,37-1,5 µm), di-kamforokinon,
Lava Ultimate	3M Espe, Almanya	%80 oranında (ağırlıkça) nanoseramik, %20 oranında (ağırlıkça) rezin	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA, ağırlıkça %80 SiO ₂ (20 nm), ZrO ₂ (4–11 nm), ZrO ₂ /SiO ₂ kümeler
Cerasmart	GC Dental Products Europe, Leuven, Belçika	%71 oranında (ağırlıkça) nanopartikül dolduruculu rezin	Bis-MEPP, UDMA, DMA, ağırlıkça %71 silika (20 nm), baryum cam (300 nm) nano partikülleri
Opalescence Boost %40	Ultradent, ABD		%40 oranında hidrojen peroksit, %1.1 florid, %3 potasyum nitrat
Opalescence pf %10	Ultradent, ABD		%10 oranında karbomit peroksit, potasyum nitrat, % 0.11 florid, karbopol, gliserin
Askorbik Asit	TİTO (Smart Kimya), Türkiye		45 ml deiyonize distile su ve 5 ml sodyum askorbat tuzu

2.2. Örneklerin Hazırlanması

Kompozit örneklerin hazırlanması

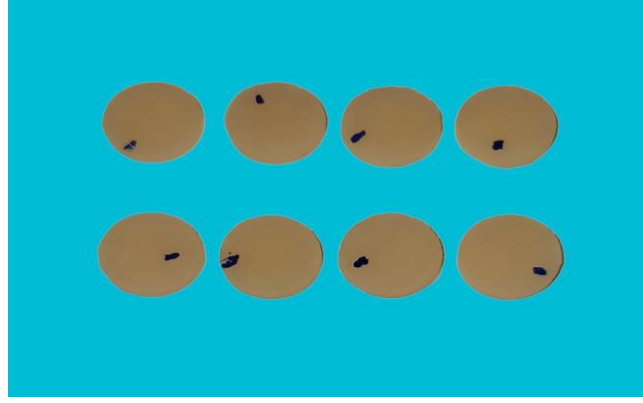
Kompozit rezin örnekleri hazırlamak için 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında teflon kalıp hazırlanmıştır. Bu teflon kalıp, bir siman camı ve polyester strip bant üzerine yerleştirildikten sonra kompozit rezinler metal ağız spatülü ve siman fulvarı yardımıyla tek tabaka olacak şekilde kalıba uygulanıp kondanse edilmiştir. Kondenzasyon aşamasının ardından başka bir polyester strip bant ve siman camı kompozit rezinin üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra kompozit örneklerin polimerizasyonu LED ışık cihazıyla (1000 mW / cm², Valo, Ultradent, UT, ABD) her iki yüzeyinden 20'şer saniye ışık uygulanarak yapılmıştır. Her bir kompozit rezin materyalinden bu şekilde 60'ar adet olmak üzere toplam 180 adet disk şeklinde örnekler hazırlanmıştır. Kompozitlerin rengi A2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.8. Kompozit örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler.



Şekil 2.9. Çalışmada kullanılan ışık cihazı (Valo, Ultradent, UT, ABD).



Şekil 2.10. Disk şeklinde hazırlanan kompozit örnekler.

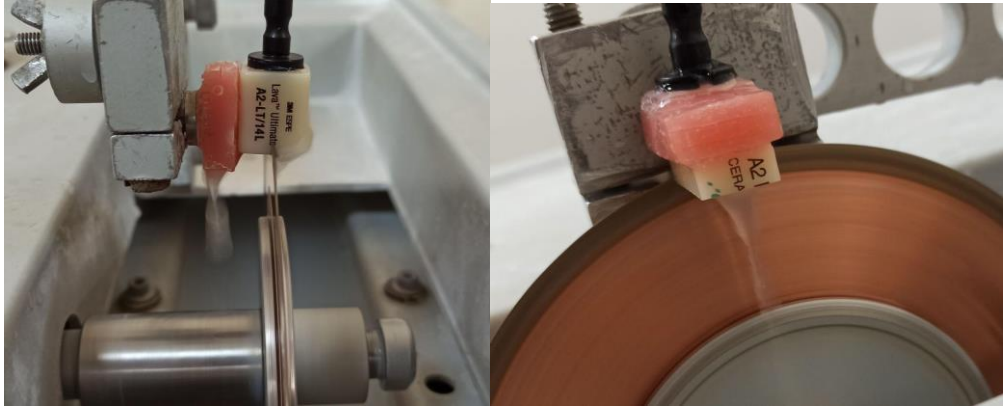
CAD/CAM bloklardan örneklerin hazırlanması

CAD/CAM bloklardan su soğutmalı hassas kesim cihazıyla (İsomet, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL) kesim yapılarak 14x7x2 mm kalınlığında dikdörtgen prizması şeklinde örnekler hazırlanmıştır. Her bir CAD/CAM kompozit blok grubundan 60 adet olmak üzere toplam 120 adet örnek elde edilmiştir. CAD/CAM blokların isomet cihazında stabil bir şekilde durması için öncelikle örnekler akrilik bloklara sabitlenmiştir. Kesim diskinin CAD/CAM bloklara dik açı yapmasına dikkat edilmiştir. Bloklar öncelikle ikiye ayrılmıştır. Daha sonra blokların pozisyonu değiştirilerek bir kez daha kesim yapıp her örnek 2 mm kalınlığa sahip olacak şekilde iki eşit parçaya bölünmüştür.

Elde edilen tüm örneklerin yüzey standardizasyonunu sağlamak için belirlenen bir yüzeylerine düşük turda su soğutmalı mikromotor yardımıyla polisaj işlemi yapılmıştır. Polisaj işlemi en kalın grenden en ince grene doğru (mavi, yeşil, sarı ve beyaz; TOR VM, Rusya) cila diskleri kullanılarak (10 sn boyunca 25.000 rpm hızında) tamamlanmıştır.



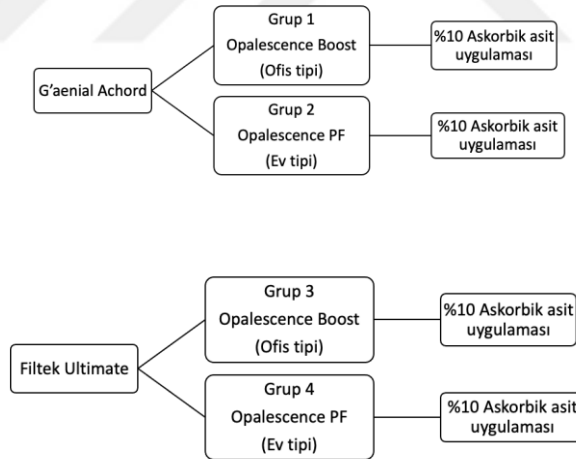
Şekil 2.11. CAD/CAM blokların destek akrilik bloklara bağlanması.

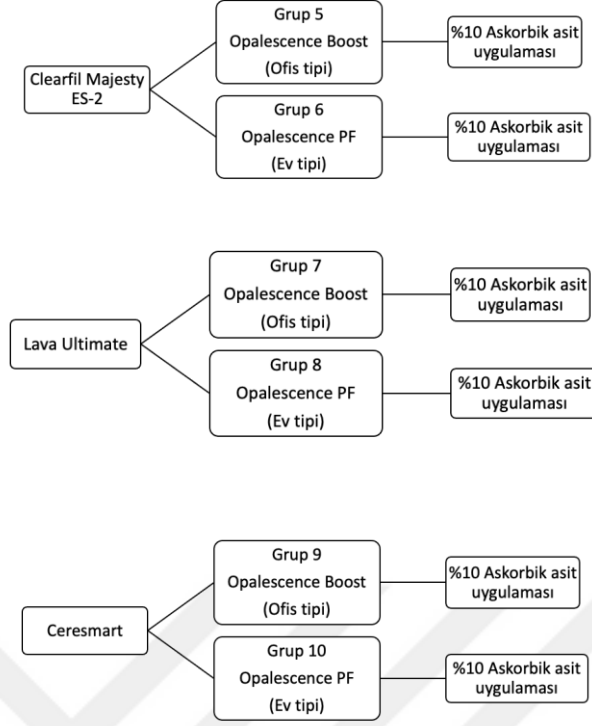


Şekil 2.12. İso met hassas kesim cihazıyla CAD/CAM blokların kesilmesi.

2.3. Deney Gruplarının Belirlenmesi

Çalışmada kullandığımız restoratif materyallere göre 5 ana grup oluşturuldu. Uygulanan beyazlatma ajanlarına göre her grup 2 alt gruba ayrıldı. Beyazlatma işlemleri tamamlandıktan sonra tüm gruplara askorbik asit uygulandı. Toplam 10 grup oluşturuldu. Örnek sayısını belirlemek için power analizi yapıldı ve her bir gruptaki örnek sayısı 30 (n=30) olarak belirlendi. Toplamda 300 tane örnek hazırlandı.

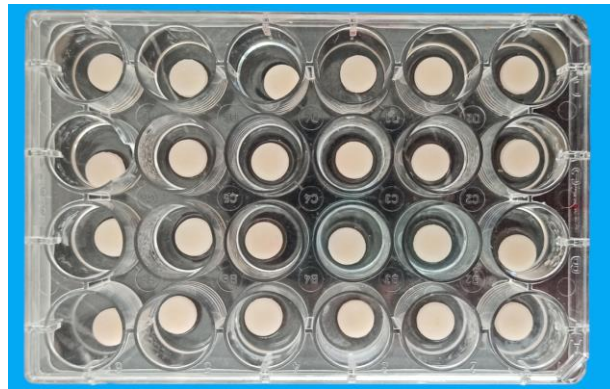




Şekil 2.13. Çalışmada yer alan gruplar.

2.4. Örneklerin Saklanması

Hazırlanan örnekler rastgele gruplara ayrıldıktan sonra içerisinde distile su bulunan bölmeli kültür kaplarında 24 saat oda sıcaklığında bekletildi. Örnekler her kaptaki her bir restoratif materyal grubundan 30 adet örnek olacak şekilde saklandı. Kapların üzerine hangi gruba ait oldukları işaretlendi ve ışık geçirmeyen alanlarda muhafaza edildi. Örnekler, laboratuvar işlemlerinin uygulanmadığı zamanlarda 37 C'lik etüvde bekletildi (Ivoclar Vivadent Cultura).



Şekil 2.14. Örneklerin saklandığı bölmeli kültür kabı.



Şekil 2.15. Çalışmada kullanılan etüv cihazı.

2.5. Yüzey Pürüzlülüğün Ölçülmesi

Hazırlanan örnekler beyazlatma ajanları uygulanmadan önce örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Örneklerin ölçüm yapılacak yüzeylerinde 3 farklı alan belirlenmiştir. Bu alanların yüzey pürüzlülük değerleri bir profilometre (SJ-301R, Mitutoyo, Japan) ile ölçülüp kayıt altına alınmıştır. Profilometre, ölçümlerden önce kalibre edilmiştir. Cihaz örnek yüzeyiyle dik açı yapacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir örnek için ölçülen üç farklı değer aritmetik ortalaması alınıp hesaplanmıştır (Ra). Bu işlem beyazlatma sonrası ve askorbik asit uygulaması sonrasında da yapılmak üzere her bir örnek için tekrarlanmıştır. Değerler istatistiksel analiz için kaydedilmiştir.



Şekil 2.16. Çalışmada kullanılan yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı (Mitutoyo SJ-301, Tokyo, Japonya)

2.6. Mikrosertlik Değerlerinin Ölçülmesi

Hazırlanan örneklere beyazlatma ajanları uygulanmadan önce örneklerin mikrosertlik değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir örneğin mikrosertlik ölçümleri Vickers mikrosertlik test cihazı (Hardway Microvickers, MHVS 1000AD, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her ölçümden önce cihaz kalibre edilmiştir. Örneklerin yüzeyine çizici uç aracılığıyla 100 gr kuvvet 15 saniye boyunca uygulanmıştır. Bu işlem her bir örnek için, örneklerin üst yüzeyindeki 3 farklı noktada tekrarlanmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınıp her örnek için bir mikrosertlik değeri tespit edilmiştir. Bu işlem beyazlatma sonrası ve askorbik asit uygulaması sonrasında da yapılmak üzere her bir örnek için tekrarlanmıştır. Değerler istatistiksel analiz için kaydedilmiştir.



Şekil 2.17. Çalışmada kullanılan mikrosertlik cihazı (Hardway Microvickers, MHVS 1000AD, Türkiye).

2.7. Renk Ölçümlerinin Yapılması

Örneklerin her birinin renk ölçümü, beyazlatma işlemlerinden önce, sonra ve askorbik asit uygulamasından sonra VITA Easychade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) cihazıyla yapılmıştır. Ölçümler günün aynı saatlerinde, aynı ışık altında her yüzeyinden üçer defa ve gri arka fonda yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin L, a ve b değerlerinin aritmetik ortalaması alınıp her örnek için tek bir L (parlaklık eksenini), a

(kırmızı-yeşil eksen) ve b (sarı-mavi eksen) değeri kaydedilmiştir. Her üç örnek sonrası cihaz kalibre edilmiştir. Örneklerin zamana bağlı renk değişim değerleri (ΔE) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2}$$

L_1 , a_1 ve b_1 değerleri yalnızca beyazlatma uygulanan ya da beyazlatma sonrası antioksidan ajan uygulanan örneklerin CIE L^* a^* b^* değerlerini, L_2 , a_2 ve b_2 değerleri ise örneklerin başlangıç CIE L^* a^* b^* değerlerini temsil etmektedir.



Şekil 2.18. Çalışmamızda kullanılan spektrofotometre cihazı (VITA Easyshade V Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya)

2.8. Ev Tipi Beyazlatma İşleminin Uygulanması

Grup 2, 4, 6, 8 ve 10'daki örneklerin polisaj yapılmamış yüzeylerine kadar distile su ilave edilip uygulama yapılacak polisajlanmış yüzey açıkta bırakılmıştır. Örneklerin açıkta kalan yüzeylerine her gün 8 saat boyunca 14 gün süreyle yaklaşık 0,5 mm kalınlığında %10'luk Opalescence PF jel sürülerek bekletilmiştir (Al Qahtani & Binsufayyan, 2011). Beyazlatma işlemi boyunca örnekler 37 °C'lik etüvde, tabanında çok az miktarda distile su bulunan kültür kaplarında saklanmıştır. Her beyazlatma uygulamasından sonra örnekler distile suyla yıkandıktan sonra günün diğer saatlerinde distile su içinde 37 °C'lik etüvde 14 gün boyunca bekletilmiştir.



Şekil 2.19. CAD/CAM örneklere ev tipi beyazlatma ajanının uygulanması.



Şekil 2.20. Kompozit örneklere ev tipi beyazlatma ajanının uygulanması.

2.9. Örneklere Ofis Tipi Beyazlatma Ajanı Uygulaması

Grup 1, 3, 5, 7 ve 9'daki örneklerin polisaj yapılmamış yüzeylerine kadar distile su ilave edilip uygulama yapılacak polisajlanmış yüzey açıkta bırakılmıştır. Örneklerin açıkta kalan yüzeylerine üretici firmanın talimatlarına göre birer hafta aralıklarla 20 dakika boyunca ve iki seans olmak üzere (toplam 80 dk) %40'lık Opalescence Boost jel sürülerek bekletilmiştir (Yu vd., 2018). Seans aralarında beyazlatma ajanı distile suyla uzaklaştırılmıştır. Beyazlatma işlemi boyunca örnekler 37 °C'lik etüvde, tabanında çok az miktarda distile su bulunan kültür kaplarında saklanmıştır. Beyazlatma uygulamasından sonra örnekler distile suyla yıkandıktan sonra bir hafta distile su içinde 37 °C'lik etüvde bekletilmiştir. Bir hafta sonra örnekler tekrardan aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Toplamda 80 dakika ofis tipi beyazlatma ajanı uygulanmıştır.



Şekil 2.21. Kompozit örneklere ofis tipi beyazlatma uygulanması

2.10. Beyazlatma işleminden sonra örneklerin fiziksel özelliklerinin ölçülmesi

Beyazlatma işlemlerinin ardından örneklerin yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve renk değişim değerleri ölçülüp kaydedilmiştir.

2.11. Askorbik Asit Uygulanması

Beyazlatma işlemleri yapıldıktan sonra ölçümleri tamamlanan örneklere askorbik asit uygulanmıştır. 50 ml'lik cam tüp içine 45 ml deiyonize distile su konulup, üzerine 50 ml'ye tamamlanacak kadar sodyum askorbat tuzu eklenerek %10'luk askorbik asit elde edilmiştir. Örneklere askorbik asit uygulaması 1 dk boyunca aplikatör fırça ile yapılmıştır (Muraguchi vd., 2007). Örnekler daha sonra distile su ile yıkanmış ve basınçlı hava ile kurutulmuştur. Uygulama sonrası tekrardan yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve renk değişim değerleri ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 2.22. Çalışmada kullanılan sodyum askorbat tuzu (TİTO, Smart Kimya, İzmir, Türkiye).



Şekil 2.23. Hazırlanan %10'luk askorbik asit solüsyonu.

2.12. Taramalı Elektron Mikroskobunda Görüntülerinin İncelenmesi

Çalışmamızın taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM, Zeiss, Evo LS10, Almanya) ile gerçekleştirilmiştir. Her kompozit ve CAD/CAM gruplarından rastgele birer adet örnek SEM analizi için seçilmiştir. Görüntüleme öncesi örnek yüzeyleri püskürtme yöntemiyle altın ile kaplanmıştır. Kompozit ve CAD/CAM örneklerin topografisi 1000x ve 5000x büyütme altında ve 15kv hızında incelenmiştir.



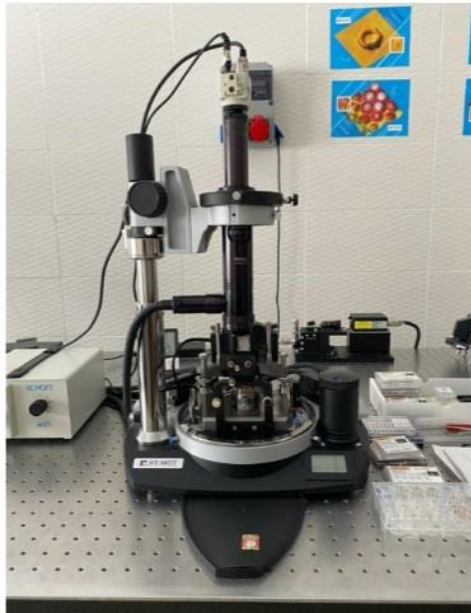
Şekil 2.24. Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı (Zeiss, Evo LS10, Almanya).



Şekil 2.25. SEM analizi için altın kaplanan örnekler.

2.13. Atomik Kuvvet Mikroskobu'nda Görüntülerin İncelemesi

Çalışmamızın atomik kuvvet mikroskobu (AFM) analizi Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM, NT-MDT/Ntegra Solaris) ile yapılmıştır. Her kompozit ve CAD/CAM gruplarından rastgele birer adet örnek AFM analizi için seçilmiştir. Tarama hızı 1 khz olarak ayarlanmıştır. Ve numunelerde 256 piksel çözünürlükte görüntüler elde edilmiştir.



Şekil 2.26. Çalışmamızda kullanılan atomik kuvvet mikroskobu (AFM) (NT-MDT/Ntegra Solaris Rusya).

2.14. İstatistiksel Analizler

Tüm istatistiksel analizler *R* 4.1.2 (The *R* Foundation for Statistical Computing, Viyana, Avusturya) istatistiksel programlama dili kullanılarak yapıldı. Restoratif materyallerinin, her bir beyazlatma yöntemi (ofis ve ev tipi) ve farklı ölçüm zamanlarında (ilk ölçüm, beyazlatma sonrası ölçüm ve askorbik asit sonrası ölçüm) elde edilen yüzey pürüzlülük miktarları, sertlik dereceleri ve renk değişim değerleri bakımından anlamlı bir şekilde değişim gösterip göstermediğini değerlendirmek amacıyla 3-Yönlü (1 gruplar arası: ölçüm zamanı, 2 grup-İçi: materyal ve beyazlatma tipi) Mixed ANOVA analizi kullanıldı. Bu analizler sonucunda anlamlı bulunan parametreler için çoklu karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi uygulandı. Tüm istatistiksel hipotezlerin değerlendirilmesinde anlamlılık seviyesi %5 olarak belirlendi.

3. BULGULAR

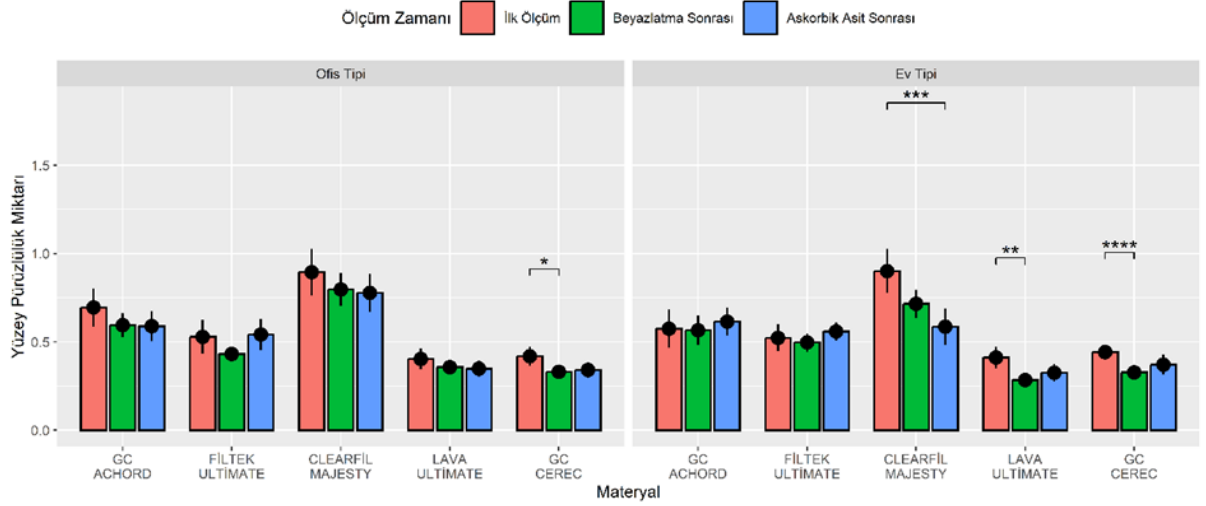
3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Bulgularının Değerlendirilmesi

Restoratif materyallerin her bir beyazlatma yöntemi (ofis ve ev tipi) ve farklı ölçüm zamanlarında (ilk ölçüm, beyazlatma sonrası ölçüm ve askorbik asit sonrası ölçüm) elde edilen yüzey pürüzlülük verilerinin ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri Tablo 3.1. ile Şekil 3.1.'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Restoratif materyallerin, her bir beyazlatma yöntemi ve farklı ölçüm zamanlarındaki yüzey pürüzlülük verilerinin (Ra) ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri.

Materyal	Beyazlatma Yöntemi	Ölçüm Zamanları			p-değeri (Grup-içi)
		İlk Ölçüm	Beyazlatma Sonrası Ölçüm	Askorbik Asit Sonrası Ölçüm	
GC A'Chord	Ofis Tipi	0.62 \pm 0.29	0.59 \pm 0.18	0.59 \pm 0.23	.151
	Ev Tipi	0.59 \pm 0.29	0.57 \pm 0.23	0.61 \pm 0.21	.721
	p-değeri	.064	.596	.650	
Filtek Ultimate	Ofis Tipi	0.53 \pm 0.26	0.43 \pm 0.11	0.54 \pm 0.24	.085
	Ev Tipi	0.52 \pm 0.21	0.50 \pm 0.14	0.56 \pm 0.14	.333
	p-değeri	.917	.043	.758	
Clearfil Majesty	Ofis Tipi	0.89 \pm 0.35	0.80 \pm 0.25	0.78 \pm 0.29	.234
	Ev Tipi	0.90 \pm 0.33 ^a	0.72 \pm 0.21	0.59 \pm 0.27 ^b	<.001
	p-değeri	.944	.219	.020	
Lava Ultimate	Ofis Tipi	0.40 \pm 0.16	0.36 \pm 0.11	0.36 \pm 0.12	.244
	Ev Tipi	0.41 \pm 0.17 ^a	0.28 \pm 0.07 ^b	0.33 \pm 0.13	.003
	p-değeri	.821	.005	.509	
GC Cerasmart	Ofis Tipi	0.42 \pm 0.14 ^a	0.33 \pm 0.08 ^b	0.34 \pm 0.12	.008
	Ev Tipi	0.44 \pm 0.11 ^a	0.33 \pm 0.08 ^b	0.37 \pm 0.15	<.001
	p-değeri	.458	.880	.386	

*Aynı satırda bulunan farklı küçük harfler, istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir (p<0,05).



Şekil 3.1. Beyazlatma yöntemi baz alınarak, her bir restoratif materyal için ölçüm zamanlarına göre ortalama yüzey pürüzlülüğü gösteren bar grafiği.

-Noktalar ortalamaları, çizgiler ise %95 güven aralıklarını gösterir.

-Her bir materyal için ölçüm zamanları arasında anlamlı fark bulunan sonuçlar (*) ile gösterildi.

Gruplar arası karşılaştırmalar dikkate alındığında; GCA materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.721$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.151$) ölçüm zamanlarına göre pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Beyazlatma yönteminin yüzey pürüzlülük verilerine etkisinin incelendiği Bonferroni düzeltilmeli post-hoc testi sonuçlarına göre; GCA materyaline ev tipi ve ofis tipi beyazlatma uygulamaları sonrasında yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında, beyazlatma yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

FU materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.333$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.085$) ölçüm zamanlarına göre yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde; beyazlatma sonrası ölçümlerde ofis tipi beyazlatma yöntemi ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ev tipi beyazlatma yöntemi ile elde edilenden anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür ($p=0.043$).

CM materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan grubunda ölçüm zamanlarına göre yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p=0.234$). Ev tipi beyazlatma yöntemi uygulanan grupta ise ölçüm zamanları arasında anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir ($p<0.001$). Ev tipi beyazlatma uygulanan grupta, askorbik asit uygulamasından sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ilk

ölçümlere kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür ($p<0.001$). Yüzey pürüzlülük değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde; ofis tipi beyazlatma+askorbik asit sonrası elde edilen pürüzlülük değerlerinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit sonrası elde edilen pürüzlülük değerlerine göre anlamlı olarak daha yüksek olduğu görülmüştür ($p=0.020$).

LU materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan grubunda ölçüm zamanlarına göre yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p=0.244$). Ev tipi beyazlatma yöntemi uygulanan grupta ise ölçüm zamanları arasında anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir ($p=0.003$). Ev tipi beyazlatma uygulanan grupta, beyazlatma uygulamasından sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ilk ölçümlere kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür ($p=0.02$). Yüzey pürüzlülük değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde; beyazlatma sonrası ölçümlerde ev tipi beyazlatma materyali ile elde edilen yüzey pürüzlülük miktarı ofis tipi beyazlatma yöntemi ile elde edilene kıyasla anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p=0.005$).

GCC materyalinin hem ofis tipi ($p=0.008$) hem de ev tipi ($p<0.001$) beyazlatma uygulanan gruplarında ölçüm zamanları arasında anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir. Ofis tipi beyazlatma uygulanan grupta, beyazlatma uygulamasından sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ilk ölçümlere kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür ($p=0.030$). Ev tipi beyazlatma grubunda da beyazlatma sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ilk ölçümlere kıyasla anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0.001$). Yüzey pürüzlülük değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, beyazlatma yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

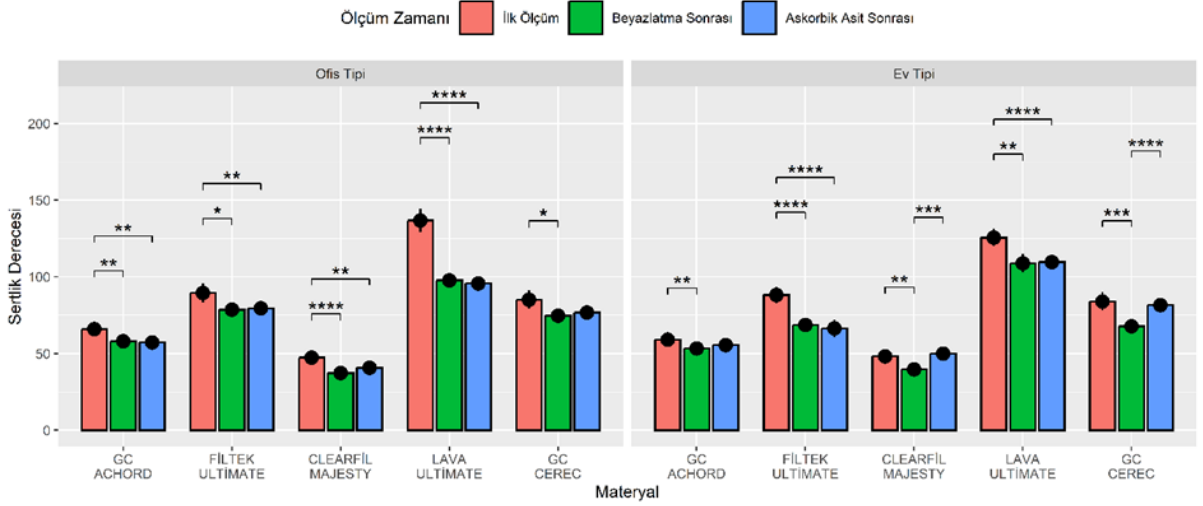
3.2. Mikrosertlik Bulgularının Değerlendirilmesi

Restoratif materyallerin her bir beyazlatma yöntemi (ofis ve ev tipi) ve farklı ölçüm zamanlarında (ilk ölçüm, beyazlatma sonrası ölçüm ve askorbik asit sonrası ölçüm) elde edilen mikrosertlik verilerinin ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri Tablo 3.2 ile Şekil 3.2'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Restoratif materyallerin her bir beyazlatma yöntemi ve farklı ölçüm zamanlarındaki mikrosertlik verilerinin ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri.

Materyal	Beyazlatma Yöntemi	Ölçüm Zamanları			p-değeri (Grup-içi)
		İlk Ölçüm	Beyazlatma Sonrası Ölçüm	Askorbik Asit Sonrası Ölçüm	
GC Achord	Ofis Tipi	65.97 \pm 11.34 ^a	58.07 \pm 7.33 ^b	57.24 \pm 6.53 ^b	<.001
	Ev Tipi	59.15 \pm 8.15 ^a	53.29 \pm 6.44 ^b	55.58 \pm 8.85	.015
	p-değeri	.005	.004	.442	
Filtek Ultimate	Ofis Tipi	89.53 \pm 16.48 ^a	78.65 \pm 9.57 ^b	79.55 \pm 8.22 ^b	.001
	Ev Tipi	88.17 \pm 14.65 ^a	68.67 \pm 12.46 ^b	66.48 \pm 15.04 ^b	<.001
	p-değeri	.758	.002	<.001	
Clearfil Majesty	Ofis Tipi	47.36 \pm 6.80 ^a	37.37 \pm 6.04 ^b	40.73 \pm 6.65 ^b	<.001
	Ev Tipi	48.22 \pm 7.61 ^a	39.73 \pm 9.43 ^b	50.01 \pm 11.69 ^a	<.001
	p-değeri	.647	.187	<.001	
Lava Ultimate	Ofis Tipi	136.81 \pm 19.83 ^a	97.75 \pm 12.06 ^b	95.72 \pm 12.74 ^b	<.001
	Ev Tipi	125.63 \pm 15.16 ^a	108.90 \pm 16.01 ^b	109.67 \pm 9.24 ^b	<.001
	p-değeri	.043	.007	<.001	
GC Cerasmart	Ofis Tipi	85.18 \pm 15.74 ^a	74.74 \pm 11.00 ^b	76.76 \pm 12.27	.009
	Ev Tipi	83.99 \pm 15.87 ^a	67.75 \pm 8.88 ^b	81.61 \pm 12.41 ^a	<.001
	p-değeri	.755	.016	.139	

*Aynı satırda bulunan farklı küçük harfler, istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir ($p < 0,05$).



Şekil 3.2. Beyazlatma yöntemi baz alınarak, her bir restoratif materyal için ölçüm zamanlarına göre ortalama sertlik derecesini gösteren bar grafiği.

-Noktalar ortalamaları, çizgiler ise %95 güven aralıklarını gösterir.

-Her bir materyal için ölçüm zamanları arasında anlamlı fark bulunan sonuçlar (*) ile gösterildi.

Gruplar arası karşılaştırmalar dikkate alındığında; GCA materyalinin hem ofis tipi ($p < 0.001$) hem de ev tipi ($p = 0.015$) beyazlatma gruplarında ölçüm zamanlarına göre mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Ofis tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma ($p = 0.008$) ve beyazlatma+askorbik asit ($p = 0.002$) uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri başlangıç değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Ev tipi beyazlatma grubunda yalnızca beyazlatma sonrası mikrosertlik değerleri ilk ölçümlere kıyasla anlamlı bir şekilde azalmıştır ($p = 0.003$). Mikrosertlik değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, başlangıç ($p = 0.005$) ve beyazlatma sonrası ölçümlerde ($p = 0.004$) ofis tipi beyazlatma yöntemi ile elde edilen mikrosertlik değerleri ev tipi beyazlatma yöntemine göre anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur.

FU materyalinin hem ofis tipi ($p < 0.008$) hem de ev tipi ($p = 0.001$) beyazlatma gruplarında ölçüm zamanlarına göre mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Ofis tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma ($p = 0.013$) ve beyazlatma+askorbik asit ($p = 0.003$) uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri başlangıç değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Ev tipi beyazlatma grubunda da, beyazlatma ($p < 0.001$) ve beyazlatma+askorbik asit ($p < 0.001$) uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri başlangıç değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Mikrosertlik değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde,

hem beyazlatma sonrası ($p=0.002$) hem de beyazlatma+askorbik asit sonrası ölçümlerde ($p<0.001$) ofis tipi beyazlatma grubunda elde edilen mikrosertlik değerlerinin ev tipine kıyasla anlamlı şekilde yüksek olduğu saptanmıştır.

CM materyalinin hem ofis tipi ($p<0.001$) hem de ev tipi ($p<0.001$) beyazlatma gruplarında ölçüm zamanlarına göre mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Ofis tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma ($p<0.001$) ve beyazlatma+askorbik asit ($p=0.002$) uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri başlangıç değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Ev tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma sonrası mikrosertlik değerlerinin başlangıç ($p=0.002$) ve beyazlatma+askorbik asit sonrası ($p<0.001$) mikrosertlik değerlerine kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu bulunmuştur. Mikrosertlik değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, beyazlatma+askorbik asit sonrası ölçümlerde ev tipi beyazlatma yöntemi ile elde edilen mikrosertlik değerleri ofis tipi beyazlatma yöntemi ile elde değerlerden anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ($p<0.001$).

LU materyalinin hem ofis tipi ($p<0.001$) hem de ev tipi ($p<0.001$) beyazlatma gruplarında ölçüm zamanlarına göre mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Ofis tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma ($p<0.001$) ve beyazlatma+askorbik asit ($p<0.001$) uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri başlangıç değerlerine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. Mikrosertlik değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde; ofis tipi ve ev tipi olarak gruplandırılan örneklerin başlangıç mikrosertlik değerleri arasında anlamlı farklılık görülmüştür ($p=0.043$). Ayrıca ofis tipi grubunun beyazlatma ($p=0.007$) ve beyazlatma+askorbik asit sonrası ($p<0.001$) mikrosertlik değerleri ev tipi beyazlatma grubuna göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur.

GCC materyalinin hem ofis tipi ($p=0.008$) hem de ev tipi ($p<0.001$) beyazlatma gruplarında ölçüm zamanlarına göre mikrosertlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. Ofis tipi beyazlatma grubunda yalnızca beyazlatma sonrası mikrosertlik değerleri ilk ölçümlere kıyasla anlamlı bir şekilde düşüş göstermiştir ($p=0.014$). Ev tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma sonrası mikrosertlik değerlerinin başlangıç ($p<0.001$) ve beyazlatma+askorbik asit sonrası ($p<0.001$) mikrosertlik değerlerine kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu saptanmıştır. Mikrosertlik değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi incelendiğinde, beyazlatma sonrası mikrosertlik

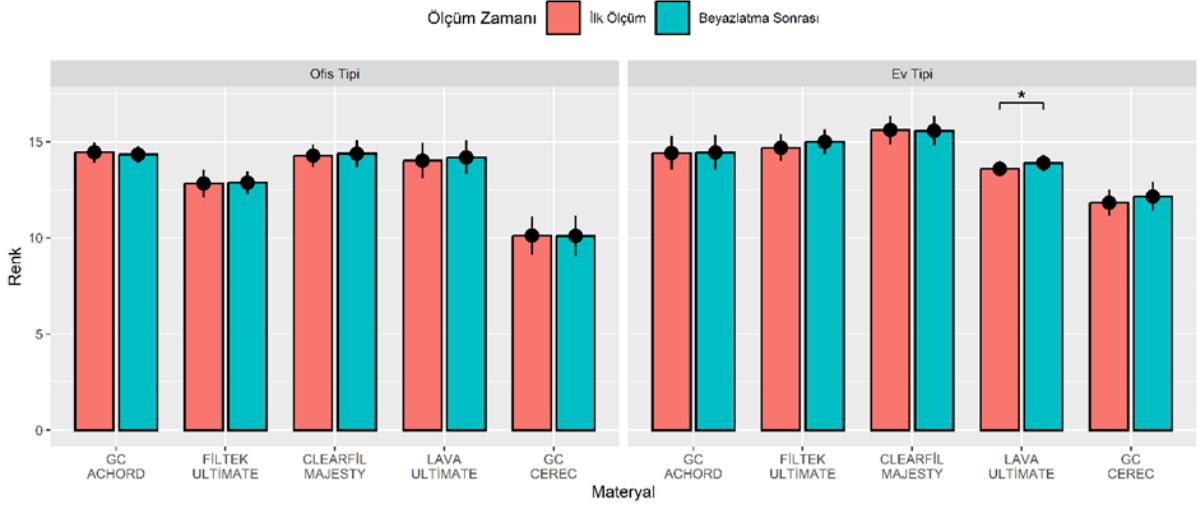
değerleri ev tipi beyazlatma yönteminde ofis tipine göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (**p=.016**).

3.3. Renk Değişimi Bulgularının Değerlendirilmesi

Restoratif materyallerin her bir beyazlatma yöntemi (ofis ve ev tipi) ve farklı ölçüm zamanlarında (Beyazlatma sonrası- ilk ölçüm, Askorbik asit sonrası- ilk ölçüm) elde edilen renk değişim verilerinin ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri Tablo 3.3 ile Şekil 3.3’de sunulmuştur.

Tablo 3.3. Restoratif materyallerin her bir beyazlatma yöntemi ve farklı ölçüm zamanlarındaki renk değişim verilerinin (ΔE) ortalama \pm standart sapma (SD) değerleri.

Materyal	Beyazlatma Yöntemi	Ölçüm Zamanları		p-değeri (Grup-içi)
		Beyazlatma sonrası-İlk Ölçüm ($\Delta E1$)	Askorbik asit sonrası-İlk Ölçüm ($\Delta E2$)	
GC Achord	Ofis Tipi	14.45 \pm 1.39	14.34 \pm 1.18	.662
	Ev Tipi	14.41 \pm 2.34	14.44 \pm 2.40	.893
	p-değeri	.950	.827	
Filtek Ultimate	Ofis Tipi	12.83 \pm 1.90	12.87 \pm 1.62	.823
	Ev Tipi	14.69 \pm 1.88	14.99 \pm 1.75	.250
	p-değeri	<.001	<.001	
Clearfil Majesty	Ofis Tipi	14.28 \pm 1.58	14.38 \pm 1.84	.616
	Ev Tipi	15.61 \pm 1.99	15.57 \pm 2.07	.869
	p-değeri	.010	.033	
Lava Ultimate	Ofis Tipi	14.02 \pm 2.46	14.19 \pm 2.35	.501
	Ev Tipi	13.59 \pm 1.11	13.89 \pm 1.12	.047
	p-değeri	.430	.563	
GC Cerasmart	Ofis Tipi	10.13 \pm 2.65	10.10 \pm 2.86	.889
	Ev Tipi	11.83 \pm 1.80	12.16 \pm 2.02	.174
	p-değeri	<.001	<.001	



Şekil 3.3. Beyazlatma yöntemi baz alınarak, her bir restoratif materyal için ölçüm zamanlarına göre ortalama renk değişim değerlerini gösteren bar grafiği.

-Noktalar ortalamaları, çizgiler ise %95 güven aralıklarını gösterir.

-Her bir materyal için ölçüm zamanları arasında anlamlı fark bulunan sonuçlar (*) ile gösterildi.

Gruplar arası karşılaştırmalar dikkate alındığında; GCA materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.893$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.662$) ölçüm zamanlarına göre renk değişim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, beyazlatma yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

FU materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.823$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.250$) ölçüm zamanlarına göre renk değişim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, ev tipi beyazlatma yönteminde hem $\Delta E1$ ($p<0.001$) hem de $\Delta E2$ ($p<0.001$) değerleri ofis tipi beyazlatma yöntemine kıyasla anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur.

CM materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.869$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.616$) ölçüm zamanlarına göre renk değişim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, ev tipi beyazlatma yönteminde hem $\Delta E1$ ($p=0.010$) hem de $\Delta E2$ ($p=0.033$) değerleri ofis tipi beyazlatma yöntemine kıyasla anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur.

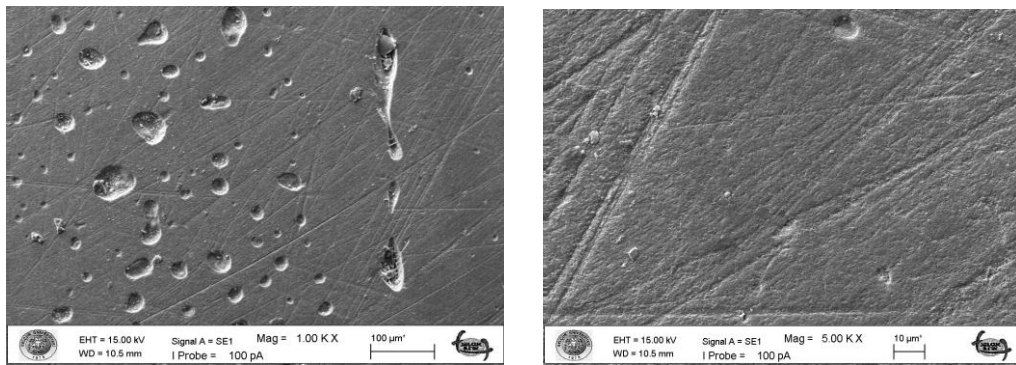
LU materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan grubunda ölçüm zamanlarına göre renk değişim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir ($p=0.501$). Ev tipi beyazlatma yöntemi uygulanan grupta ise ölçüm zamanları arasında anlamlı bir değişim olduğu belirlenmiştir ($p=0.047$). Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, beyazlatma yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

GCC materyalinin ev tipi beyazlatma ($p=0.174$) ve ofis tipi beyazlatma gruplarında ($p=0.889$) ölçüm zamanlarına göre renk değişim değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında, ev tipi beyazlatma yönteminde hem $\Delta E1$ ($p<0.001$) hem de $\Delta E2$ ($p<0.001$) değerleri ofis tipi beyazlatma yöntemine kıyasla anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur.

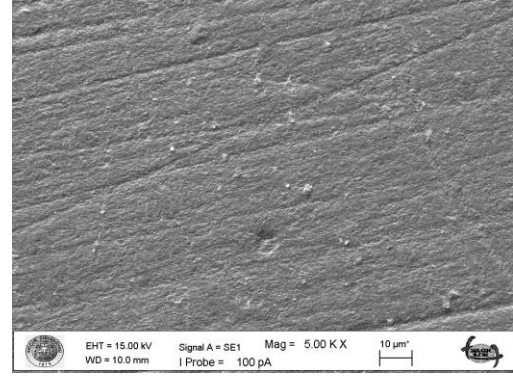
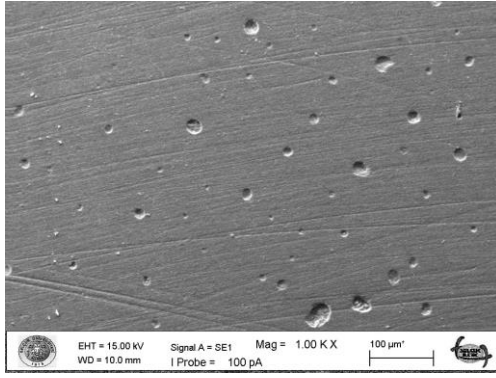
3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmamızda kompozit rezin ve CAD/CAM örneklerin düz yüzey alanlarının SEM ile incelenmesi 1000X ve 5000X büyütme ile gerçekleştirilmiştir. Farklı beyazlatma ajanları ve askorbik asit uygulanan farklı farklı restoratif materyallerin SEM görüntülerinin farklılık gösterdiği görülmüştür.

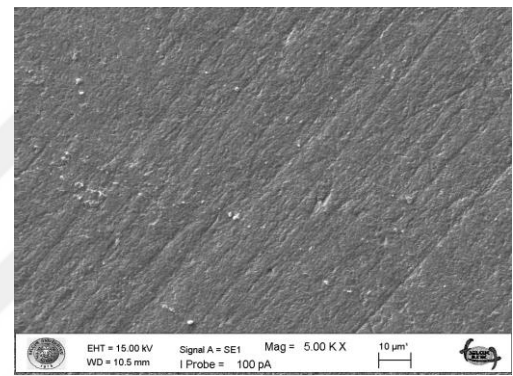
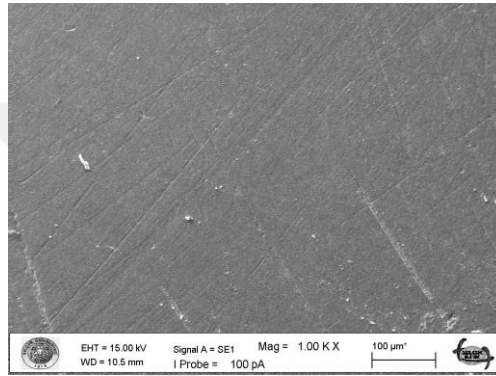
GCA materyalinin hem ev tipi hem de ofis tipi beyazlatma gruplarındaki örneklerin SEM görüntüleri benzer yüzey özellikleri göstermiştir. Bu materyalin hiçbir grubunda pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak da farklılık görülmemiştir. Diğer restoratif materyallere kıyasla GCA kompozit grubundaki örneklerde daha homojen ve uniform bir görüntü ve daha az çukur ve girinti izlenmiştir.



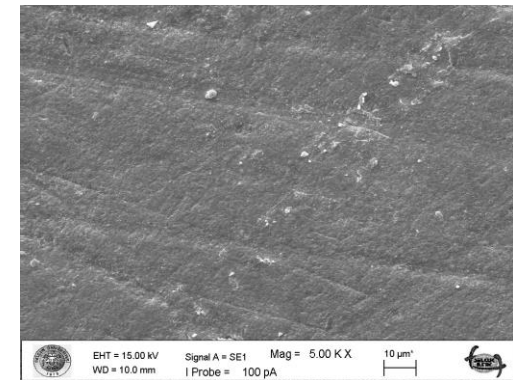
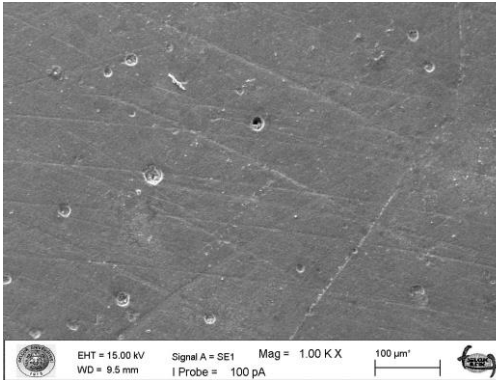
Şekil 3.4.1. GCA materyalinin başlangıç 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



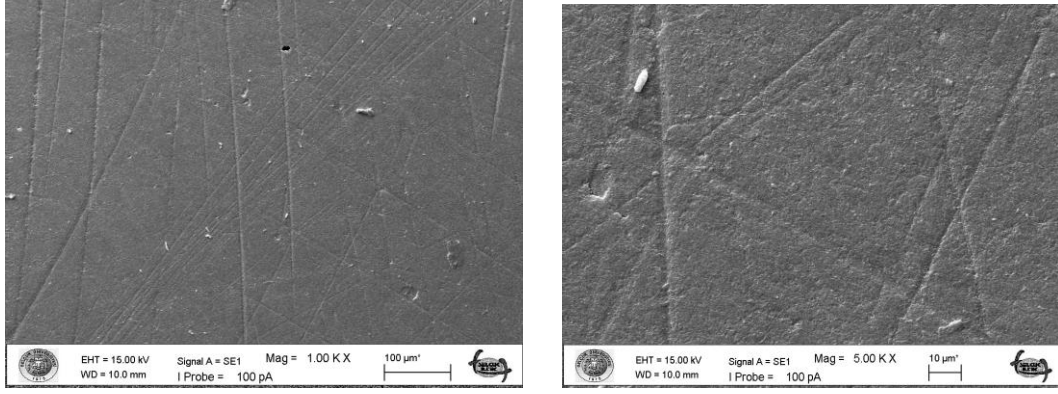
Şekil 3.4.2. GCA materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.3. GCA materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

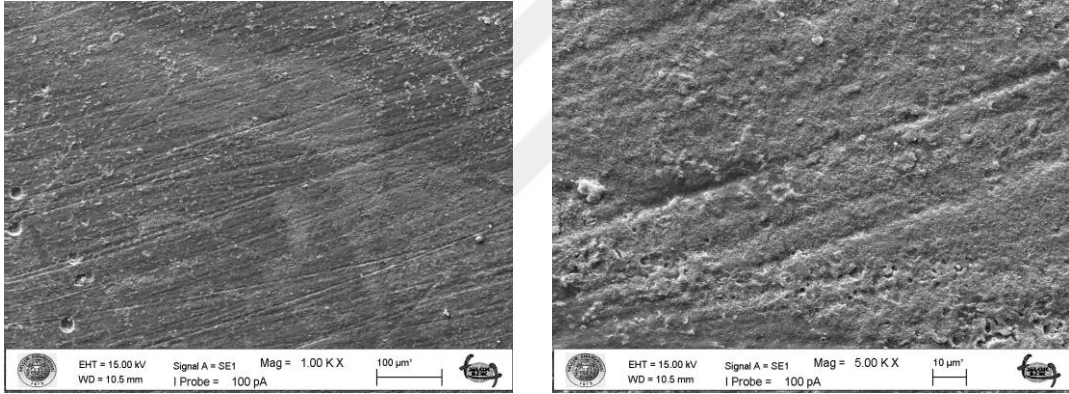


Şekil 3.4.4. GCA materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

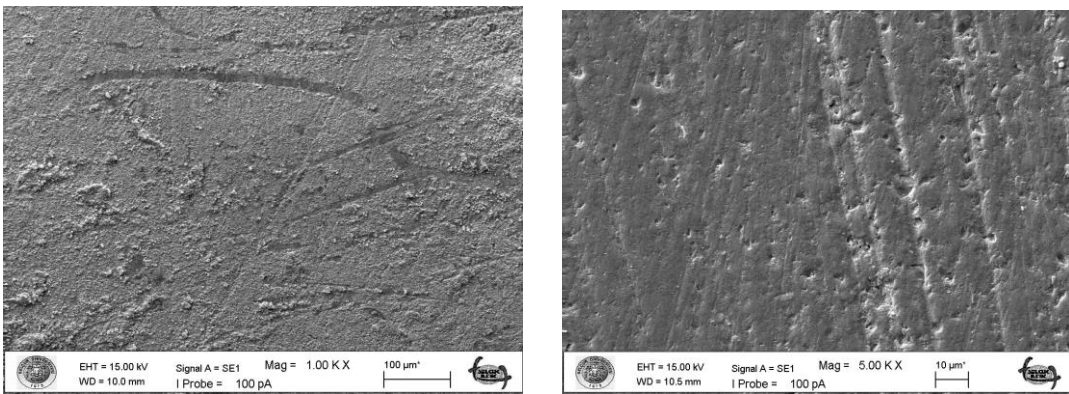


Şekil 3.4.5. GCA materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

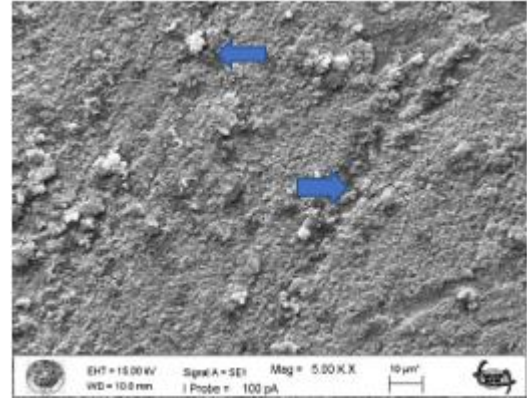
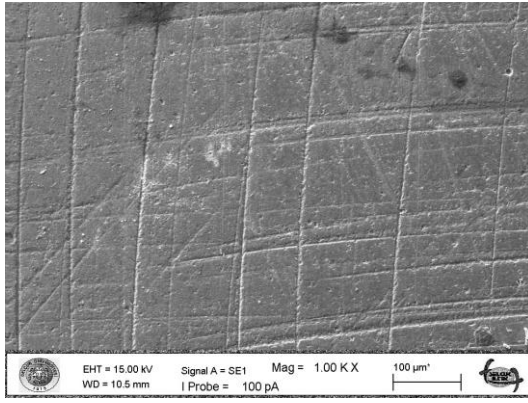
FU materyalinin ev tipi beyazlatma uygulanan örneğinin SEM görüntülerinde ofis tipine kıyasla daha fazla çatlak ve çizikler şeklinde yüzey değişiklikleri görüntülenmiştir. Bu materyalin ev tipi beyazlatma grubunun pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak da ofis tipi beyazlatma grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur.



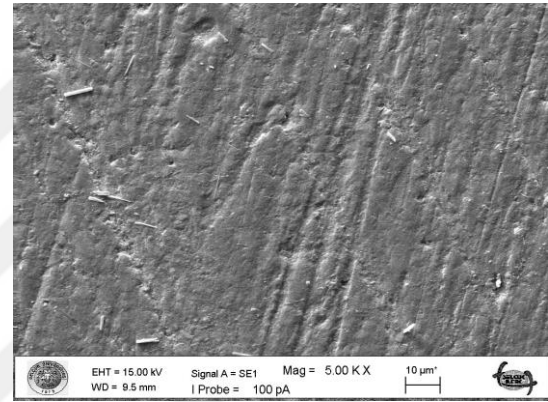
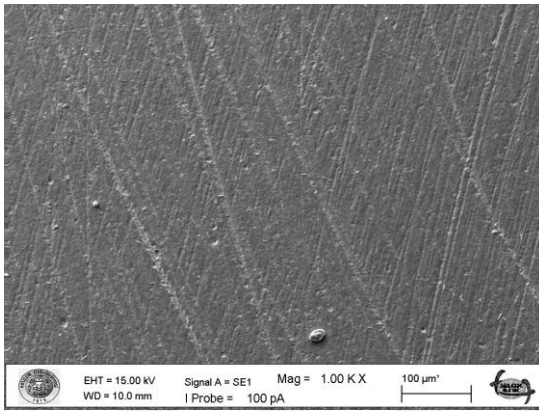
Şekil 3.4.6. FU materyalinin başlangıç 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



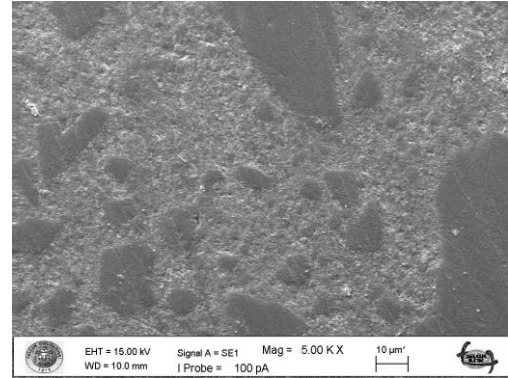
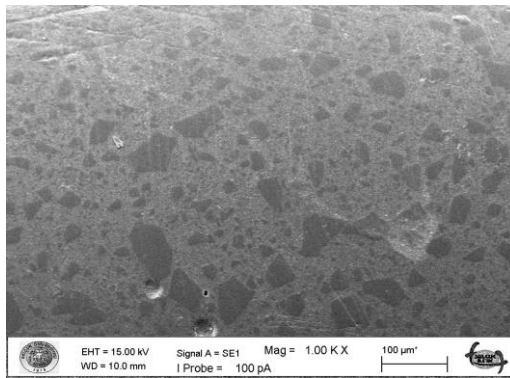
Şekil 3.4.7. FU materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.8. FU materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

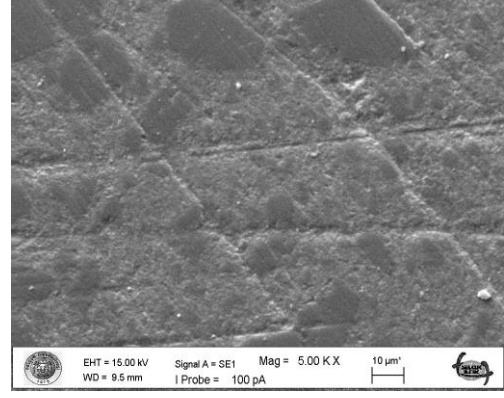
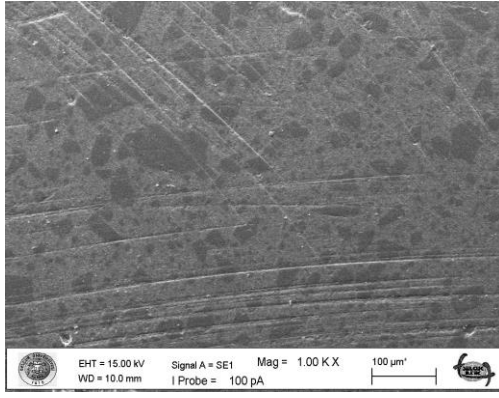


Şekil 3.4.9. FU materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

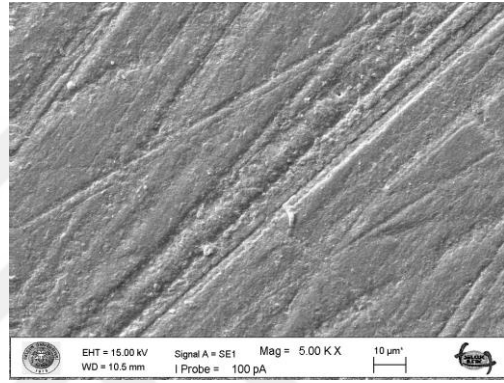
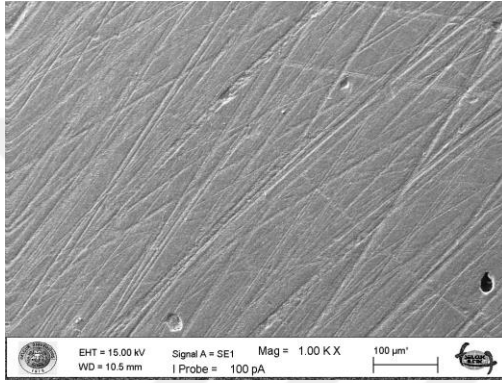


Şekil 3.4.10. FU materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

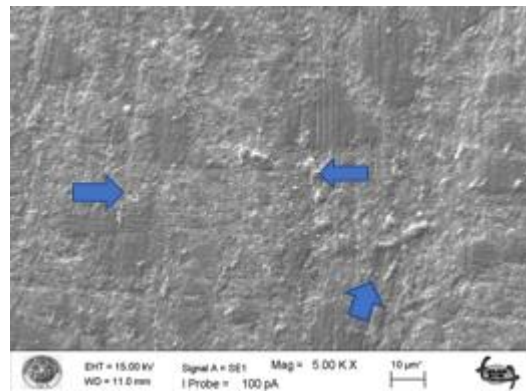
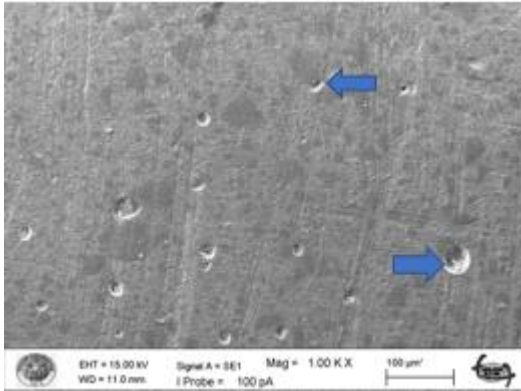
CM materyalinin ev tipi beyazlatmadan sonra askorbik asit uygulanan örneğinin SEM görüntülerinde başlangıç ve beyazlatmadan sonraki SEM görüntülerine kıyasla yüzeyde daha az girinti ve çukur görüntülenmiştir. İstatistiksel olarak da ev tipi beyazlatma uygulanan grupta, askorbik asit uygulamasından sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin ilk ölçümlere kıyasla anlamlı şekilde düşük olduğu görülmüştür.



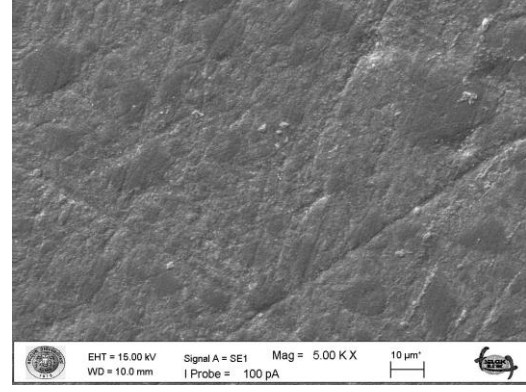
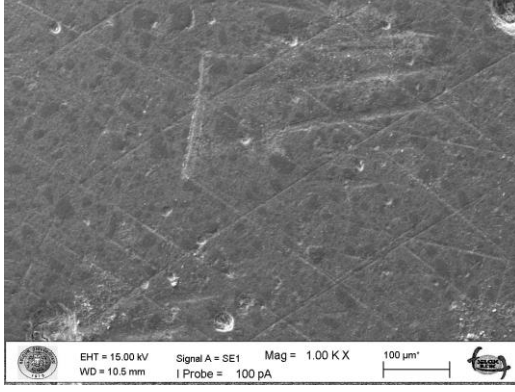
Şekil 3.4.11. CM materyalinin başlangıç 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



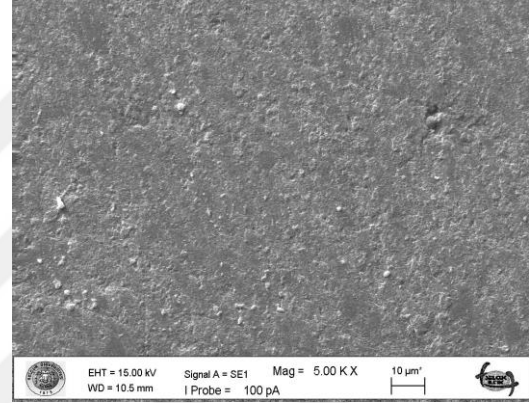
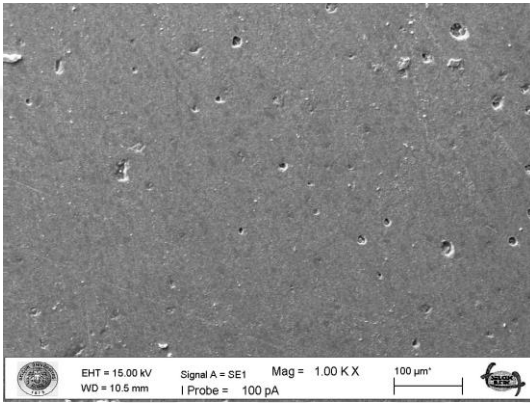
Şekil 3.4.12. CM materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.13. CM materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

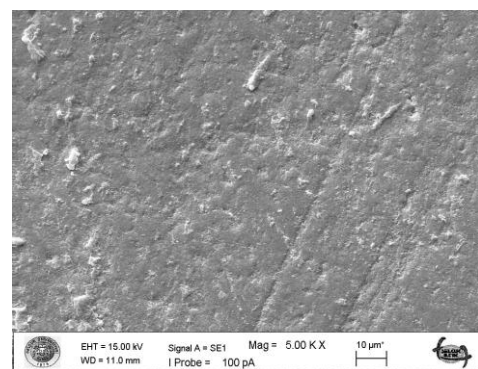
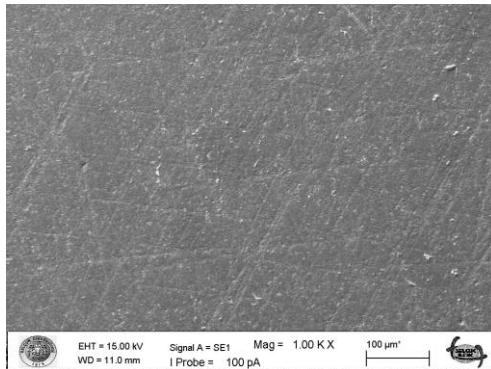


Şekil 3.4.14. CM materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

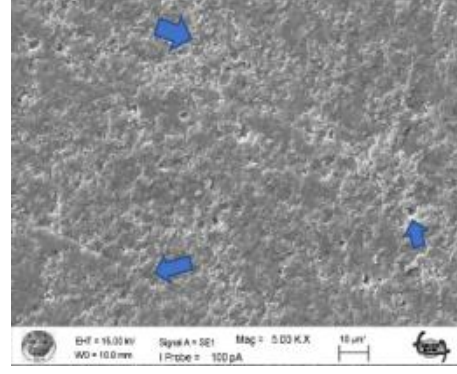
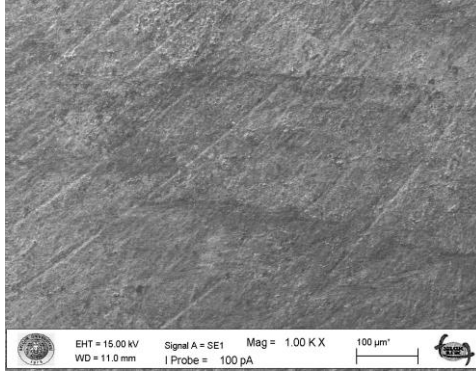


Şekil 3.4.15. CM materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

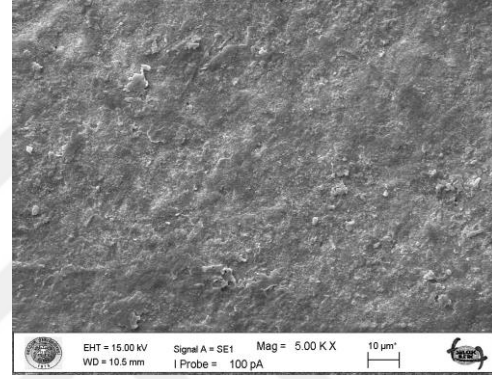
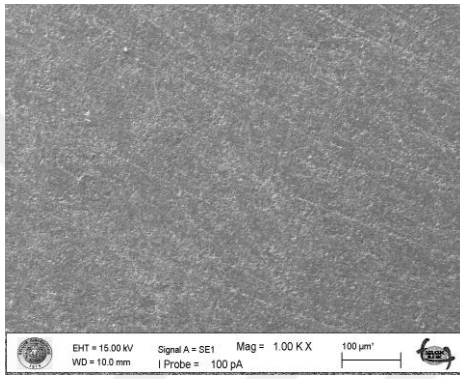
LU materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğinin SEM görüntülerinde ev tipi beyazlatma uygulanan görüntülerden daha fazla çatlak, girinti ve çukur gözlenmektedir. LU materyalinin ofis tipi beyazlatma grubunun ev tipi beyazlatma grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri göstermesiyle izlenen bu değişimler uyum göstermektedir.



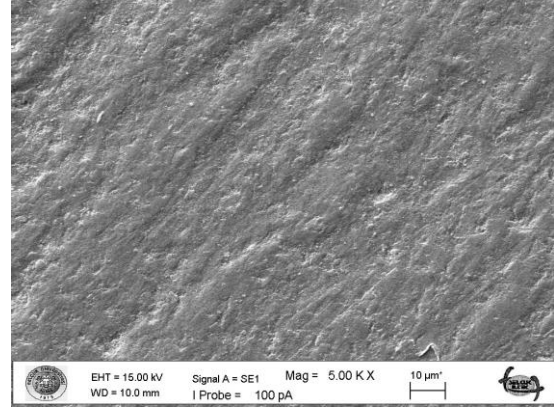
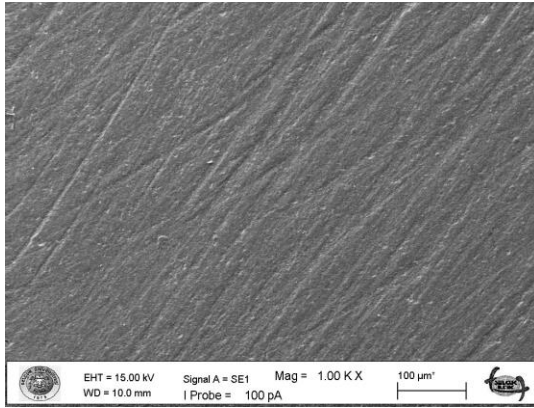
Şekil 3.4.16. LU materyalinin başlangıç 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



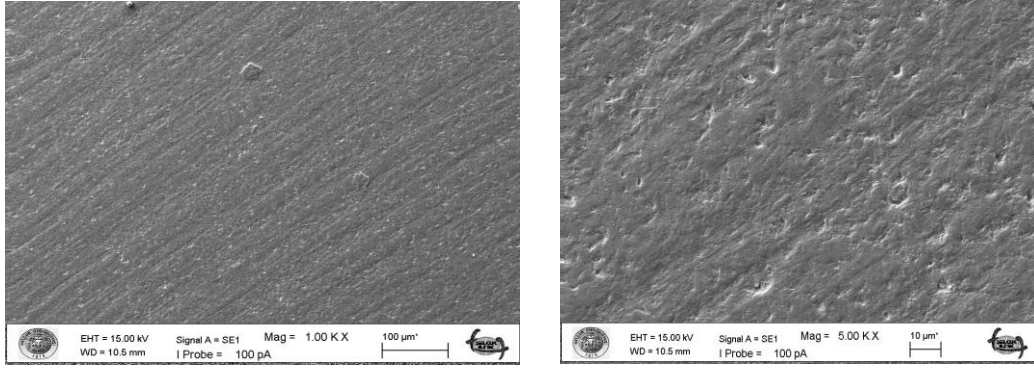
Şekil 3.4.17. LU materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.18. LU materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



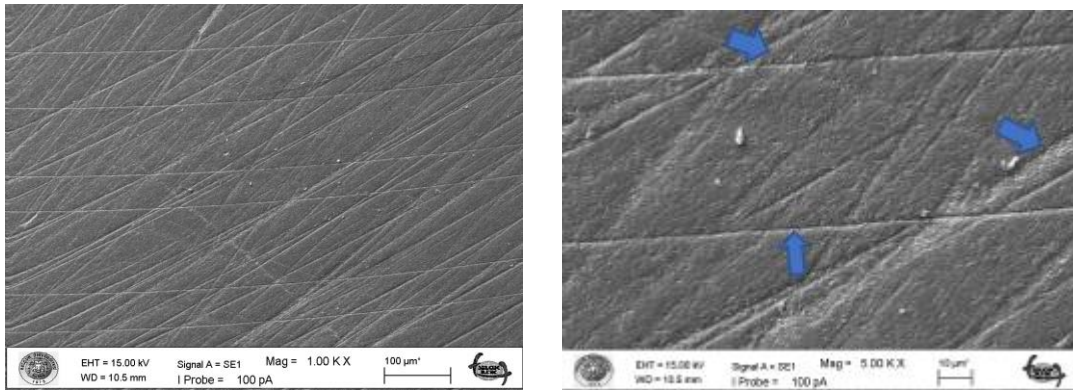
Şekil 3.4.19. LU materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



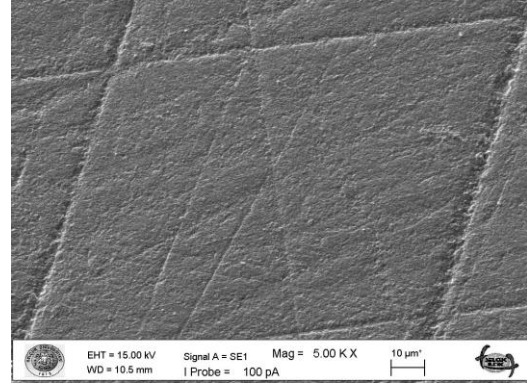
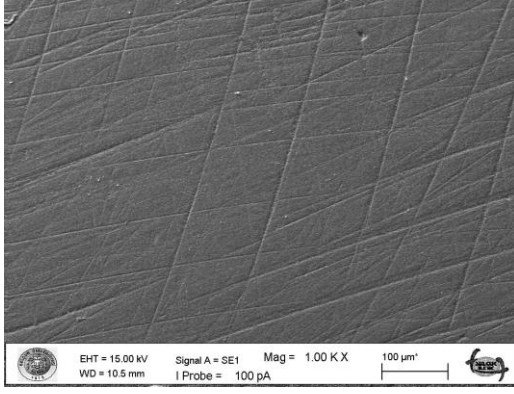
Şekil 3.4.20. LU materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

GCC materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğinin SEM görüntüsü başlangıç SEM görüntüsünden daha az oluklu ve daha az çizikli yüzey değişiklikleri göstermiştir. GCC materyalinin ofis tipi beyazlatma grubundaki yüzey pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak da başlangıca göre düşük bulunmuştur.

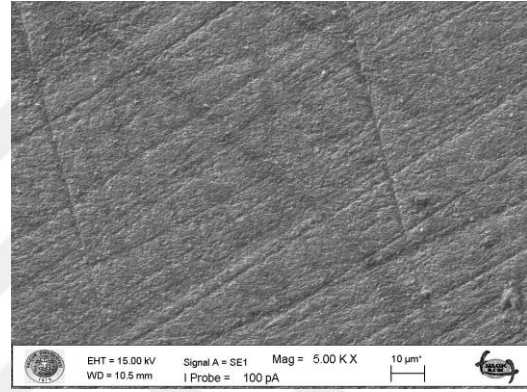
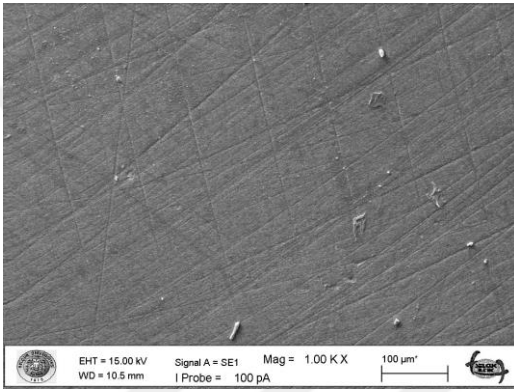
GCC materyalinin ev tipi beyazlatma işleminden sonraki SEM görüntüsünün de başlangıç SEM görüntüsünden daha az girinti ve çukura sahip olduğu gözlenmiştir. GCC materyalinin ev tipi beyazlatma grubundaki yüzey pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak da başlangıca göre düşük bulunmuştur.



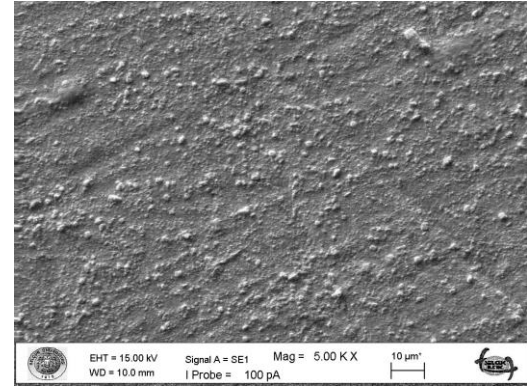
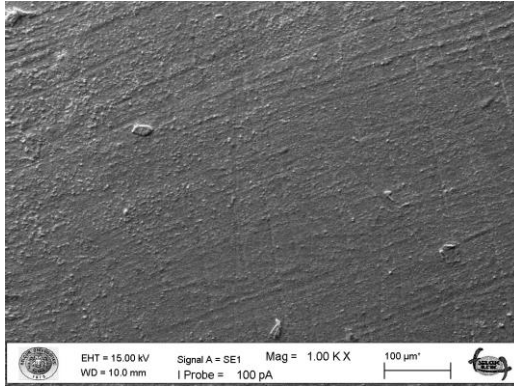
Şekil 3.4.21. GCC materyalinin başlangıç 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



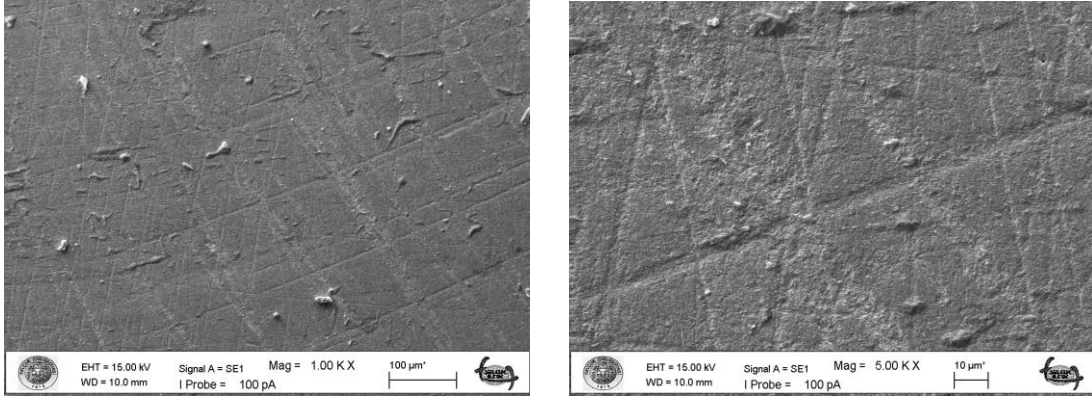
Şekil 3.4.22. GCC materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.23. GCC materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonraki 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.



Şekil 3.4.24. GCC materyaline ofis tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

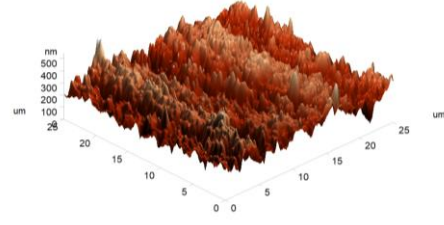
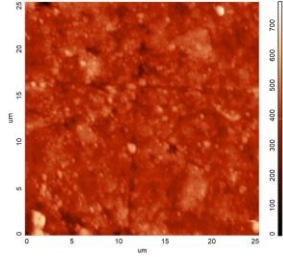


Şekil 3.4.25. GCC materyaline ev tipi beyazlatma yapıldıktan sonra askorbik asit uygulaması sonrası 1000x ve 5000x SEM görüntüleri.

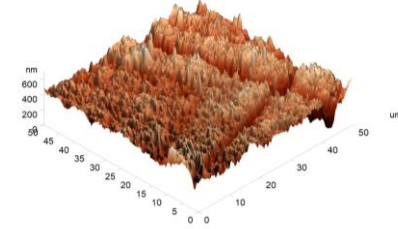
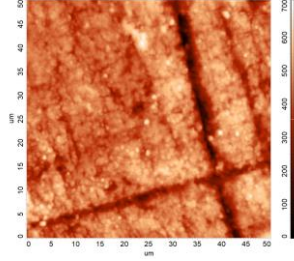
3.5. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Bulgularının Değerlendirilmesi

Çalışmamızda kompozit rezin ve CAD/CAM örneklerin yüzey topografisi AFM ile uzaysal çözünürlükte incelenmiştir. 25 nm x 25 nm ve 50 nm x 50 nm büyüklüğündeki alanlar, 256 piksel çözünürlükte görüntülenmiştir. AFM ile elde edilen görüntülerde açık renklerle gösterilen alanlar yüksek pürüzlülüğe sahip alanları, koyu renkte görülen alanlar ise düşük pürüzlülüğe sahip alanları ifade etmektedir. Farklı kompozit rezin ve CAD/CAM materyallere, farklı beyazlatma ajanları ve askorbik asit uygulaması sonrası elde edilen örneklerin AFM görüntülerinde farklılıklar izlenmiştir. AFM görüntüleri de SEM görüntüleri gibi yüzey pürüzlülüğü bulgularının istatistiksel sonuçlarıyla ilişkili olarak benzer sonuçlar göstermiştir.

GCA materyalinin her gruptaki iki boyutlu ve üç boyutlu topografileri incelendiğinde düz yüzeyli bölgeler diğer materyallere göre daha fazladır. Polisajdan kaynaklanan parlatma izleri, bölgesel hasarlar, çok derin olmayan yarıklar minimum seviyededir. AFM görüntüleri ve SEM görüntüleri, yüzey pürüzlülüğü bulgularıyla örtüşmektedir.

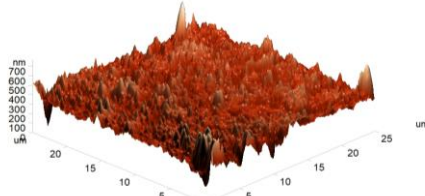
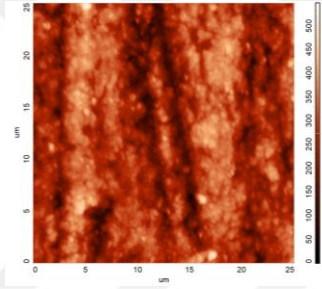


(25 nm)

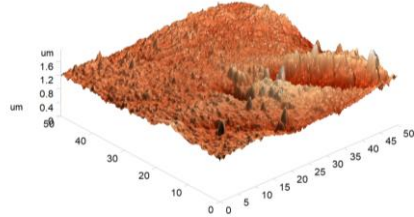
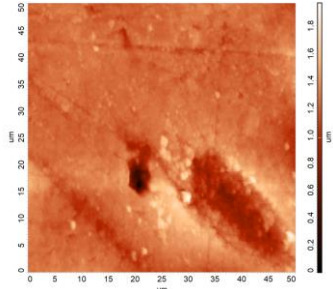


(50 nm)

Şekil 3.5.1. GCA materyalinin başlangıç görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu)

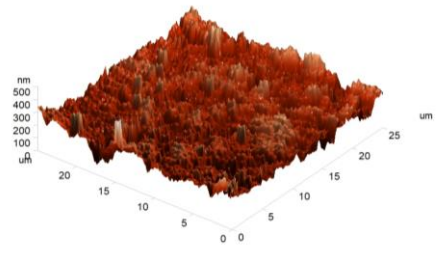
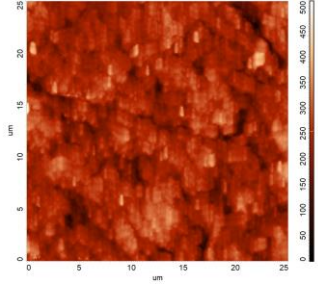


(25 nm)

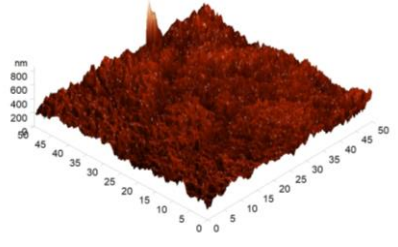
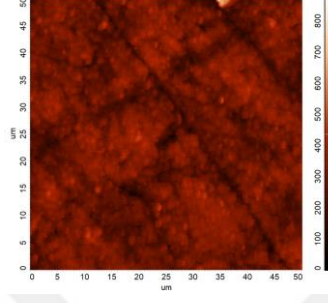


(50 nm)

Şekil 3.5.2. GCA materyalinin ofis tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

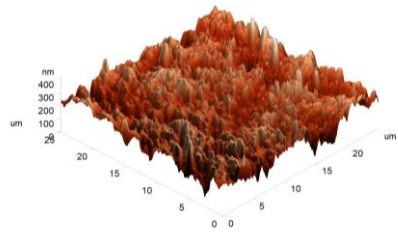
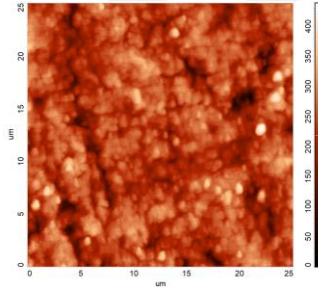


(25 nm)

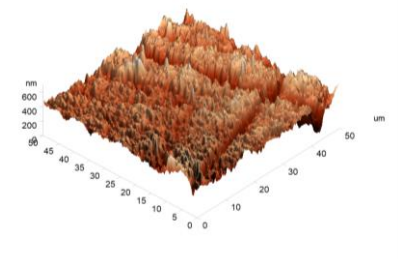
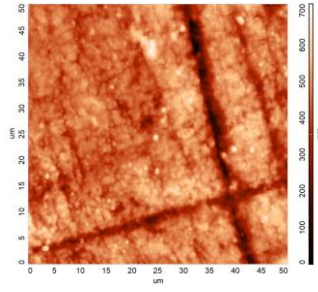


(50 nm)

Şekil 3.5.3. GCA materyalinin ev tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

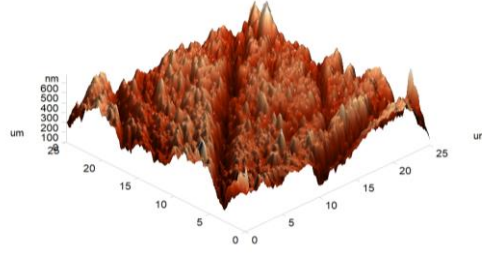
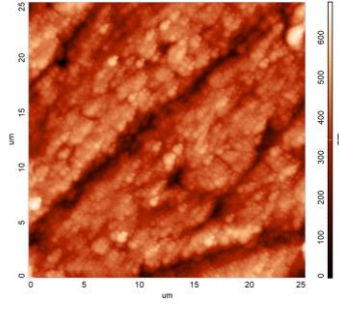


(25 nm)

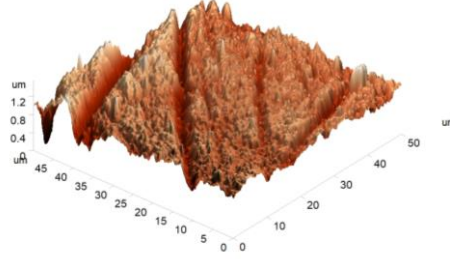
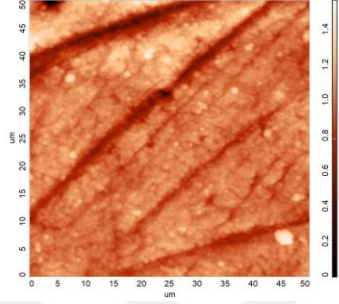


(50 nm)

Şekil 3.5.4. GCA materyalinin ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).



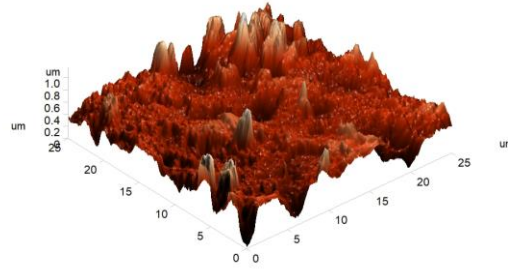
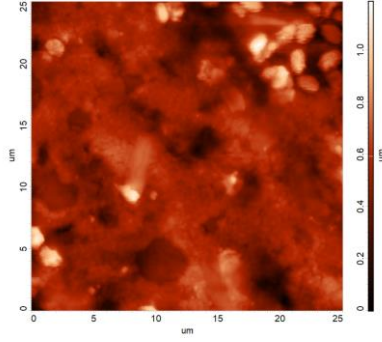
(25 nm)



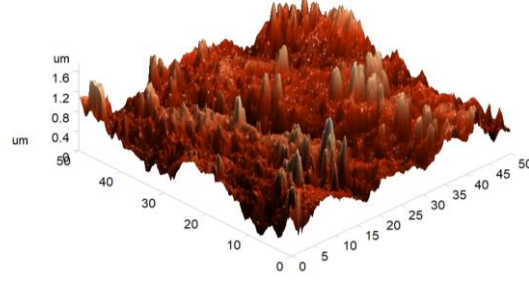
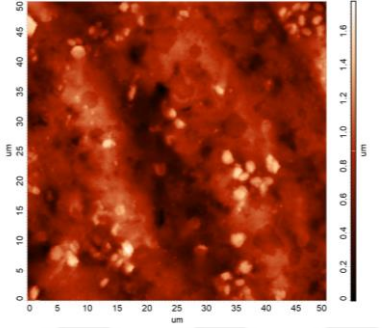
(50 nm)

Şekil 3.5.5. GCA materyalinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

FU materyalinin ev tipi beyazlatma uygulanan örneğinin 25 nm ve 50 nm boyutlu AFM görüntüleri incelendiğinde, ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğin görüntülerine göre daha fazla derin kanal, yüzeyde bozulmalar ve çukurcuklar gözlenmektedir. Ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğin görüntüleri, ev tipine göre daha homojen ve uniform olarak izlenmektedir. FU materyalinin AFM görüntüleri, yüzey pürüzlülük değerleriyle paralellik göstermektedir.

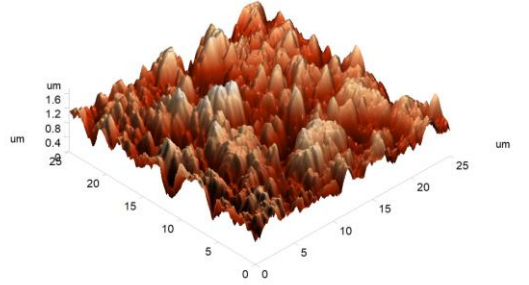
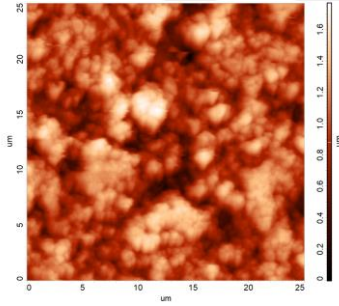


(25 nm)

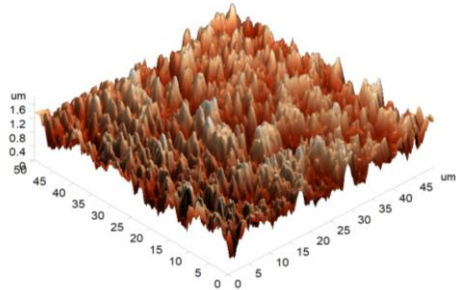
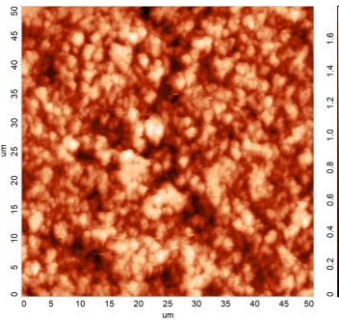


(50 nm)

Şekil 3.5.6. FU materyalinin başlangıç görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu)

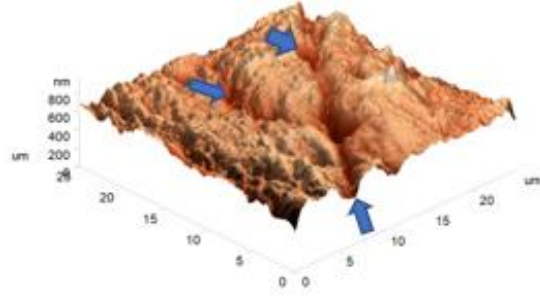
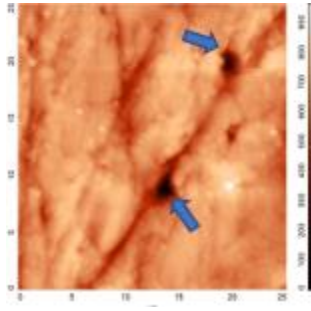


(25 nm)

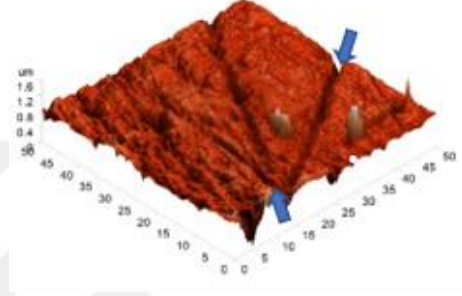
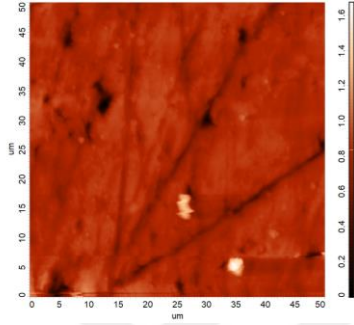


(50 nm)

Şekil 3.5.7. FU materyalinin ofis tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

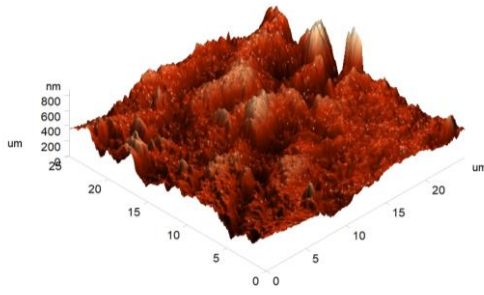
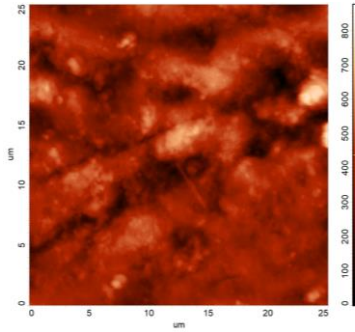


(25 nm)

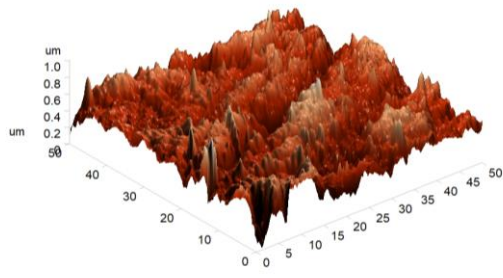
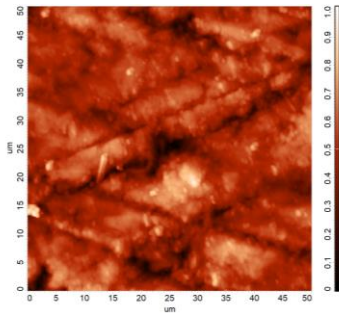


(50 nm)

Şekil 3.5.8. FU materyalinin ev tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

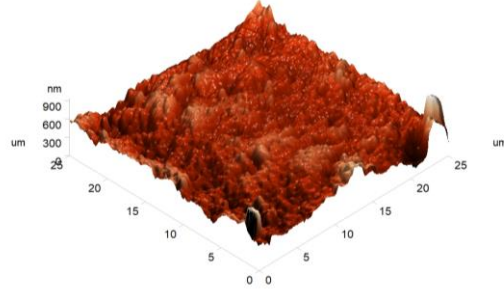
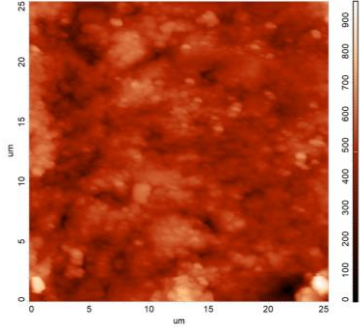


(25 nm)

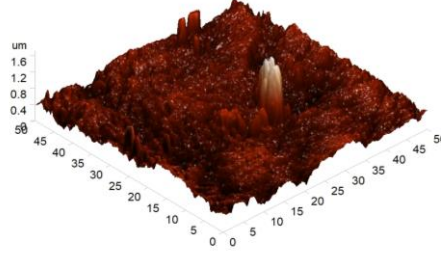
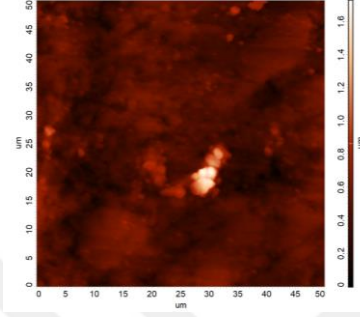


(50 nm)

Şekil 3.5.9. FU materyalinin ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).



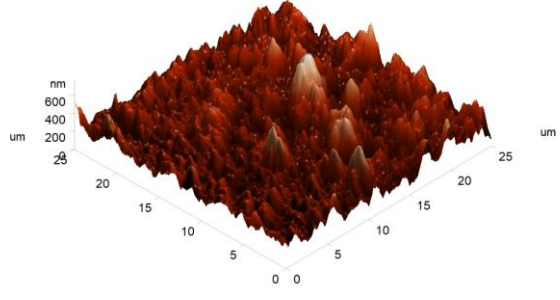
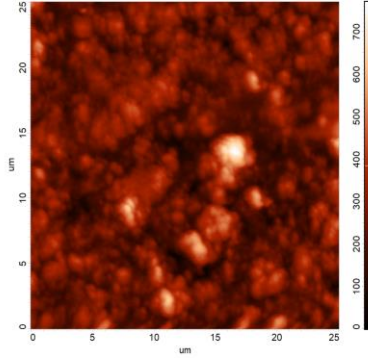
(25 nm)



(50 nm)

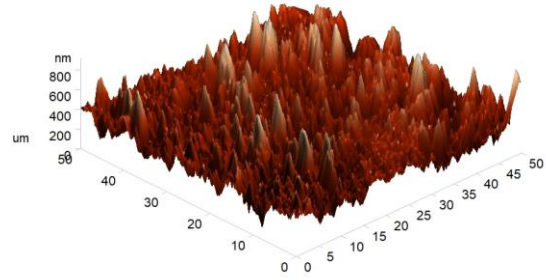
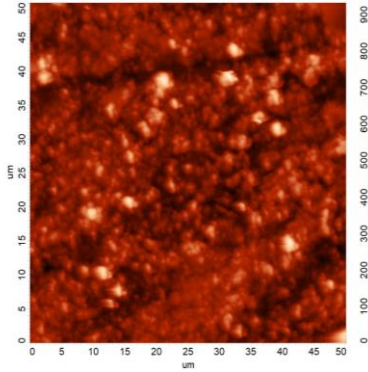
Şekil 3.5.10. FU materyalinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

CM materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğinin 25 nm ve 50 nm AFM görüntüsü, ev tipi beyazlatma uygulanan örneğin görüntüsüne göre daha çukurlu, girintili-çukuntılı yüzeye sahiptir ve üç boyutlu görüntülerde daha fazla açık renkte alanlar izlenmektedir. Üç boyutlu görüntüler incelendiğinde, ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulanan örneğin görüntülerinde, ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulanan örneğe göre daha fazla açık renkte alanlar izlenmektedir. Bu görüntülere bakılarak açık renkteki alanlarda yüzey kalitesinin daha düşük ve yüzey pürüzlülüğünün de daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. 25 nm ve 50 nm boyutlarındaki bu AFM topografik görüntüleri yüzey pürüzlülüğü bulgularımızı desteklemektedir.



(25

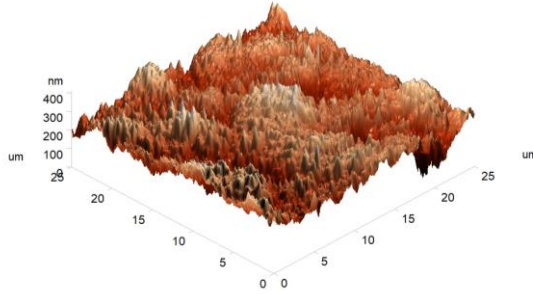
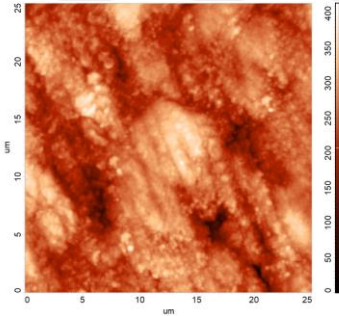
nm)



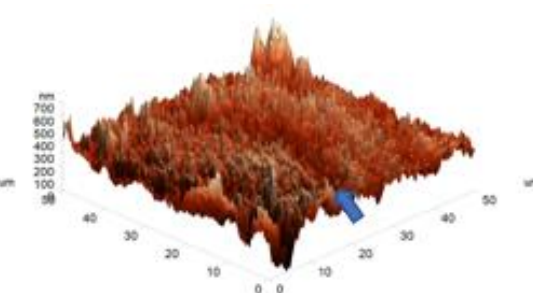
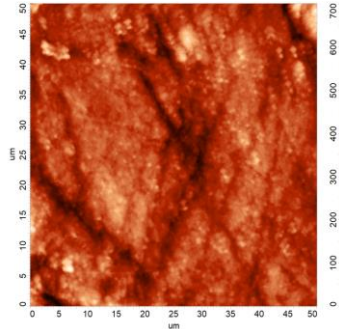
(50

nm)

Şekil 3.5.11. CM materyalinin başlangıç görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu)

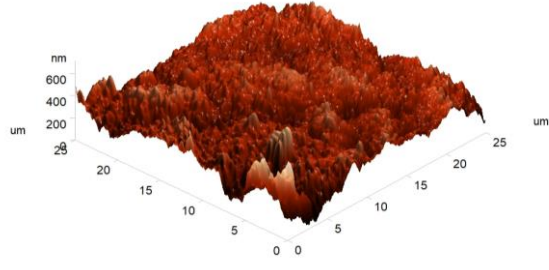
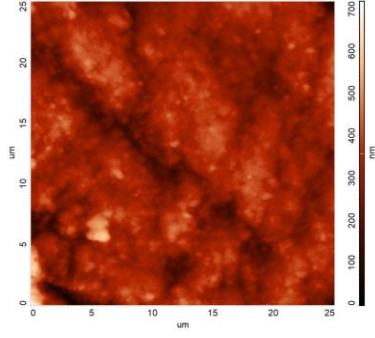


(25 nm)

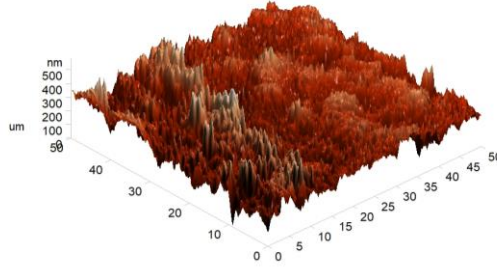
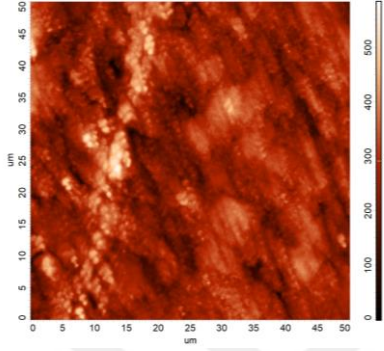


(50 nm)

Şekil 3.5.12. CM materyalinin ofis tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

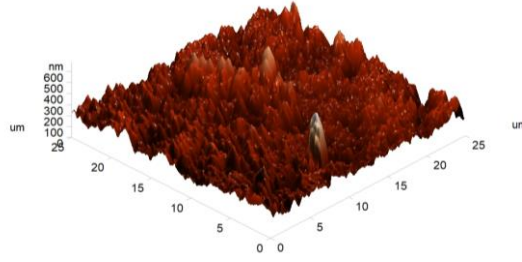
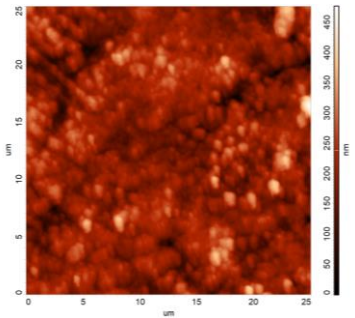


(25 nm)

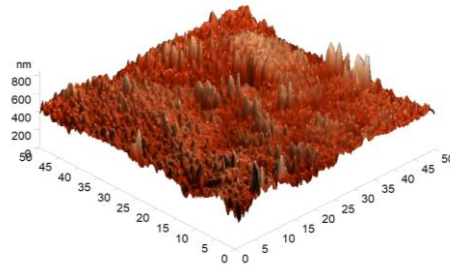
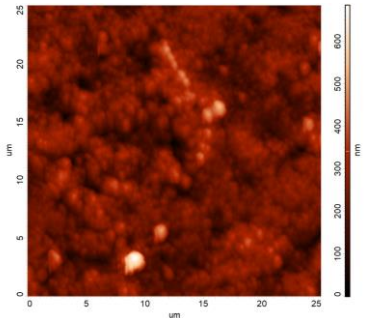


(50 nm)

Şekil 3.5.13. CM materyalinin ev tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

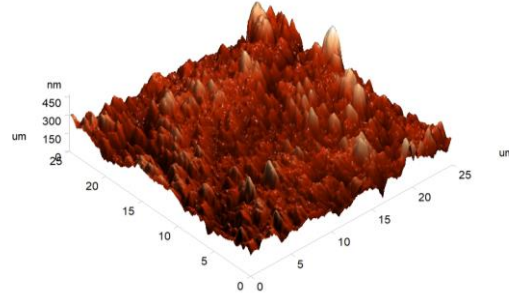
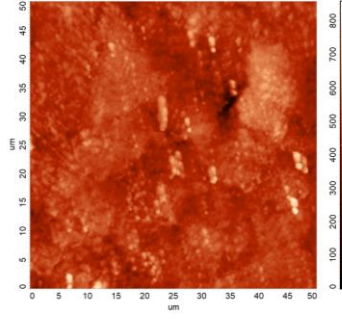


(25 nm)

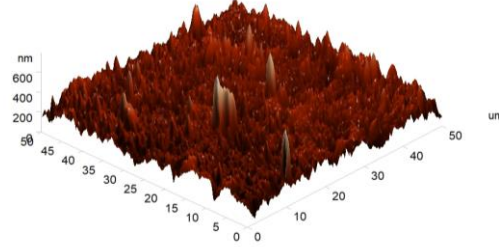
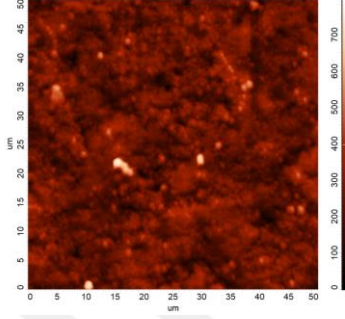


(50nm)

Şekil 3.5.14. CM materyalinin ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).



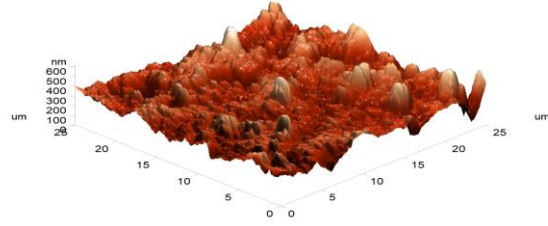
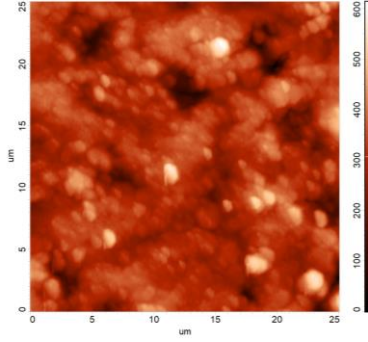
(25 nm)



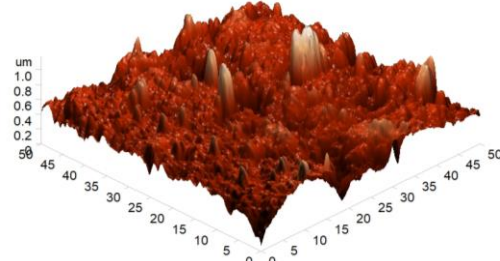
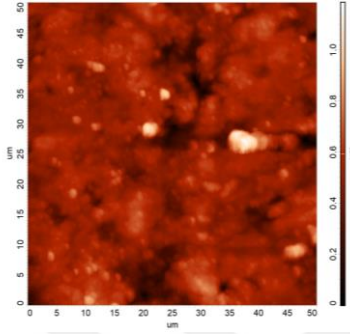
(50 nm)

Şekil 3.5.15. CM materyalinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

LU materyalinin ofis tipi beyazlatma uygulanan örneğinin AFM görüntüleri; ev tipi beyazlatma uygulanan örneğin görüntülerine göre daha derin çukurcuklara ve kanallara sahiptir. Ayrıca 25 nm ve 50 nm alandan ölçülen iki ve üç boyutlu görüntülerde açık renkli alanlar ofis tipi beyazlatma uygulanan örnekte; ev tipi beyazlatma uygulanan örneğe göre daha fazla görülmüştür. Görüntüdeki bu detaylar ofis tipi beyazlatma yapılan grubun; ev tipi beyazlatma yapılan gruba göre anlamlı derecede daha yüksek pürüzlülük değerleri göstermesiyle paraleldir.

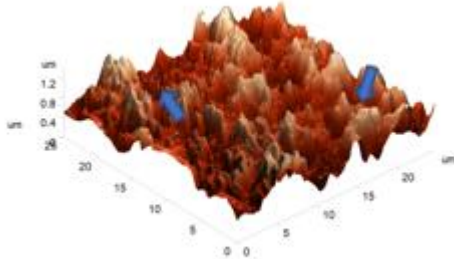
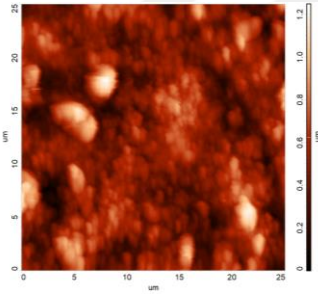


(25 nm)

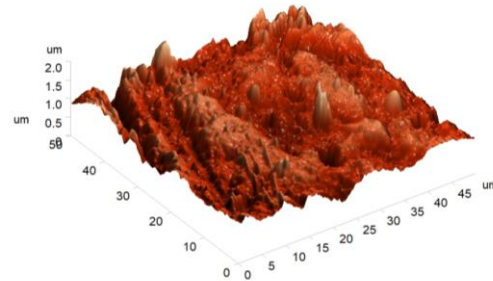
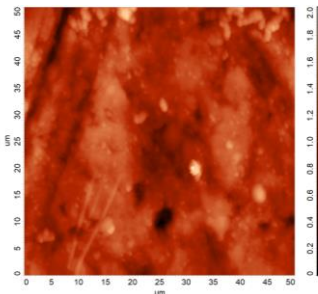


(50 nm)

Şekil 3.5.16. LU materyalinin başlangıç görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

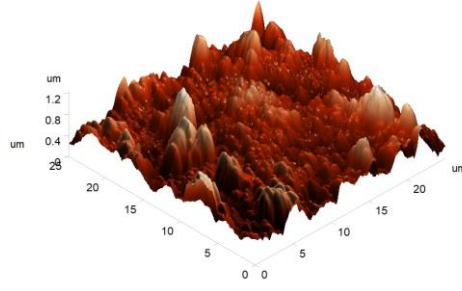
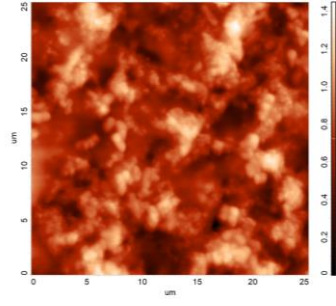


(25 nm)

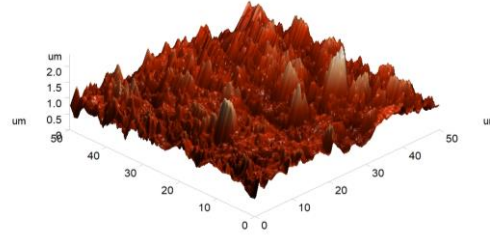
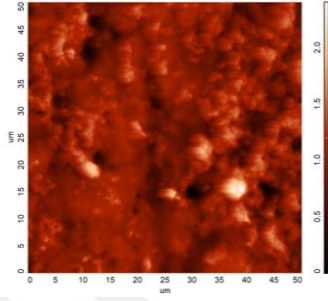


(50 nm)

Şekil 3.5.17. LU materyalinin ofis tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

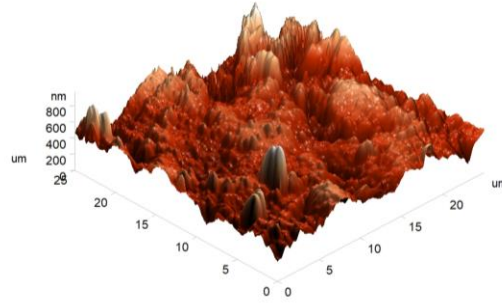
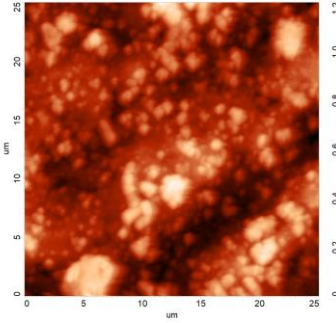


(25 nm)

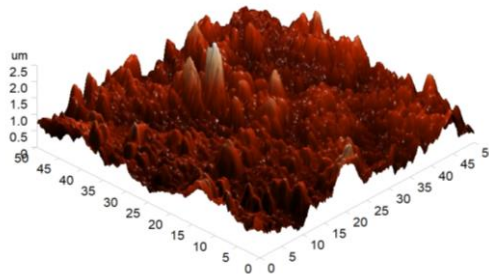
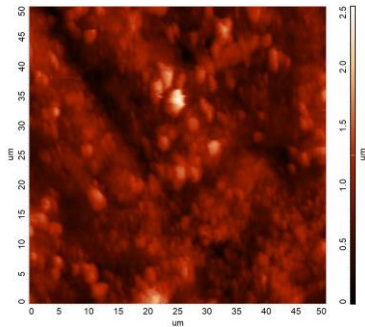


(50 nm)

Şekil 3.5.18. LU materyalinin ev tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

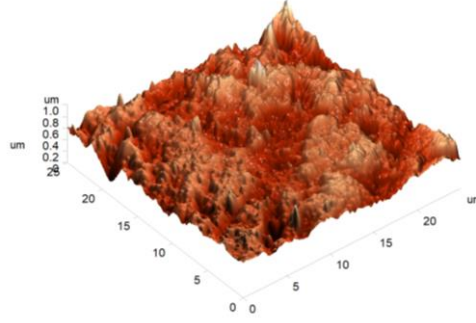
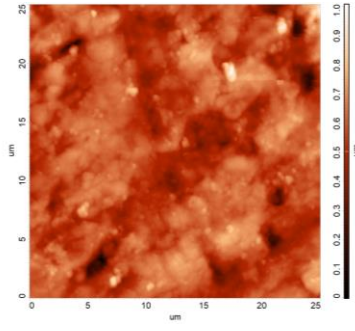


(25 nm)

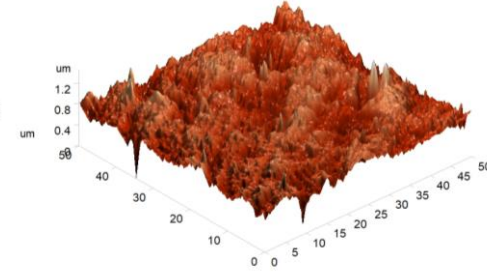
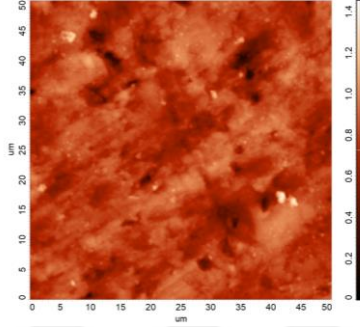


(50 nm)

Şekil 3.5.19. LU materyalinin ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).



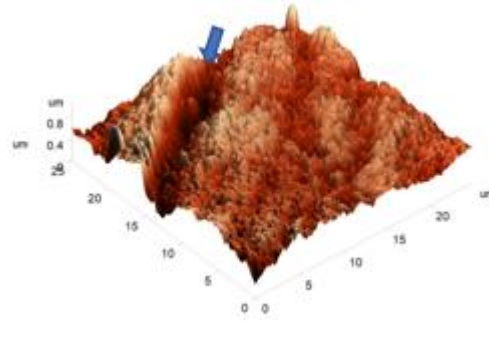
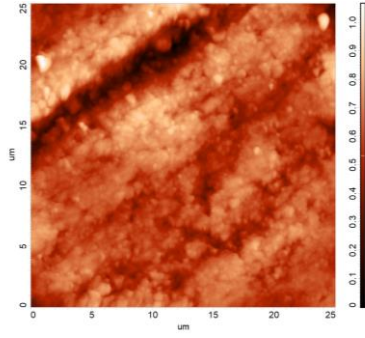
(25 nm)



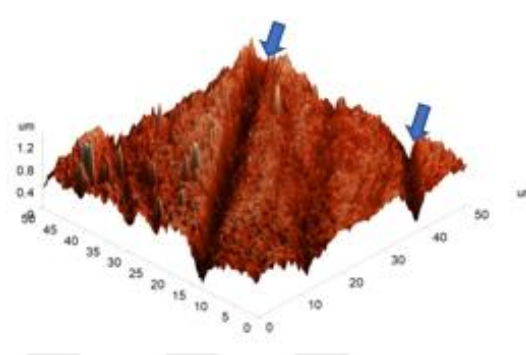
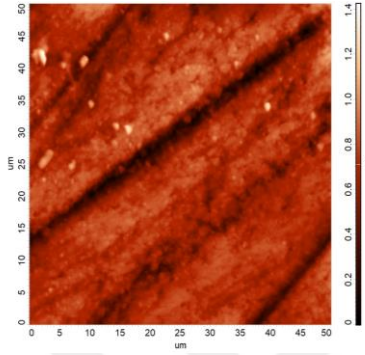
(50 nm)

Şekil 3.5.20. LU materyalinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

GCC materyalinin ofis tipi ve ev tipi beyazlatma uygulanan örneklerinin iki boyutlu ve üç boyutlu AFM görüntüleri, işlem uygulanmamış örneğin görüntülerine göre daha homojen izlenmektedir. Beyazlatma yapılmayan örneklerde daha fazla derin kanallar, yüzeyde bozulmalar ve daha fazla açık renkte alanlar izlenmektedir. Bu görüntüler, beyazlatma uygulanan grupların yüzey pürüzlülük değerlerinin başlangıç değerlerine kıyasla istatistiksel olarak daha düşük olmasıyla paralellik gösterir.

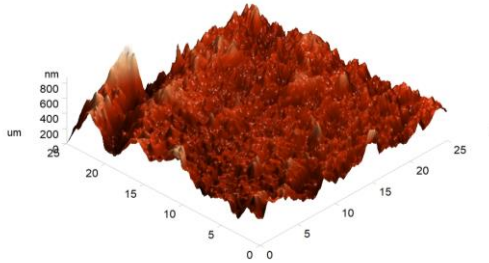
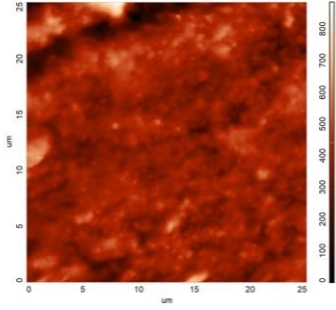


(25 nm)

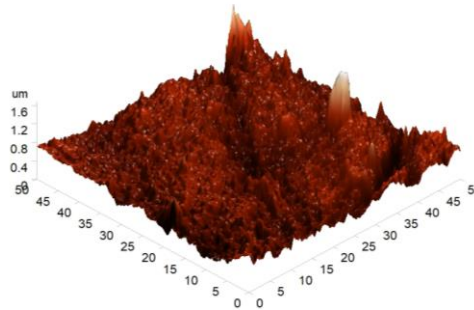
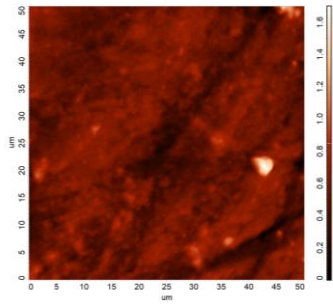


(50 nm)

Şekil 3.5.21. GCC materyalinin başlangıç görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

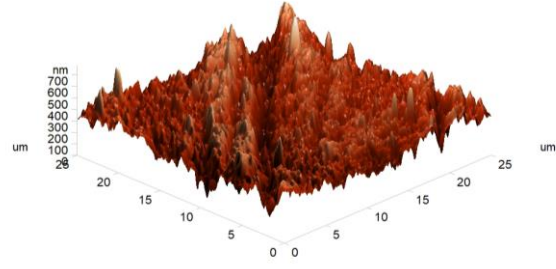
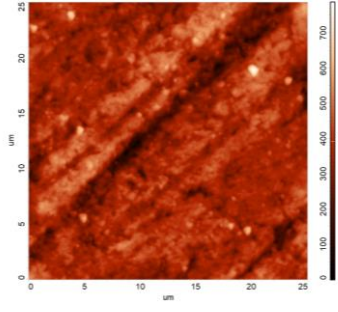


(25 nm)

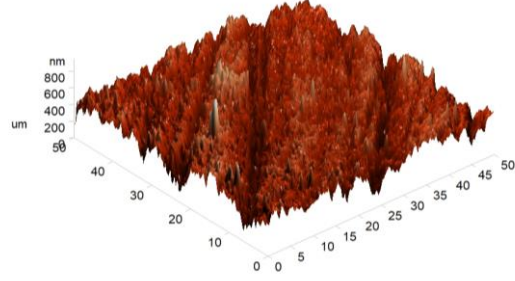
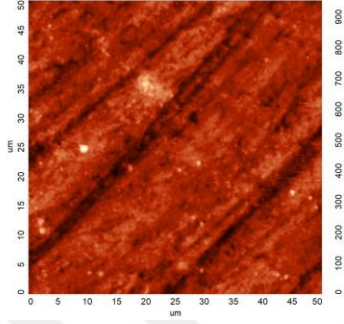


(50 nm)

Şekil 3.5.22. GCC materyalinin ofis tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

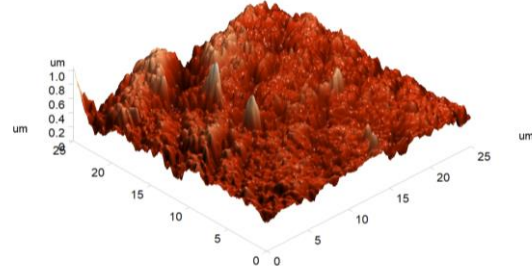
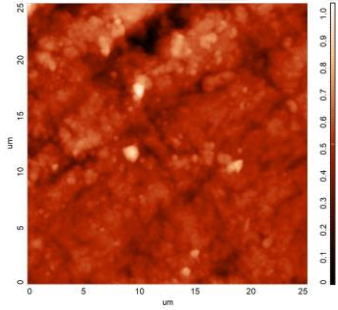


(25 nm)

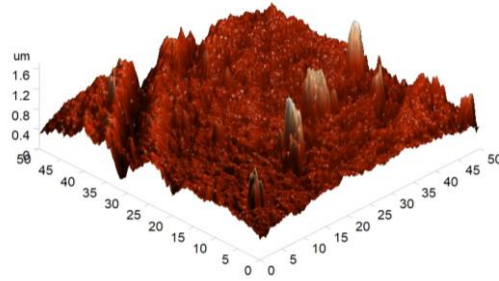
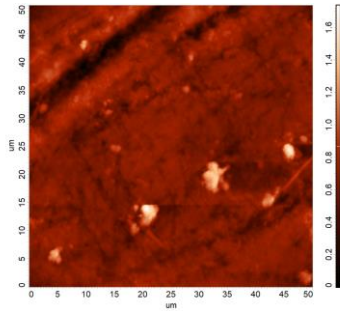


(50 nm)

Şekil 3.5.23. GCC materyalinin ev tipi beyazlatma sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

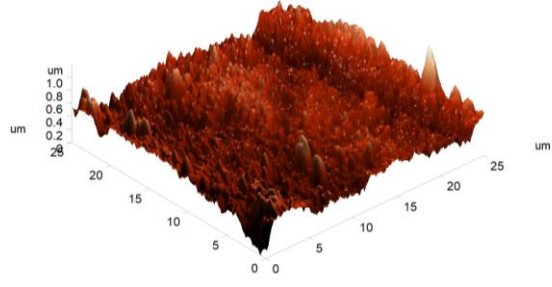
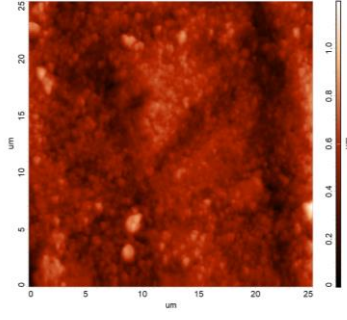


(25 nm)

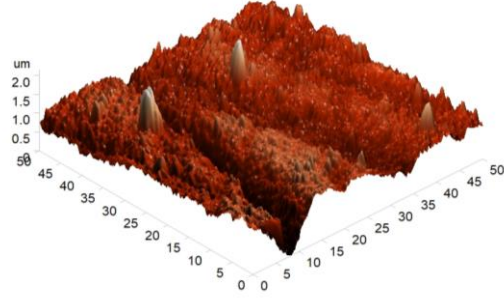
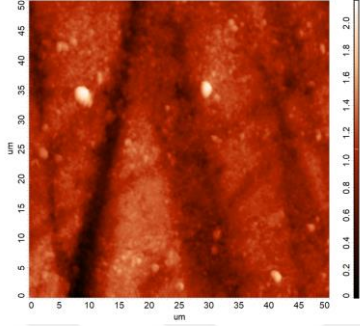


(50 nm)

Şekil 3.5.24. GCC materyalinin ofis tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).



(25 nm)



(50 nm)

Şekil 3.5.25. GCC materyalinin ev tipi beyazlatma+askorbik asit uygulaması sonrası görüntüsü (iki boyutlu ve üç boyutlu).

4. TARTIŞMA

Çalışmamızda güncel olarak kullanılan rezin içerikli Lava Ultimate ve GC Cerasmart CAD/CAM bloklara; GC Achord, Filtek Ultimate ve Clearfil Majesty ES-2 universal kompozit materyallere %40 hidrojen peroksit içerikli ofis tipi beyazlatma ve %10 karbamid peroksit içerikli ev tipi beyazlatma işlemleri ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve renk değişimi gibi fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının başlangıç hipotezlerinden birincisi; üç farklı universal kompozit rezin materyale ve iki farklı rezin esaslı CAD/CAM bloğa iki farklı beyazlatma işlemi (ofis tipi, ev tipi) uygulanması materyallerin yüzey pürüzlülükleri, mikrosertlikleri ve renk özellikleri üzerinde değişiklik oluşturmayacağıdır. Çalışmamızın sonuçlarına göre birinci başlangıç hipotezimiz reddedilmiştir. Ofis ve ev tipi beyazlatma uygulaması, kullandığımız kompozit ve CAD/CAM materyallerin yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve renk değişim değerlerini anlamlı düzeyde değiştirmiştir. Çalışmamızın diğer başlangıç hipotezi; üç farklı universal kompozit rezin materyale ve iki farklı rezin esaslı CAD/CAM bloğa iki farklı beyazlatma işlemi sonrasında askorbik asit uygulanması materyallerin yüzey pürüzlülükleri, mikrosertlikleri ve renk özellikleri üzerinde değişiklik oluşturmayacağıdır. Beyazlatma sonrası askorbik asit uygulamasının materyallerin yüzey pürüzlülükleri, mikrosertlikleri ve renk değişim değerleri üzerine etki ettiği sonuçlara göre bu hipotez kısmen reddedilmiştir. Askorbik asit uygulaması, GC Cerasmart ve Clearfil Majesty ES-2 kompozit materyallerinde ev tipi beyazlatma uygulamasından sonra düşen mikrosertlik değerlerini artırırken geri kalan grupların mikrosertlik değerlerine anlamlı bir etkisi olmamıştır. Askorbik asit uygulaması yalnızca Lava Ultimate'in ev tipi beyazlatma grubundaki renk değişim değerlerini etkilemiştir.

Beyazlatma diş hekimliğinde en güvenli ve etkili estetik prosedürlerden biri olarak kabul edilir. Noninvaziv estetik diş hekimliğine dahil olan beyazlatma tedavileri son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Diş beyazlatma tedavisi, kimyasal olarak veya bir ışık kaynağı kullanılarak etkinleştirilebilen belirli bir oranda hidrojen peroksit formülasyonunun uygulanmasını içerir (Hafez vd., 2010). Günümüzde vital beyazlatma materyallerinin çoğu, hidrojen peroksit üretmek için reaksiyona giren hidrojen peroksit veya karbamid peroksit içerir. Beyazlatma ürünlerindeki peroksit konsantrasyonuna göre üç tip beyazlatma ürünü mevcuttur. Bunlar; %10'a kadar karbamid peroksit içeren

beyazlatma jelleri (tezgah üstü ve ev tipi), %20'ye kadar karbamid peroksit içeren beyazlatma jelleri (ev tipi beyazlatma jelleri) ve %45'e kadar karbamid peroksit veya %40'a kadar hidrojen peroksit konsantrasyonuna sahip (ofis tipi) beyazlatma jelleri (Azrak vd., 2010) olarak sıralanır.

Evde kullanılan beyazlatma jellerinin uygulama açısından avantajları vardır. Bu ajanlar; hasta ünitesinde harcanan vakti azaltır, kısa sürede uygulanabilir ve ofis tipi beyazlatma tedavisine göre daha ucuzdur (Batista vd., 2011; Özkan vd., 2013). Farklı konsantrasyonlu ev tipi beyazlatma ajanlarının beyazlatma etkinliğini değiştirmediği bildirilmiştir. Düşük konsantrasyona sahip ajanların daha uzun süre kullanılmasıyla oluşabilecek farkın tolere edilip; yüksek konsantrasyonlu ajanlarla aynı etkinliğe ulaşılacağı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Mokhlis vd., 2000).

Ofis tipi beyazlatma tedavilerinin ise diş hekimi kontrolünde yapılması, daha az beyazlatma süresi gerektirmesi, yumuşak doku maruziyetini ve irritasyon riskini minimuma indirmesi gibi avantajları vardır. Ofis tipi beyazlatma ajanlarında genellikle, düşük moleküler ağırlıklı, minenin interprizmatik boşluklarından ve dentin yüzeyinden geçebilen, mine ve dentinde bulunan pigmentlerin oksidasyonuna yol açan yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (HP) kullanılır (Alqahtani, 2014; Mori vd., 2016). Yapılan çalışmalarda genellikle ofis tipi beyazlatma uygulaması için %35-%40 hidrojen peroksit içerikli ajanlar tercih edilirken; (İ. Karakaya & Cengiz, 2017; Qasim vd., 2016) ev tipi beyazlatma uygulamasında ise %10-%16 karbamid peroksit içerikli ajanlar tercih edilmiştir (Ourique vd., 2011; Turker & Biskin, 2003). Bu bilgiler ışığında biz de çalışmamızda ev tipi beyazlatma ajanı olarak %10 oranında karbamit peroksit; ofis tipi beyazlatma ajanı olarak da %40 oranında hidrojen peroksit içeren beyazlatma ajanlarını kullandık.

Beyazlatma tedavisinin gerçekleşen reaksiyona bağlı olarak diş yüzeyini veya kompozit, CAD/CAM, seramik vb. restoratif materyallerin yüzey özelliklerini etkilediği veya değiştirmediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Stein vd., 2005; Attin vd., 2004). Beyazlatmanın dental restoratif materyaller üzerindeki etkisi son zamanlarda araştırılan konular arasında yer almaktadır (Attin vd., 2004). Beyazlatma ajanları, kompozit rezinlerin ve CAD/CAM restorasyonların yüzey morfolojisini, kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirebilir. Kompozit rezin materyaller, özellikle organik matriksleri nedeniyle, seramik restorasyonlara kıyasla kimyasal değişime eğilimlidirler (Hannig vd.,

2007). Beyazlatmadan kaynaklanan organik matriksteki kimyasal bozulma ile kompozit restorasyonların klinik ömrü olumsuz etkilenebilir (Stein vd., 2005).

Beyazlatma ajanlarının kullanımı yaygın olmakla birlikte, beyazlatma işlemlerinin hibrit, mikrofil ve nanohibrit kompozitler dahil olmak üzere restoratif materyaller üzerinde mikrosertlik ve yüzey pürüzlülüğü değişimleri literatürde tartışmalı bir şekilde tanımlanmaktadır (Türker & Biskin, 2002). Beyazlatma uygulamasının neden olduğu yüzey mikrosertliğinde azalmalar veya artışlar bulunurken, bazı çalışmalar ise mikrosertlikte önemli bir değişiklik olmadığını ortaya koymaktadır (Mujdeci & Gokay, 2006).

Kompozit rezin materyaller ile ilgili olarak, materyalin matriks ve doldurucu partikülleri arasındaki ilişki, beyazlatma ajanlarının materyallere etkisinde önemli bir rol oynar. Yüzey pürüzlülüğü, esas olarak kompozitin organik matriksinin kaybı nedeniyle oluşur (Attin vd., 2004). Beyazlatma ajanlarının içeriğindeki peroksitler; aktive edildikten sonra kompozitlerde bulunan polimer zincirlerinin oksidatif ayrılmasını uyarabilir ve bu nedenle reaksiyona girmemiş monomer veya çift bağlar ortaya çıkararak polimerin yapısını bozabilir (Ergücü & Türkün, 2007). Kimyasal reaksiyon sırasında kompozit rezinlerin hidrolitik bozunması hızlanır (Söderholm vd., 1984). Resin matriks, hidrojen peroksitin konsantrasyonu veya sık uygulanması nedeniyle kimyasal olarak bozulur. Resin içeriğindeki polimerlerin hidrolitik bozunması, beyazlatma maddelerindeki peroksidin konsantrasyonundan ve maruz kalma süresinden etkilenir. Nano dolduruculu kompozitlerin de beyazlatma ajanlarına reaksiyon göstermesi durumunda, materyallerde organik matriks kaybıyla daha pürüzsüz bir yüzey oluşabilir. Bağlayıcı ajan (silan) aynı zamanda beyazlatma ajanlarına bağlı olarak bozulursa, pürüzlülük artışı meydana gelebilir (Dabas vd., 2011; Garcia vd., 2012).

Bu tez çalışmasında nano dolduruculu, yüksek estetik özelliklere sahip, universal Filtek Ultimate, G-aenial A'chord ve Clearfil Majesty ES-2 kompozitleri seçilmiştir. Literatürde bu üç kompozitin aynı anda çalışmalarda kullanıldığı ve beyazlatma işlemleri ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin fiziksel özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca bu materyallerin ayrı ayrı olarak da beyazlatma sonrası fiziksel özelliklerinin değerlendirildiği kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur.(Gurgan vd., 2022; Karatas, Ilday, vd., 2021).

Filtek Ultimate, iki mikrohibrit, bir ormoser ve bir nanohibrit kompozite ofis tipi beyazlatma uygulaması sonrasında materyallerin renk ve translusensi değerleri karşılaştırılmıştır. Renk değişim değerleri karşılaştırıldığında ormocer içerikli kompozit materyalin değerleri istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca Filtek Ultimate materyalinde görülen renk değişim değerleri klinik olarak kabul edilebilir düzeydedir (ΔE : 2,68) (Karatat, Ilday, vd., 2021).

Gürkan ve ark.'larının yaptıkları çalışmada GC A'chord, Filtek Ultimate ve diğer üç universal kompozitin (Estelite Asteria, Tokuyama; Charisma Diamond, Kulzer ve Neo Spectra ST HV, Dentsply) yüzey özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada materyallere herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde GC A'chord, Estelite Asteria ile benzer şekilde en düşük pürüzlülük değerlerini göstermiştir. En yüksek pürüzlülük değerlerini Charisma Diamond gösterirken onu Filtek Ultimate ve Neo Spectra ST HV takip etmiştir. Mikrosertlik değerlerine göre; GC A'chord, Estelite Asteria ile benzer değerler gösterirken; diğer tüm kompozitlerden anlamlı olarak daha düşük mikrosertlik değerleri göstermiştir. En yüksek mikrosertlik değerlerini gösteren materyal ise Filtek Ultimate olmuştur. Renk değişimi değerlendirildiğinde ise Filtek Ultimate ve G-aenial A'chord'un benzer ve klinik olarak kabul edilebilir renk değişim değerleri gösterdiği bildirilmiştir (Gurgan vd., 2022).

Beyazlatma yapılan hastalarda kompozit restorasyonlar olabileceği gibi hastaların mevcut seramik, metal destekli porselen veya CAD/CAM restorasyonları da ağız içinde bulunabilir. Rezin içerikli CAD/CAM restorasyonların beyazlatma uygulamasıyla yüzey özelliklerinin nasıl değiştiğiyle ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Biz de tez çalışmamızda rezin içerikli olan, yüksek renk uyumuna ve estetiğe sahip Lava Ultimate ve GC Ceresmart CAD/CAM bloklarını kullandık.

Alencar ve ark., 2016 yılında yaptıkları *in vitro* çalışmada %35'lik hidrojen peroksit ile beyazlatma uygulaması sonrası çeşitli faktörlerin mineye bağlanma dayanımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında, beyazlatma uygulamasından 7 gün sonra restorasyonun yapılmasının bağlanma dayanımında anlamlı bir fark oluşturduğu sonucuna varmışlardır (Alencar vd., 2016). Bununla birlikte beyazlatma sonrası bekleme süresi olmadan restorasyon yapıldığı durumlarda antioksidan ajan uygulamasının bağlanma dayanımını arttırdığını belirten çalışmalar vardır (Alencar vd., 2016; Muraguchi vd., 2007). Sodyum askorbat, askorbik asit, a-tokoferol ve üzüm çekirdeği

ekstresi çözültisi gibi birçok antioksidan madde bu amaçla test edilmiştir (Dabas vd., 2011; Garcia vd., 2012). Bu ajanların uygulama süreleri on dakika ile bir saat arasında değişmektedir (Mortazavi vd., 2011).

Beyazlatma tedavisinden sonra rezin infiltrasyonunun serbest radikaller yoluyla baskılanması nedeniyle, restorasyonla diş yüzeyi arasında daha düşük bağlanma kuvveti görülebilir. Bu sebeple restorasyon yapılması için bir ile üç hafta beklenmesi önerilir (Türkmen vd., 2016). Sodyum askorbatın beyazlatmadan sonra mine üzerindeki bağlanma kuvveti üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Sodyum askorbat nötr, toksik olmayan ve biyouyumlu bir antioksidandır ve beyazlatma yapılmış mine yüzeyine %10'luk bir solüsyon olarak 10 dakikalık uygulanmasının azalmış bağlanma gücünü tersine çevirebildiği bildirilmiştir (Kılınç vd., 2016; Ghaleb vd., 2020).

Literatürde yaygın olarak askorbik asitin, beyazlatma işleminden sonra diş dokularında meydana gelen düşük bağlanma kuvvetini artırmak amacıyla uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır (Kılınç vd., 2016; Ghaleb vd., 2020). Fakat; beyazlatma ajanları bağlanma kuvvetinin yanında hem dişlerin hem de restoratif materyallerin fiziksel özelliklerini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Restorasyonlu dişlerde beyazlatma işlemlerinin yapılmasının gerekli olduğu durumlarda, materyallerde meydana gelebilecek olumsuz etkilerin giderilebilmesi, minimal invaziv yaklaşım doğrultusunda oldukça önemli bir adım olacaktır. Bu tez çalışmasında da universal kompozitlerde ve rezin bazlı CAD/CAM bloklarda beyazlatma uygulaması sonrasında %10 'luk askorbik asit solüsyonu bu amaçla uygulanmıştır.

Beyazlatma ajanlarının restoratif materyallerin fiziksel özelliklerine etkisini değerlendiren birçok çalışmada, *in vitro* yaşlandırma yöntemi olarak 37 °C distile suda 24 saat boyunca bekletme işlemi uygulanmıştır (Polydorou vd., 2006; İ. Karakaya & Cengiz, 2017; Yikilgan vd., 2017). Distile suda bekleterek yapılan yaşlandırma işleminin kolay ve kısa süreli olması yöntemin sıklıkla tercih edilme nedenlerindedir. Bu tez çalışmasında da beyazlatma işleminden önce örnekler, 37 °C distile suda 24 saat boyunca inkübatör cihazında bekletilmiştir.

Parlak ve mükemmel pürüzsüzlükte bir restorasyon yüzeyi, arzu edilen estetik görünüm için bir gerekliliktir. Ayrıca restorasyonun başarısı için yüzeyin ağız ortamında uzun süre bu şekilde kalması gerekir. Pürüzsüz yüzey, estetik sonucu artırmanın yanı sıra, renklendirici biofilmlerin oluşumunu ve plak retansiyonunu da önler (Tjan & Chan,

1989). Ayrıca, yüzey pürüzsüzlüğü sürtünme katsayısını azaltıp, restorasyonların klinik performansını olumsuz etkileyebilen aşınma oranını en aza indirebilir. Yüzey kalitesi, kompozit rezinler gibi kırılma direncini de etkiler (de Jager vd., 2000).

Restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Dental materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılan araştırmalar, optik ve taramalı elektron mikroskobu gibi kalitatif (nitel) yöntemleri ve yüzey profili analizi gibi kantitatif (nicel) yöntemleri içermektedir. Temaslı elmas ve temassız lazer modlarının yanı sıra lazer yansıtma ölçüm sistemleri yüzey profili ölçümleri için yaygın olarak uygulanmaktadır (Kakaboura vd., 2007; Whitehead vd., 1999). Bu tez çalışmasında materyallerin yüzey pürüzlülük ölçümleri ulaşılabilirliğinin ve uygulanabilirliğinin kolay olması sebebiyle temaslı elmas uçlu bir profilometre ile yapılmıştır. Literatürde pürüzlülük değerlendirme yöntemlerinin hassasiyeti ve yüzey profilometrisinin genel sınırlamaları ile ilgili çeşitli eksiklikler tanımlanmıştır (Whitehead vd., 1995a, 1996). Son on yılda, daha yeni bir teknik olan Atomik Kuvvet Mikroskopisi, (AFM) dental materyal araştırma alanında kullanılmaya başlanmıştır. AFM, nanometre çözünürlükte yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu ayrıntılı topografik görüntülerini sağlayabilmektedir. Bu özellikler AFM'yi dental materyallerin yüzey kalitesini değerlendirmede umut verici bir teknik haline getirirse de bu teknik bugüne kadar sınırlı sayıda uygulama alanı bulmuştur (A. U. J. Yap vd., 2004). Bu bilgiler ışığında örneklerimizin yüzey pürüzlülük ölçümleri profilometre cihazıyla yapıldıktan sonra destek olarak her gruptan bir örneğin AFM (atomik kuvvet mikroskobu) kullanılarak detaylı yüzey taraması yapılmıştır.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), odaklanmış bir elektron demeti ile yüzeyi tarayarak bir numunenin görüntülerini üreten elektron mikroskoplarından biridir. SEM, biyomateryallerin karakterizasyonunun görüntülenmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerdendir ve 10x'den 300.000x'e kadar büyütme oranına sahiptir. SEM görüntülenmesi ile restoratif materyaller ve diş sert dokularındaki mikro çatlakların/boşlukların ve deformitelerin değerlendirilmesi, yüzey topografisi ve pürüzlülüğünün ayrıntıları ve yüzey altı yapılarının ayırt edilmesi sağlanabilir. Bu avantajları göz önüne alınarak tez çalışmamızda her gruptan bir örneğin yüzey topografisi ve pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntülemesinden yararlandık.

Restoratif materyallerin mikrosertliğini ölçmek için farklı yöntem ve cihazlar kullanılmaktadır. Vickers, brinell, knoop, rockwell gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır. Sertlikleri farklı ve yüzeyleri girintili çıkıntılı olan seramik, dentin, mine veya porselen gibi materyallerin mikrosertliklerinin ölçülmesinde Vickers sertlik cihazının başarılı sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir (Gutiérrez-Salazar & Reyes-Gasga, 2003). Bu avantajlar dahilinde çalışmamızda vickers sertlik cihazı kullanılmıştır.

Günümüzde materyallerin renk analizi için kalorimetreler, spektrofotometreler, dijital renk analizörleri ve bu teknolojileri birleştiren hibrit cihazlar gibi bir dizi ticari sistem bulunmaktadır. Choi ve arkadaşları, diş renginin dijital analizinin görsel bir değerlendirmeden daha doğru ve tekrarlanabilir olduğu sonucuna varmıştır (J.-H. Choi vd., 2010). Renk ölçümü için tasarlanan kalorimetre cihazlarının bazı dezavantajları vardır. Kalorimetre cihazları, düz yüzeyleri ölçmek için tasarlanmıştır ve bunun bir sonucu olarak çıkıntılı yüzeyleri ölçmede yetersiz kalabilirler (Bolt vd., 1994). VITA Easyshade cihazı ise, diş renginin ölçümü için kullanılan, elde taşınabilen bir spektrofotometredir (Chu vd., 2018). Bu cihaz doğal, beyazlatma uygulanmış dişler ve çeşitli restoratif materyaller için renk belirlemeyi mümkün kılar. Ayrıca, servikal, orta ve insizal alan dahil olmak üzere vestibül üçlünün rengini ölçme yeteneğine sahiptir (Paul vd., 2004). Bu tez çalışmasında da spektrofotometre cihazı olarak Vita Easyshade V cihazı tercih edilmiştir.

Dental restorasyonların, yüzey pürüzlülük değerinin *in vivo* koşullardaki kritik eşik değerini 0,2 µm olarak bildiren çalışmalar vardır. Bu değerden daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip restorasyonların daha fazla renklenmeye, mikrobiyal dental plak oluşturmaya meyilli hale gelebildiği savunulmuştur (Ünver & Yildirim, 2022). Bununla birlikte yapılan farklı çalışmalarda 0,2 µm üzerinde pürüzlülük değerleri gösteren restorasyonlarda beklenen olumsuz durumların oluşmadığı gösterilmiştir (Al-Wahadni, 2006; Tholt de Vasconcellos vd., 2006). Başka bir çalışmada da 1 µm'den daha düşük pürüzlülük değerlerinin göz ile algılanamadığı bildirilirken (Chung, 1994); Jones ve ark.'nın (Jones vd., 2004) yaptıkları çalışmada hastanın diliyle algılayabileceği pürüzlülük değerinin 0,25-0,50 µm aralığında olup; dil ile algılanabilecek maksimum pürüzlülük değerinin 0,5 µm olduğunu söylenmiştir.

Materyallerin yüzey özelliklerini etkileyen farklı parametreler mevcuttur. Bunlar; materyalin organik ve inorganik doldurucu miktarları, bitim ve polisaj işlemlerinde tercih

edilen enstrümanların gren büyüklüğü, sertliği, şekli ve abrazivlerin tipi, polisaj işlemi yapılırken uygulanan basınç ve uygulama süresi v.b gibi faktörlerdir (Sasahara vd., 2006). Restoratif materyallerin polisajı için piyasada çeşitli bitirme ve cila sistemleri bulunmaktadır. Elmas ve karbid frezler, kauçuk esaslı polisaj lastikleri, aşamalı şekilde uygulanan farklı grenli polisaj diskleri ve polisaj patları v.b bunlardan bazılarıdır (Attar, 2007; Tholt de Vasconcellos vd., 2006). Kullanılan restorasyon materyaline göre tek bir polisaj sistemi yerine aşamalı polisaj sistemlerinin uygulanmasının daha pürüzsüz restorasyon yüzeyleri elde edilmesinde avantaj sağladığını bildiren çalışmalar vardır (Kara vd., 2021).

Bu tez çalışmasında hazırlanan tüm örneklere klinikte rutin olarak kullanılan farklı grenli polisaj diskleri ile cila işlemi yapıldıktan sonra pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Hiçbir grupta 0,2 μm değerinin altında pürüzlülük değerleri ölçülmemiştir. Başlangıç pürüzlülük değerlerine bakıldığında en yüksek değerler CM materyalinde (0,90 μm) ölçülürken; en düşük değerler LU materyalinde (0,40 μm) görülmüştür. LU ve GCC CAD/CAM blokların başlangıç pürüzlülük değerleri birbirine çok yakındır ve diğer universal kompozitlerden daha az pürüzlülük değerleri göstermişlerdir. Rezin bazlı CAD/CAM bloklar, yapısal olarak kompozit rezinlere benzemelerine rağmen organik içeriklerinin azaltılması ve inorganik doldurucu hacimlerinin artırılmasıyla bu materyallerin fiziksel özellikleri oldukça gelişmiştir. Polimerizasyon derinlikleri direkt yöntemle polimerize edilen kompozit rezinlere kıyasla yüksektir ve bu materyaller aşınmaya karşı dirençli, stabil materyallerdir (Sideridou & Karabela, 2011). Universal kompozitlere göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri göstermeleri bu özellikleriyle açıklanabilir. Universal kompozitlerin başlangıç pürüzlülük değerleri incelendiğinde ise; FU en düşük değerleri (ort: 0,52 μm) gösterirken onu GCA (ort: 0,61 μm) ve CM (ort: 0,90 μm) takip etmektedir. CM materyalinin başlangıç pürüzlülük değerleri diğer kompozitlerden daha yüksektir.

Bu tez çalışmasında, beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin pürüzlülük değerlerine etkisine bakıldığında; GCA ve FU kompozitlerin başlangıç, beyazlatma sonrası ve beyazlatma+askorbik asit sonrası pürüzlülük değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. GCC CAD/CAM grubunda ise; her iki beyazlatma uygulaması sonrasında başlangıç değerlerine kıyasla anlamlı bir farklılık görülmüştür. Beyazlatma sonrasında yüzey pürüzlülük değerleri düşmüştür. CM kompozit ve LU CAD/CAM gruplarında ev tipi beyazlatma sonrasında pürüzlülük

değerleri anlamlı olarak azalırken; ofis tipi uygulanan gruplarında anlamlı farklılık görülmemiştir. Anlamlı farklılık görülmeyen gruplarda dahil olmak üzere; tüm materyallerin her iki beyazlatma uygulanan gruplarında pürüzlülük değerleri başlangıç değerlerine göre azalmıştır. Literatürde yapılan diğer çalışmalara bakıldığında, beyazlatma ajanlarının materyallerin pürüzlülük değerlerini arttırdığı, değiştirmedığı ya da azalttığını gösteren çalışmalara rastlanmaktadır. (Rezaei Sofi vd., 2015; Cengiz vd., 2016; Yu vd., 2018). Bununla birlikte, pürüzlülük değerlerini azalttığını gösteren çalışmalar sınırlıdır (Markovic vd., 2014). Bizim çalışmamızda beyazlatma ajanları tüm materyallerin pürüzlülük değerlerini azalttığı gibi CM materyalinde bu azalma miktarı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu çalışmalarla bizim çalışmamız arasındaki en büyük fark örnek sayısıdır. Bu çalışmalar 10 ile 20 arası örnek sayısı ile planlanmıştır (AlQahtani, 2013; Çölgeçen & Köse, 2022). Bizim çalışmamızda örnek sayısı her grup için 30 olarak belirlenmiştir. Örnek sayısının artması istatistiksel olarak farklılığın oluşmasında etkili olmuş olabilir.

Çalışmamızda kullanılan materyallerin başlangıç mikrosertlik değerleri incelendiğinde verilerin geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir. Yüksek mikrosertlik değerleri göstermesi beklenen CAD/CAM bloklardan LU 136,81 ile en yüksek değerleri gösterirken; 47,36 ile CM kompozit en düşük değerleri göstermiştir. Bununla birlikte GCC CAD/CAM bloğun ortalama mikrosertlik derecesi 85 iken; FU kompozitin başlangıç mikrosertlik değeri 89 olarak ölçülmüştür. GCA kompozit ve LU CAD/CAM blok gruplarında ise; ev tipi ve ofis tipi olarak gruplandırılan örneklerin başlangıç mikrosertlik ölçümleri arasında istatistiksel farklılık görülmüştür. Başlangıç aşamasında bu kadar çeşitli mikrosertlik değerlerinin ölçülmesinde farklı etkenlerin katkısı olabilir. İlk olarak, manuel uygulanan polisaj diskleriyle cila işleminin yapılması standart bir yüzey oluşturulmasını etkilemiş olabilir. Örneklerdeki yüzey farklılıkları, mikrosertlik ölçümü için kullanılan Vickers sertlik cihazında da belirli kısıtlamalara neden olabilir. Bu cihazla doğru ölçüm yapılabilmesi için örneklerin yüzeylerinde en pürüzsüz alanların seçilmesi gerekmektedir. Bu alanlar mikroskop altında yüzeylerin incelenmesiyle belirlenir. Aynı materyal olmasına rağmen örneklerin yüzey dokularındaki minimal farklılıklar bile mikrosertlik değerlerini etkilemiş olabilir.

Bu tez çalışmasında, beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin mikrosertlik değerlerine etkisine bakıldığında; tüm materyallerin her iki beyazlatma grubunda da, başlangıç, beyazlatma sonrası ve

beyazlatma+askorbik asit sonrası mikrosertlik değerlerinde anlamlı farklılık belirlenmiştir. GCA, FU ve LU restoratif materyallerin her iki beyazlatma gruplarında beyazlatma sonrasında askorbik asit uygulaması mikrosertlik değerlerini etkilememiştir. Bununla birlikte, CM ve GCC restoratif materyallerin her iki beyazlatma gruplarında beyazlatma sonrasında askorbik asit uygulaması mikrosertlik değerlerini arttırmıştır. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Askorbik asit uygulaması materyallerin beyazlatma sonrasında azalan mikrosertlik değerlerini başlangıç değerlerine yaklaştırmış; hatta CM ev tipi beyazlatma grubunda başlangıçtan daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Beyazlatma yöntemlerinin mikrosertlik değerlerine etkisi incelendiğinde ise; GCA, FU kompozitler ve GCC CAD/CAM blok gruplarında ofis tipi beyazlatma uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri ev tipine göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ayrıca FU materyalin ofis tipi grubunda beyazlatma+askorbik asit uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri ev tipine göre istatistiksel olarak yüksektir. CM kompozitin ev tipi beyazlatma grubunda beyazlatma+askorbik asit uygulanan örneklerin mikrosertlik değerleri ofis tipine göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. LU CAD/CAM bloğun ev tipi beyazlatma grubunda, beyazlatma sonrası ve beyazlatma+askorbik asit sonrası örneklerinin mikro sertlik değeri ofis tipine göre istatistiksel olarak yüksektir.

Literatürde beyazlatma ajanlarının restoratif materyallerin mikrosertlik değerlerine etkisinin incelendiği çalışmalara bakıldığında farklı sonuçlar görülmektedir (Y. H. Kwon vd., 2010; Mohammadi vd., 2020; Serin-Kalay & Zaim, 2022). Yapılan çalışmaların çoğunda ise bu ajanların mikrosertlik değerlerini istatistiksel olarak değiştirmedeği ya da anlamlı olarak azalttığı görülmektedir (Mohammadi vd., 2020); (Fernandes vd., 2020; Karatas, Gul, vd., 2021; Serin-Kalay & Zaim, 2022). Çalışmamızın sonuçlarına göre; her iki beyazlatma ajanlarının uygulanması tüm materyallerin mikrosertlik değerlerinde azalmaya neden olmuştur.

Mohammadi ve ark. (Mohammadi vd., 2020) farklı sürelerde polimerize edilen tek bir mikrohibrit kompozit materyale bizim de çalışmamızda kullandığımız ev tipi (%10 CP) ve ofis tipi (%40 HP) beyazlatma ajanlarını uygulayarak mikrosertlik değerlerine etkisini araştırmışlardır. Polimerizasyon sürelerine göre örnekler 2 gruba ayrılmıştır. Bu çalışmada da bizim çalışmamızla benzer şekilde her iki beyazlatma ajanının uygulanması sonrasında grupların mikrosertlik değerlerinde anlamlı şekilde azalma görülmüştür.

Bununla birlikte tüm gruplarda %40 HP uygulaması %15 KP uygulamasına kıyasla kompozit örneklerin yüzey mikrosertliğinde daha büyük bir düşüşe neden olmuştur. Bu durum, ofis tipi beyazlatma yönteminde daha yüksek hidrojen peroksit konsantrasyonu kullanılmasının kompozit rezinlerin içeriğindeki organik matriksin parçalanmasını arttırmasıyla açıklanmıştır. Ayrıca bu çalışmada polimerizasyon süresinin artmasıyla beyazlatma ajanlarının materyallerin mikrosertlik değerlerindeki olumsuz etkisinin azaltılabileceği bildirilmiştir (Mohammadi vd., 2020). Bizim çalışmamızda bazı materyallerde ofis tipi, bazı materyallerde ise ev tipi beyazlatma sonrası mikrosertlik değerleri daha çok etkilenmiştir. Mohammadi ve ark.'nın yaptıkları çalışmadan farklı olarak bizim çalışmamızda kullanılan materyallerin yapısı ve içerikleri farklılık göstermektedir. Çalışmamızda iki rezin bazlı CAD/CAM bloğun yanında üç nano dolduruculu universal kompozit kullanılmıştır. Materyallerin farklılığı beyazlatma ajanlarının farklı etkiler göstermesini açıklayabilir. Bu nedenle mikrosertliğe etkileri bakımından beyazlatma yöntemleri arasında net bir kaniya varmak mümkün değildir.

Kalay ve ark. (Serin-Kalay & Zaim, 2022) %16'lık CP içeren ev tipi beyazlatma ajanının LU ve farklı CAD/CAM blokların (n:10) (Brilliant Crios BC, Vita Enamic VE ve Vita Suprinity VS) yüzey özelliklerini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre; tüm materyallerin beyazlatma sonrasında mikrosertlik değerlerinde azalma görülmüştür; fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum; LU ve BC için, nano boyutlu doldurucular ve yüksek oranda çapraz bağlı matriks yapıları içermeleri nedeniyle beyazlatma sırasında oksidasyon reaksiyonlarından daha az etkilendikleri şeklinde açıklanmıştır. Bizim çalışmamızda da bu çalışmayla paralel olarak, %10 CP uygulanan LU grubunda beyazlatma sonrası mikrosertlik değerlerinde azalma görülmüştür. Çalışmamızda bu azalma miktarının istatistiksel olarak anlamlı bulunmasında, çalışmalar arasındaki örnek sayısının farklılığı ve ev tipi beyazlatma ajanının konsantrasyon farkı etkili olabilir. Daha fazla örneğin analiz edilmesi istatistiksel analizin sonucunu etkiler. Ayrıca bu çalışmada LU materyalin beyazlatma sonrasında yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür; fakat istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir. Çalışmamızda ise bu çalışmadan farklı olarak %10 CP uygulanan grubun pürüzlülük değerleri anlamlı olarak azalmıştır. Bu şekilde farklı sonuçların elde edilmesi, beyazlatma ajanlarının birçok değişkene bağlı olarak restoratif materyallerin fiziksel özellikleri üzerinde genel geçer bir etki göstermediğini kanıtlar.

Çalışmamızda, en yüksek renk değişim değerleri (ΔE) sırasıyla CM, GCA, LU, FU ve GCC şeklindedir. Beyazlatma ajanları ve sonrasında askorbik asit uygulamasının materyallerin renk değişim değerlerine etkisine bakıldığında; GCA, FU, CM kompozitler ve GCC CAD/CAM bloğun beyazlatma sonrası-ilk ölçüm ($\Delta E1$) ve askorbik asit sonrası-ilk ölçüm ($\Delta E2$) renk değişim değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. LU CAD/CAM blokta ise yalnızca ev tipi beyazlatma uygulanan grupta $\Delta E2$ değerleri $\Delta E1$ den anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Kompozit materyallerin yakın renk değişim değerleri göstermesinde nano partiküllü inorganik doldurucu ve benzer organik matriks yapısına sahip olmaları etkili olabilir. Bununla birlikte beyazlatma yöntemlerinin renk değişim değerlerine etkisi incelendiğinde; GCA kompozit ve LU CAD/CAM blok gruplarında beyazlatma yöntemleri arasında fark görülmemiştir. FU, CM kompozit ve GCC CAD/CAM blok gruplarında ise beyazlatma yöntemleri arasında farklılık belirlenmiştir. Bu materyallerin ev tipi beyazlatma uygulanan tüm gruplarında ofis tipine kıyasla daha yüksek renk değişim değerleri izlenmiştir. Tavares ve ark. (Tavares vd., 2020) ev tipi beyazlatma ajanının sık tekrarlanması klinik olarak materyalin koyulaşması veya mavileşmesi ile kromatik değişimine yol açabileceğini bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ise HB gruplarında daha yüksek ölçülen ΔE değerleri beyazlatma sonrası artan L değerleriyle ilişkilendirilmektedir.

Gupta ve ark.'nın (Gupta vd., 2021) yapmış olduğu, antioksidan ajanın ofis tipi beyazlatma yapılan dişlere bağlanma dayanımı ve renk stabilitesi üzerine etkisini değerlendirdikleri çalışmada; $\Delta E > 3,7$ ise kolayca görülebilen fark; ΔE 3,7 ile 1 arasında ise kabul edilebilir fark; $\Delta E < -1$ ise fark klinik olarak görünür değildir olarak açıklanmıştır. $\Delta E > 3,7$ olduğu değerlerde renk farkı genel popülasyon tarafından ayırt edilebilir ve algılanabilir olduğu düşünülür. Bu nedenle diş hekimliğinde renkle ilgili çalışmaların çoğunda bu değerler baz alınır ve uygulanır (van der Reijden vd., 1997). Gupta ve ark.'nın yaptıkları çalışmada ofis tipi %30'luk hidrojen peroksit dişlere uygulanmıştır. Beyazlatma sürecinde aktivasyon için ışık kullanılmıştır. Bu çalışmada, ofis tipi beyazlatma uygulanan tüm örneklerin ΔE değerleri (başlangıç ve beyazlatma uygulanmış örnekler arasındaki renk farkı) 26'nın üzerinde bulunmuştur. Bu yüksek farkın oluşmasında, beyazlatma ajanının diş dokusuna ve ışıkla aktivasyonla uygulanmasının etkili olduğu söylenmiştir (Gupta vd., 2021). Bizim çalışmamızda restoratif materyallere beyazlatma ajanları uygulanmıştır. Ayrıca beyazlatma süreçlerinde

her hangi bir aktivasyon yapılmamıştır. Bu faktörler Gupta ve ark.'larının yaptıkları çalışmaya kıyasla daha düşük bulunan ΔE değerlerini açıklayabilir. Çalışmamızdaki örneklerin ΔE değerlerine bakıldığında; en yüksek değişim, %10'luk karbamid peroksit içeren ev tipi beyazlatma uygulanmış CM grubunda (beyazlatma sonrası- ilk ölçüm; $\Delta E1: 15.61 \pm 1.99$) izlenmiştir. En düşük renk değişim değerleri ise %40 hidrojen peroksit içeren ofis tipi beyazlatma uygulanmış GCC grubunda görülmüştür (askorbik asit sonrası- ilk ölçüm; $\Delta E2: 10.10 \pm 2.86$). Elde edilen ΔE değerleri her grup için 3,7 den büyüktür ve klinik olarak algılanabilir düzeyin üzerindedir. Çalışmamızda her iki beyazlatma sonrasında materyallerin L değerleri artarken; a ve b değerleri azalmıştır. Ölçülen yüksek ΔE değerleri artan parlaklıkla ilişkilidir. Beyazlatma uygulaması çalışmadaki materyallerin renk değişimini olumlu şekilde etkilemiştir.

Ünver ve ark. (Ünver & Yildirim, 2022) iki farklı ev tipi beyazlatma ajanının (%9.5'lik hidrojen peroksit (HP); toplam 14 gün boyunca her gün 30 dakika ve %22'lik karbamid peroksit (KP); toplam 7 gün boyunca her gün 2 saat) CAD/CAM blokların (Lava Ultimate, Ceresmart ve Vita Enamic) renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. 14 gün boyunca her hangi bir işlem yapılmadan distile suda bekletilen grup kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde, beyazlatma ajanlarının uygulanması materyallerin yüzey pürüzlülük değerlerini anlamlı olarak değiştirmiştir. Uygulanan beyazlatma ajanlarından bağımsız olarak beyazlatma işlemi tüm materyallerin pürüzlülük değerlerini arttırmıştır. En yüksek değerler VITA Enamic grubunda (%9.5'lik HP: 0,225), en düşük değerler ise Cerasmart (Kontrol: 0,124) grubunda bulunmuştur. %9.5'lik HP uygulanan örneklerin yüzeylerinin; %22'lik KP uygulanan ve kontrol grubu örneklerine göre daha pürüzlü olduğu açıkça gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda %10 KP uygulanan LU grubu (0,28); %10 CP uygulanan GCC grubuna (0,33) göre daha düşük pürüzlülük değeri göstermiştir. İki çalışmanın pürüzlülük değerleri başlangıç aşamasında da farklılık göstermektedir. Bu durum polisaj sisteminden kaynaklı bir farklılık olabilir. Bununla birlikte çalışmalarda kullanılan beyazlatma ajanları da hem konsantrasyon hem de uygulama şekli olarak farklıdır. Ayrıca beyazlatma ajanları pürüzlülük değerlerinde karşıt etkiler oluşturmuştur.

Yine aynı çalışmada (Ünver & Yildirim, 2022), ev tipi beyazlatma ajanları, CAD/CAM bloklarda klinik olarak kabul edilebilir renk değişim değerlerine neden olmuştur. En yüksek ΔE değerleri, %22'lik CP uygulanan Lava Ultimate grubunda ($\Delta E:$

2,02); en düşük ΔE değerleri ise Vita Enamic kontrol grubunda (ΔE : 0,564) gözlenmiştir. Renk değişimindeki bu farklılıkların, materyallerin içeriğinde bulunan doldurucu boyutları, tipleri ve organik matris kompozisyonları gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Cerasmart'ın organik faz yoğunluğu; Lava Ultimate'den daha fazla olmasına rağmen, bu CAD/CAM blokların organik faz bileşenleri farklıdır. Cerasmart üretan dimetakrilat (UDMA) içerirken, Lava Ultimate bisfenol glisidil metakrilat (Bis-GMA), üretan dimetakrilat (UDMA), etoksi bisfenol dimetakrilat (Bis-EMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) içerir. Bizim çalışmamızda da beyazlatma uygulanan Lava Ultimate gruplarının renk değişim değerleri (ofis tipi $\Delta E_1=14.02$; ev tipi $\Delta E_1=13.59$) Cerasmart gruplarına (ofis tipi $\Delta E_1=11,83$; ev tipi $\Delta E_1=10,13$) göre daha yüksek ΔE değerleri göstermiştir. Bunun sebebini LU materyalinde UDMA'nın yanında TEGDMA, Bis-GMA, Bis-EMA gibi hidrofilik monomerlere; GCC materyalinin ise yüksek oranda, hidrofobik bir monomer olan UDMA'ya sahip olmasına dayandırabiliriz. Bu hidrofilik monomerler zamanla daha fazla su emip renklendirici ajanlarının restorasyon yüzeyine taşınmasına ve restorasyonun daha fazla renk değişimine sebep olabilir.

Askorbik asit gibi antioksidan ajanlar beyazlatma işlemlerinden sonra mine ve dentin dokusunda meydana gelen serbest radikallerin azaltılması için uygulanmaktadırlar. Beyazlatma ajanlarının uygulanmasından sonra diş-restorasyon bağlantısında meydana gelebilecek olası azalmayı engellemek için antioksidan ajanlar klinisyenler tarafından tercih edilmektedir (Kılınç vd., 2016; Ghaleb vd., 2020).

Restorasyonlu dişlere beyazlatma ajanlarının uygulanması durumunda yalnızca diş dokusu değil restorasyon materyalleri de bu ajanlardan etkilenir. Literatürde beyazlatma ajanlarının farklı restoratif materyallerin fiziksel özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Ünver & Yildirim, 2022; Gupta vd., 2021; Serin-Kalay & Zaim, 2022; Mohammadi vd., 2020). Beyazlatma ajanlarının materyallerin fiziksel özelliklerine olası negatif etkilerinin nasıl giderilebileceği önemli bir araştırma alanıdır. Beyazlatma yapılmış restoratif materyallere bu amaçla uygulanan antioksidan ajanın materyallerin fiziksel özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmamızın sonuçlarının literatüre katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında; GCA, FU, LU ve GCC materyallerin her iki beyazlatma grubunda da beyazlatma sonrası askorbik asit uygulaması pürüzlülük

değerlerini arttırmıştır. Fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. CM grubunda ise; tam tersi olarak beyazlatma sonrası askorbik asit uygulaması pürüzlülük değerlerini düşürmüştür. Hatta ev tipi beyazlatma uygulanan grupta beyazlatma+askorbik asit sonrası elde edilen pürüzlülük değerleri başlangıç ölçümlerine göre anlamlı olarak düşüktür. Beyazlatma yöntemleri kıyaslandığında; CM materyalinin ofis tipi grubundaki beyazlatma+askorbik asit uygulanan örneklerinin pürüzlülük değerleri ev tipi grubundan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur.

Beyazlatma sonrası askorbik asit uygulamasının materyallerin mikrosertlik değerlerine etkisine baktığımızda ise materyallerden ve uygulanan beyazlatma yöntemlerinden bağımsız olarak çok değişken etkiler görülmüştür. GCA ve LU materyallerinin ofis tipi beyazlatma gruplarında beyazlatma sonrası askorbik asit uygulaması mikrosertlik değerlerini azaltırken; ev tipi beyazlatma gruplarında değerleri arttırmıştır. FU materyalinin ise; ev tipi beyazlatma grubunda mikrosertlik değerlerini azaltırken; ofis tipi beyazlatma grubunda değerleri arttırmıştır. Fakat bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. CM ve GCC materyallerinde ise; hem ev tipi hem de ofis tipi gruplarında beyazlatma sonrası askorbik asit uygulaması mikrosertlik değerlerini arttırmıştır. CM ve GCC materyallerinin ev tipi beyazlatma gruplarında görülen mikrosertlik artışı istatistiksel olarak anlamlıdır. Beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında; GCA ve GCC materyallerinde beyazlatma gruplarının mikrosertlik değerlerine anlamlı bir etkisi olmamıştır. FU, CM ve LU materyallerinde ise beyazlatma yöntemlerinin mikrosertlik değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. FU materyalinin ofis tipi grubunun mikrosertlik değerleri anlamlı olarak daha yüksekken; CM ve LU materyallerinin ev tipi gruplarının mikrosertlik değerleri anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

GCA, FU, CM ve GCC materyallerinin $\Delta E1$ (beyazlatma sonrası-ilk ölçüm) ve $\Delta E2$ (askorbik asit sonrası-ilk ölçüm) değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık görülmemiştir. LU materyalinin ev tipi beyazlatma grubunda ise $\Delta E2$ değerleri $\Delta E1$ 'den anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Renk değişim değerlerine beyazlatma yöntemlerinin etkisi karşılaştırıldığında; GCA ve LU materyallerinde beyazlatma gruplarının renk değişim değerlerine anlamlı bir etkisi olmamıştır. FU, CM ve GCC materyallerinde ise hem $\Delta E1$ hem de $\Delta E2$ değerleri beyazlatma yöntemlerine göre anlamlı farklılık göstermiştir. Bu materyallerin hepsinde ev tipi yönteminde görülen renk değişim değerleri anlamlı olarak daha yüksektir.

Beyazlatma sonrası askorbik asit uygulamasının restoratif materyallerin fiziksel özelliklerine etkisinin değerlendirildiği başka çalışmalar literatürde bulunmadığı için çalışmamızın sonuçları karşılaştırılamamıştır. Bununla birlikte bizim çalışmamızın sonuçlarına göre askorbik asitin beyazlatma sonrası materyallerde oluşabilecek negatif etkileri tamamiyle geri döndürebildiği söylenemez. Materyallerin çoğunda pürüzlülük değerlerine anlamlı bir etkisi görülmemesine karşın CM materyalinin ev tipi beyazlatma grubunda pürüzlülük değerlerini anlamlı olarak azaltmıştır. Yine materyallerin mikrosertlik değerlerine baktığımızda farklı sonuçlar izlenmiştir. Fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunan sonuçlar incelendiğinde CM ve GCC materyallerinin ev tipi beyazlatma gruplarında mikrosertlik değerlerini anlamlı olarak arttırmıştır. Bu verilere bakılarak pürüzlülük ve mikrosertlik için pozitif etkisinin daha baskın olduğu söylenebilir. Renk değişim değerlerine bakıldığında ise yalnızca LU materyalinin ev tipi beyazlatma grubunda ΔE_2 (askorbik asit sonrası-ilk ölçüm) değerleri ΔE_1 (beyazlatma sonrası-ilk ölçüm) değerlerinden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara göre beyazlatma sonrası askorbik asit uygulamasının renk değişim değerleri üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu söylenebilir.

Askorbik asit uygulamasının hangi mekanizma ile materyallerin fiziksel özelliklerini etkilediği tam olarak bilinmemektedir. Fakat; beyazlatma sonrası materyallerin polimer zincirlerinde meydana gelen hidrolitik bozulma sonrası yüzeyde reaksiyona girmemiş monomer veya çift bağlar oluşabilmektedir (Ergücü & Türkün, 2007). Askorbik asitin açığa çıkan artık monomerleri yüzeyden uzaklaştırarak materyallerin yüzey özelliklerini iyileştirdiğini düşünmekteyiz.

Bu tez çalışmasının bazı limitasyonları bulunmaktadır. Örnekler hazırlanırken kompozitlerden disk şeklinde; CAD/CAM bloklardan dikdörtgen şeklinde numuneler elde edilmiştir. Bu şekilde örneklerin boyutları arasında bir standardizasyon sağlanamamıştır. Fakat; materyallerden maksimum örnek elde edebilmek için ve ayrıca çalışmanın sonuçlarını etkilemeyeceğini düşündüğümüz için bu şekilde planlama yapılmıştır.

Örneklerde standardizasyon sağlamak amacıyla tek bir polisaj sistemi kullanılarak cila işlemi yapılmıştır. Manuel olarak uygulanan bu sistemlerde uygulayıcıya bağlı olarak örneklerin yüzeylerinde minimal farklılıklar görülebilmektedir. Bu işlemin polisaj cihazlarıyla yapılması oluşabilecek farklılıkların önlenmesinde etkili olabilir.

Çalışmamızda örnekler beyazlatma işlemleri ve ölçüm zamanları dışında distile suda bekletilmiştir. Ayrıca bir yaşlandırma işlemi yapılmamıştır. *In vitro* çalışmalarda ağız ortamının en iyi şekilde taklit edilmesi sonuçların kliniğe uygun olması açısından önemlidir. Bu nedenle örneklerin distile su yerine tükürük içerisinde bekletilmesi ayrıca termal siklus cihazında yaşlandırmaya tabii tutulması materyallerin fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesinde kliniğe yakın sonuçlar elde edilmesinde avantajlı olabilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beyazlatma uygulamalarının ve antioksidan ajanın CAD/CAM ve estetik restoratif materyallerin fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelediğimiz *in vitro* çalışmamızda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Beyazlatma ve antioksidan uygulamalarının materyallerin fiziksel özelliklerini etkilediği söylenebilir. Çalışmamızda beyazlatma ajanları pürüzlülük değerlerini düşürerek materyallerin fiziksel özelliklerine olumlu bir etki gösterirken; bu ajanların uygulanması tüm materyallerin mikrosertlik değerlerini düşürerek fiziksel özelliklerini olumsuz etkilemiştir.
2. Beyazlatma sonrası materyallerin tümünde gözle görülür renk değişimi izlenmiştir. Ayrıca, %10 karbamid peroksit uygulanan ev tipi beyazlatma ajanıyla daha yüksek renk değişim değerleri elde edilmiştir.
3. Uygulanan ajanlar sonrası en düşük pürüzlülük ve en yüksek mikrosertlik değerlerini gösteren Lava Ultimate, fiziksel özellikleri bakımından diğer materyallerden daha üstün bulunmuştur. Bununla birlikte; en yüksek pürüzlülük ve en düşük mikrosertlik değerlerini gösteren Clearfil Majesty ES-2'nin fiziksel özellikleri ise diğer materyallere kıyasla daha zayıf görülmüştür. Renk stabilizasyonuna bakıldığında en az değişim GC Cerec materyalinde görülmüştür.
4. Beyazlatma işlemleri sonrasında askorbik asit uygulaması ile materyallerin fiziksel özellikleri ya değişmemiş ya da iyileşmiştir. Askorbik asitin yüzey pürüzlülüğünü düşürebildiği, mikrosertliği yükseltebildiği ve renk değişimini etkileyebildiği sonucuna varılmıştır.
5. Bu bilgiler ışığında, antioksidan ajan uygulamasının beyazlatma ajanlarının materyallerin fiziksel özellikleri üzerindeki negatif etkileri iyileştirebileceği klinisyenler tarafından göz önünde bulundurulabilir. Ayrıca antioksidan uygulamasının güncel restoratif materyaller üzerindeki etkilerini inceleyen daha çok araştırmaya ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKLAR

- Abraham S, Ghonmode W. N, Saujanya K. P, Jaju N, Tambe V.H, Yawalikar P.P, 2013. Effect of grape seed extracts on bond strength of bleached enamel using fifth and seventh generation bonding agents. *J Int Oral Health*, 5(6), 101-107.
- Alencar M. S, Bombonatti J. F. S, Maenosono R. M, Soares A. F, Wang L, Mondelli R. F. L, 2016. Effect of Two Antioxidants Agents on Microtensile Bond Strength to Bleached Enamel. *Braz Dent J*, 27(5), 532-536.
- Alhabdan A, 2015. Comparison of Surface Roughness of Ceramics after Polishing with Different Intraoral Polishing Systems using Profilometer and SEM. *JDHODT, (Cilt 2 ,Sayı 3)*.
- AlQahtani MQ, 2013. The effect of a 10% carbamide peroxide bleaching agent on the microhardness of four types of direct resin-based restorative materials. *Oper Dent*, 38(3), 316-323.
- Alqahtani MQ, 2014. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J*, 26(2), 33-46.
- Al Qahtani MQ, Binsufayyan S. S, 2011. Color change of direct resin-based composites after bleaching: An in vitro study. *Saudi Dent J*, 2(1), 23-27.
- Al-Wahadni A, 2006. An in vitro investigation into the surface roughness of 2 glazed, unglazed, and refinished ceramic materials. *Quintessence Int*, 37(4), 311-317.
- Atai M, Watts DC, 2006. A new kinetic model for the photopolymerization shrinkage-strain of dental composites and resin-monomers. *Dent Mater*, 22(8), 785-791.
- Attar N, 2007. The effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of composite resin materials. *J Contemp Dent Pract*, 8(1), 27-35.
- Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin, R, 2004. Effect of bleaching on restorative materials and restorations—a systematic review. *Dent Mater*, 20(9), 852-861.
- Attin T, Paqué F, Ajam F, Lennon AM, 2003. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *Int Endod J*, 36(5), 313-329.
- Aw TC, Nicholls JI, 2001. Polymerization shrinkage of densely-filled resin composites. *Oper dent* , 26(5), 498-504.
- Azrak, B, Callaway A, Kurth, P, Willershausen, B, 2010. Influence of bleaching agents on surface roughness of sound or eroded dental enamel specimens. *J Esthet Restor Dent*, 22(6), 391-399.
- Bagheri R, Burrow MF, Tyas M, 2005. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent*, (C. 33, Sayı 5, ss. 389-398).
- Baroudi K, Ibraheem SN, 2015. Assessment of Chair-side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature. *JIOH* , 7(4), 96-104.
- Batista GR., Barcellos DC, Torres CRG, Goto EH, Pucci CR, Borges AB, 2011. The influence of chemical activation on tooth bleaching using 10% carbamide peroxide. *Oper dent* , 36(2), 162-168.
- Berman LH, Hargreaves KM, 2015. *Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult- E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D, 2008. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204(9), 505-511.
- Boksman L. (t.y.). Shade selection: accuracy and reproducibility. *Ontario dentist*.
- Boksman L, Jordan R.E, Skinner DH, 1983. Non-vital bleaching-internal and external. *Aust Dent J*, (C. 28, Sayı 3, ss. 149-152).
- Bolt RA, Bosch, JJ, Coops JC, 1994. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol*, 39(7), 1133-1142.
- Bona AD, Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C, 2009. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: Three distinct observer populations and shade matching protocols. (C. 25, Sayı 2, ss. 276-281).
- Borchers L, Tavassol F, Tschernitschek H, 1999. Surface quality achieved by polishing and by varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent*, 82(5), 550-556.
- Boujoual I, Mbarki B, Andoh A, 2018. Application of CAD/CAM in Dental Medicine: Case report. *International journal of advances in scientific research and engineering*, 4(11), 172-177.
- Braem M, Finger W, Van Doren VE, Lambrechts P, Vanherle G, 1989. Mechanical properties and filler fraction of dental composites. *Dent Mater*, 5(5), 346-348.
- Brewer JD, 2004. Wee A. Seghi R. Advances in color matching *Dent Clin North Am*, 48, 341-358.
- Brotherton Boron BJ, 1994. Inorganic chemistry encyclopedia of inorganic chemistry. Bruce King. John Wiley & Sons.
- Cal E, Guneri P, Kose T, 2006. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *J Oral Rehabil*, (C.33 S.3 s-228).
- Carey CM, 2014. Tooth whitening: what we now know. *J Evid Based Dent Pract*, 14 Suppl, 70-76.
- Cengiz E, Kurtulmus-Yilmaz S, Ulusoy N, Deniz ST, Yuksel-Devrim E, 2016. The effect of home bleaching agents on the surface roughness of five different composite resins: A SEM evaluation. *Scanning*. Wiley Periodicals, 38(3), 277-283.
- Chen HY, Manhart J, Hickel R, Kunzelmann KH, 2001. Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dent Mater*, 17(3), 253-259.
- Chen MH, 2018. Restorative and Esthetic Dentistry A Special Issue of the Dentistry Journal (C6,S5)
- Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P, 2017. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*, 222(5), 337-344.
- Choi JH, Park JM, Ahn SG, Song KY, Lee MH, Jung, JY, Wang X, 2010. Comparative study of visual and instrumental analyses of shade selection. *J Wuhan Univ Technol Mater Sci Ed*, 25(1), 62-67.
- Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, 2005. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci*, 16(4), 347-353.
- Choudhary OP, Ka P, 2017. Scanning electron microscope: Advantages and disadvantages in imaging components. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, 6(5), 1877-1882.
- Christie R, 2015. *Colour Chemistry*. Royal Society of Chemistry.

- Chung KH 1994. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater*, 10(5), 325-330.
- Chun K, Choi H, Lee J, 2014. Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *J Dent Biomech*, 5, 1758736014520809.
- Chu SJ, Goldstein RE, Lee EA, Stappert CFJ, 2018. *Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry*. John Wiley & Sons.
- Çölgeçen Ö, Köse M, 2022. Effects of repeated home bleaching on the surface roughness of CAD-CAM restoration materials. *Int J Dent Res*, 12(3), 143-148.
- Costa JDA, da Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L, 2007. The Effect of Different Polishing Systems on Surface Roughness and Gloss of Various Resin Composites. *J Esthet Restor Dent* (C. 19, Sayı 4, ss. 214-224).
- Dabas D, Patil AC, Uppin VM, 2011. Evaluation of the effect of concentration and duration of application of sodium ascorbate hydrogel on the bond strength of composite resin to bleached enamel. *JCD*, 14(4), 356-360.
- Dahl, JE. Pallesen U, 2003. Tooth Bleaching a Critical Review of the Biological Aspects. *Crit rev oral biol med*. 14(4), 292-304.
- Dayangaç B, 2000. *Kompozit rezin restorasyonlar*. Güneş Kitabevi.
- de Jager N, Feilzer AJ, Davidson, CL, 2000. The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dent mater* , 16(6), 381-388.
- Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM, 1994. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Crit rev oral biol med*, 10(6), 353-362.
- El-safty S, Karim UA, 2018. Surface Roughness and Hardness of Dental Resin-Composites Intended for Bulk-fill Placement. *Egypt Dent J*, (C. 64, Sayı 3, ss. 2491-2499).
- Erdemir U, Sancakli HS, Yildiz E 2012. The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. *Eur J Dent*, 6(2), 198-205.
- Erdemir U, Yıldız E, Eren MM, 2012. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *J Dent*, (C. 40, ss. e55-e63).
- Ergücü Z, Türkün LS, 2007. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. *Oper Dent*, 32(2), 185-192.
- Ersoy YDD, Özel E, Gökçe YDD, 2007. Farklı Uygulama Yöntemlerinin Kompozit Rezinlerin Mikrosertlikleri Üzerine Etkisi. *Ankara Univ Hekim Fak Derg*, 2007(1), 28-31.
- Fasanaro TS, 1992. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *J Dent*, 4(3), 71-78.
- Feinman RA, 1991. Reviewing Vital Bleaching and Chemical Alterations. *J Am Dent Assoc*, (C. 122, Sayı 2, ss. 55-56).
- Fernandes RA, Strazzi-Sahyon HB, Suzuki TYU, Briso ALF, Dos Santos PH, 2020. Effect of dental bleaching on the microhardness and surface roughness of sealed composite resins. *Restor Dent Endod*, 45(1), e12.

- Ferracane JL, 1995. Current trends in dental composites. *Crit rev oral biol med*, 6(4), 302-318.
- Ferracane JL, 2011. Resin composite—State of the art. *Dent Mater*, 27(1), 29-38.
- Floyd CJE, Dickens SH, 2006. Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dent Mater*, (C. 22, Sayı 12, ss. 1143-1149).
- Fondriest, J, 2003. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *IJPRD*, 23(5), 467-479.
- Fradeani M, Aquilano A, Bassein L, 1997. Longitudinal study of pressed glass-ceramic inlays for four and a half years. *J Prosthet Dent*, 78(4), 346-353.
- Garcia EJ, Mena-Serrano A, de Andrade AM, Reis A, Grande RH, Loguercio ADÜ 2012. Immediate bonding to bleached enamel treated with 10% sodium ascorbate gel: a case report with one-year follow-up. *Eur j esthet dent*, 7(2), 154-162.
- Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LVJ, 2008. Depth of cure and surface microhardness of experimental short fiber-reinforced composite. *Acta Odontol Scand*, 66(1), 38-42.
- Geissberger M, 2013. *Esthetic Dentistry in Clinical Practice*. John Wiley & Sons.
- Ghaleb M, Orsini G, Putignano A, Dabbagh S, Haber G, Hardan L, 2020. The Effect of Different Bleaching Protocols Used with and without Sodium Ascorbate on Bond Strength between Composite and Enamel. *Materials*, 13(12).
- Gladwin MA, Stewart MA, Bagby MD, 2009. *Clinical Aspects of Dental Materials: Theory, Practice, and Cases*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- Goldstein RE, Garber DA, 1995. Maintining Estetic Restorations? A Shared Esponsibility. *J Esthet Restor Dent*, (C. 7, Sayı 5, ss. 187-187).
- Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA, 2015. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J prosthodont* 28(3), 227-235.
- Gunal, B, Ulusoy MM, 2018. Optical properties of contemporary monolithic CAD-CAM restorative materials at different thicknesses. *J Esthet Restor Dent*, 30(5), 434-441.
- Gupta, S, Shankar PM., Bannimath G, Doddawad VG, Annapoorna BM, (2021). Evaluation of Antioxidant Property of Amla on Bond Strength and Color Stability of Power Bleached Teeth: An In vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci*, 13(Suppl 2), S1244-S1250.
- Gurgan S, Koc Vural U, Miletic I, 2022. Comparison of mechanical and optical properties of a newly marketed universal composite resin with contemporary universal composite resins: An in vitro study. *MRT*, 85(3), 1171-1179.
- Gutiérrez-Salazar M, del P, Reyes-Gasga J, 2003. Microhardness and chemical composition of human tooth. *Mater Res*, 6(3), 367-373.
- Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O, 2010. Effect of in-office bleaching on color and surface roughness of composite restoratives. *Eur J Dent*, 4(2), 118-127.
- Hannig C, Duong S, Becker K, Brunner E, Kahler E, Attin T, 2007. Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite. *Dent Mater*, 23(2), 198-203.
- Haywood VB, 1991. Overview and status of mouthguard bleaching. *J Esthet Dent*, 3(5), 157-161.

- Haywood VB, 1992. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. *Quintessence Int* , 23(7), 471-488.
- Hegde S, Madhyastha P, Srikant N, Kotian R., Iyer S, 2017. Effect of finishing/polishing techniques and time on surface roughness of esthetic restorative materials. *J. Dent. Res. (C. 14, Sayı 5, s.326)*.
- Heuer GA, Garman TA, Sherrer JD, Williams HA, 1982. A clinical comparison of a quartz- and glass-filled composite with a glass-filled composite. *J Am Dent Assoc* , 105(2), 246-247.
- Heymann HO, Goldstein RE, Haywood, VB, 1997. Bleaching of vital teeth. *Quintessence Int*, 28(6), 420-427.
- Ibrahim A, Magliulo N, Groben J, Padilla A, Akbik F, Abdel Hamid Z, 2020. Hardness, an Important Indicator of Bone Quality, and the Role of Collagen in Bone Hardness. *J Funct Biomater*, 11(4).
- Jefferies SR, 2007. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dent Clin N Am*, 51(2), 379-397, ix.
- Jones CS, Billington RW, Pearson GJ, 2004. The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J*, 196(1), 42-45; discussion 31.
- Kahramanoğlu E, Kulak Özkan Y, 2013. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *CDJ*, 16(4), 339-347.
- Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N, 2007. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci. Mater Med. (C. 18, Sayı 1, ss. 155-163)*.
- Kara D, Tekçe N, Fidan S, Demirci M, Tuncer S, Balcı S, 2021. The Effects of Various Polishing Procedures on Surface Topography of CAD/CAM Resin Restoratives. *J Prosthodont*, 30(6), 481-489.
- Karakaya İ, Cengiz E, 2017. Effect of 2 Bleaching Agents with a Content of High Concentrated Hydrogen Peroxide on Stained 2 CAD/CAM Blocks and a Nanohybrid Composite Resin: An AFM Evaluation. *Biomed, Res, Int* 20176347145.
- Karakaya I, Cengiz-Yanardag E, 2020. Changes in Optical Characteristics and Surface Topography of CAD/CAM Materials after Bleaching Applications: An AFM Evaluation. *J Prosthodont*, 29(3), 226-236.
- Karatas O, Gul P, Akgul N, Celik N, Gundogdu M, Duymu, ZY, Seven N, 2021. Effect of staining and bleaching on the microhardness, surface roughness and color of different composite resins. *Dent Med Probl* 58(3), 369-376.
- Karatas O, Ilday NO, Bayindir YZ, Duzyol M, Seven N, 2021. *The effect of in-office bleaching applications on the color and translucency of composite resins*. *Ann Med Res*, 27(11), 3012-3017.
- Kaya AD, Türkün M. 2003. Reversal of dentin bonding to bleached teeth. *Oper Dent*, 28(6), 825-829.
- Kesim B, 2020. *Güncel Protetik Diş Tedavisi Çalışmaları*. Akademisyen Kitabevi.
- Kihn PW 2007. Vital tooth whitening. *Dental Clinics of North America*, 51(2), 319-331, viii.
- Kihn PW, Barnes DM, Romberg E, Peterson K, 2000. A clinical evaluation of 10 percent vs. 15 percent carbamide peroxide tooth-whitening agents. *J Am Dent Assoc*, 131(10), 1478-1484.
- Kimyai S, Valizadeh H, 2008. Comparison of the effect of hydrogel and a solution of sodium ascorbate on dentin-composite bond strength after bleaching. *J Contemp Dent Pract*, 9(2), 105-112.

- Kılınç Hİ, Aslan T, Kılıç K, Er Ö, Kurt G, 2016. Effect of Delayed Bonding and Antioxidant Application on the Bond Strength to Enamel after Internal Bleaching. *J Prosthodont*, 25(5), 386 -391.
- Krämer N, Frankenberger R., Pelka M, Petschelt A, 1999. IPS Empress inlays and onlays after four years a clinical study. *J. Dent. (C. 27, Sayı 5, ss. 325-331)*
- Kugel G. 2003. Over-the-counter tooth-whitening systems. *Compend contin educ dent* 24(4A), 376-382.
- Kwon SR, Wertz PW, 2015. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent.* 27(5), 240-257.
- Kwon YH, Shin DH, Yun DI, Heo YJ, Seol HJ, Kim HI, 2010, Effect of hydrogen peroxide on microhardness and color change of resin nanocomposites. *Am J Dent* , 23(1), 19-22.
- Lang BR, Jaarda M, Wang RF 1992, Filler particle size and composite resin classification systems. *J Oral Rehabil*, 19(6), 569-584.
- Lange RT, Pfeiffer P, 2009. Clinical evaluation of ceramic inlays compared to composite restorations. *Oper Dent*, 34(3), 263-272.
- Leach R, 2011. Introduction to Surface Texture Measurement. *Optical Measurement of Surface Topography*.
- Lee YK, Lu H, Oguri M, Powers JM, 2005. Changes in gloss after simulated generalized wear of composite resins. *J Prosthodont*, 94(4), 370-376.
- Leonard RH, Haywood VANB, Caplan DJ, Tart ND, 2003. Nightguard Vital Bleaching of Tetracycline-Stained Teeth: 90 Months Post Treatment. *J Esthet Restor Dent (C. 15, Sayı 3, ss. 142-153)*.
- Lovell LG, Stansbury JW, Syrpes DC, Bowman CN, 1999. Effects of Composition and Reactivity on the Reaction Kinetics of Dimethacrylate/Dimethacrylate Copolymerizations. *Macromolecules*, 32(12), 3913-3921.
- Lundin SA 1990. Studies on posterior composite resins with special reference to class II restorations. *Swed Dent J*, 73, 1-41.
- Luo XP, Silikas N, Allaf M, Wilson NHF, Watts DC, 2001. AFM and SEM study of the effects of etching on IPS-Empress 2TM dental ceramic. *Surf. Sci, (C 491 Sayı 3)*
- Maddeler Ö, (t.y.). Bilgisi. *İzmir: Eüdhf Yayınları*.
- Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ, 2016. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J Dent Res*, 95(5), 487-495.
- Markovic L, Jordan RA, Glasser MC, Arnold WH, Nebel J, Tillmann, W, Ostermann T, Zimmer S, 2014. Effects of bleaching agents on surface roughness of filling materials. *Dent Mater J* 33(1), 59-63.
- Matis BA, 2000. Degradation of gel in tray whitening. *Compend contin educ dent* S28, S31-S35; quiz S49.
- Mitra SB, Wu, D, Holmes BN, 2003. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc*, 134(10), 1382-1390.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y, 2009. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*, 28(1), 44-56.
- Mohammadi N, Alavi FN, Rikhtehgaran S, Chaharom MEE, Salari A, Kimyai S, BahariM, 2020. Effect

- of Bleaching Method and Curing Time on the Surface Microhardness of Microhybrid Composite Resin. *Maedica*, 15(3), 359-364.
- Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ, 2000. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. *J Am Dent Assoc*, 131(9), 1269-1277.
- Moörmann WH, 2006. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*, 137, 7S - 13S.
- Moraes RR, de Moraes RR, Marimon JLM, Schneider LFJ, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L, Bueno M, 2008. Effects of 6 Months of Aging in Water on Hardness and Surface Roughness of Two Microhybrid Dental Composites. *J Prosthodont (C. 17, Sayı 4, ss. 323-326)*.
- Mori AA, Lima FF, Benetti AR, Terada RSS, Fujimaki M, Pascotto RC, 2016. Susceptibility to coffee staining during enamel remineralization following the in-office bleaching technique: An in situ assessment. *J Esthet Restor Dent*, 28, S23-S31.
- Mortazavi V, Fathi M, Soltani F, 2011. Effect of Postoperative Bleaching on Microleakage of Etch-and-Rinse and Self-etch Adhesives. *J Dent Res* 8(1), 16-21.
- Moszner N, Klapdohr S. 2004. Nanotechnology for dental composites. *Int J Nanotechnol* 1(1-2), 130-156.
- Mujdeci A, Gokay O, 2006. Effect of bleaching agents on the microhardness of tooth-colored restorative materials. *J Prosthodont* 95(4), 286-289.
- Munsell AH, 1912. A Pigment Color System and Notation. *AJP*, 23(2), 236-244.
- Muraguchi K, Shigenobu S, Suzuki S, Tanaka T, 2007. Improvement of bonding to bleached bovine tooth surfaces by ascorbic acid treatment. *Dent Mater*, 26(6), 875-881.
- Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Semiz M, 2005. Color stability of a dental composite after immersion in various media. *Dent Mater*, 24(3), 382-390.
- Nguyen JF, Migonney V, Ruse ND, Sadoun M, 2013. Properties of experimental urethane dimethacrylate-based dental resin composite blocks obtained via thermo-polymerization under high pressure. *Dent Mater*, 29(5), 535-541.
- O'Brien WJ, 2002. Dental materials and their selection, 2002. *Quintessence: Excellence in Environmental Contamination & Toxicology*.
- Ourique SAM, Arrais CAG, Cassoni A, Ota-Tsuzuki C, Rodrigues JA, 2011. Effects of different concentrations of carbamide peroxide and bleaching periods on the roughness of dental ceramics. *Braz Oral Res*, 25(5), 453-458.
- Øysaed H, Ruyter IE, 1986. Composites for use in posterior teeth: Mechanical properties tested under dry and wet conditions. *İçinde J. Biomed Mater Res (C. 20, Sayı 2, ss. 261-271)*.
- Ozakar-Ilday N, Zorba YO, Yildiz M, Erdem V, Seven N, Demirbuga S, 2013. Three-year clinical performance of two indirect composite inlays compared to direct composite restorations. *Med. Oral Patol. (ss. e521-e528)*.
- Özduman ZC, Çelik Ç, 2017. Tooth discolorations and bleaching treatments. *Yeditepe Dental Journal*, 13(1), 37-44.
- Özkan P, Kansu G, Özak ST, Kurtulmuş-Yılmaz, S, Kansu P, 2013. Effect of bleaching agents and whitening dentifrices on the surface roughness of human teeth enamel. *Acta Odontol Scand*, 71(3-4), 488-497.

- Paravina RD, Powers JM, 2004. *Esthetic Color Training in Dentistry*. Elsevier Mosby.
- Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N, 2004. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *IJPRD*, 24(3), 222-231.
- Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B, 2010. Two-year clinical evaluation of a self-adhesive luting agent for ceramic inlays. *J Adhes Dent* 12(2), 151-161.
- Pfennig A, 1995. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4th Ed., Vol. 10.M. *Howe-Grant* (C. 67, Sayı 3, ss. 352-353).
- Pieniak D, Walczak A, Walczak M, Przystupa K, Niewczas AM, 2020. Hardness and Wear Resistance of Dental Biomedical Nanomaterials in a Humid Environment with Non-Stationary Temperatures. *Materials* (C.13 sayı.5)
- Piontek, M. C., & Roos, W. H. (2018). Atomic Force Microscopy: An Introduction. *Single Molecule Analysis* (ss.243-258)
- Plotino G, Buono Grande NM, Pameijer CH, Somma F, 2008. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod*, 34(4), 394-407.
- Polydorou O, Hellwig E, Auschill TM, 2006. The effect of different bleaching agents on the surface texture of restorative materials. *Oper Dent* 31(4), 473-480.
- Powell LV, Bales DJ, 1991. Tooth bleaching: its effect on oral tissues. *J Am Dent Assoc* , 122(11), 50-54.
- Pradeep K, 2015. Effects of bleaching agents on the microhardness and surface roughness of bulk fill composites. *World J. Dent.* 8 (3):196-201
- Prajapati A, Mody DR, Choudhary AB, 2014. Dentistry Goes Digital: A Cad-Cam Way- A Review Article. *IOSR-JDMS*, (C.13 sayı 8)
- Qasim S, Ramakrishnaiah R, Alkheriaf AA, Zafar MS, 2016. Influence of various bleaching regimes on surface roughness of resin composite and ceramic dental biomaterials. *Eur J Eng Educ*, 24(2), 153-161.
- Quek SHQ, Yap AUJ, Rosa V, Tan KBC, Teoh KH, 2018. Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *J Esthet Restor Dent* , 30(2), E9-E17.
- Raigrodski AJ, Chiche GJ, 2001. The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent*, 86(5), 520-525.
- Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P, 2005. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci.* 113(2), 174-179.
- Rezaei Sofi L, Khamverdi Z, Kasraei S, Vahdatinia F, Nasr, 2015. The effect of hydrogen peroxide 35% on surface roughness of silorane and methacrylate based composites. *AJCM*, 22(1), 23-29.
- Rezende M, Loguercio AD, Kossatz S, Reis A, 2016, Predictive factors on the efficacy and risk/intensity of tooth sensitivity of dental bleaching: A multi regression and logistic analysis. *J Dent*, 45, 1-6.
- Rodrigues JA, Oliveira GPF, Amaral CM, 2007. Effect of thickener agents on dental enamel microhardness submitted to at-home bleaching. *Braz Oral Res* , 21(2), 170-175.
- Rueggeberg FA 2002. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*, 87(4), 364-379.

- Ruyter IE, Oysaed H, 1987. Composites for use in posterior teeth: composition and conversion. *J Biomed Mater Res* 21(1), 11-23.
- Şakar-Deliormanlı A, Güden M, 2006. Microhardness and fracture toughness of dental materials by indentation method. *J Biomed. Mater Res (C. 76B, Sayı 2, ss. 257-264).*
- Sasahara RMC, Ribeiro F. da C, Cesar PF, Yoshimura, HN, 2006. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Oper Dent* 31(5), 577-583.
- Sasaki RT, Flório FM, Basting RT, 2009. Effect of 10% sodium ascorbate and 10% alpha-tocopherol in different formulations on the shear bond strength of enamel and dentin submitted to a home-use bleaching treatment. *Oper Dent*, 34(6), 746-752.
- Seghi RR, Denry I, 1992. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. *J Dent Res*, 71(6), 1340-1344.
- Sen D, Göller G, Işsever H, 2002. The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resins. *J Prosthet Dent*, 88(5), 527-532.
- Serin-Kalay T, Zaim B, 2022. How a 16% Carbamide peroxide home Bleaching agent affects the surface properties of chairside CAD/CAM materials? *Odovtos-Int J Dent Sc*, 24(2), 57-68.
- Shahdad SA, McCabe JF, Bull S, Rusby S, Wassell RW, 2007. Hardness measured with traditional Vickers and Martens hardness methods. *Dent Mater*, 23(9), 1079-1085.
- Sideridou ID, Karabela MM, 2011. Sorption of water, ethanol or ethanol/water solutions by light-cured dental dimethacrylate resins. *Dent Mater*, 27(10), 1003-1010.
- Sideridou ID, Karabela MM, Micheliou CN, Karagiannidis PG, Logothetidis S, 2009. Physical properties of a hybrid and a nanohybrid dental light-cured resin composite. *J Biomater Sci. Polym Ed*, 20(13), 1831-1844.
- Sideridou ID, Karabela MM, Spyroudi CS, 2009. Dynamic Mechanical Analysis of a Hybrid and a Nanohybrid Light-Cured Dental Resin Composite. *J Biomater Sci Polym Ed (C. 20, Sayı 12, ss. 1797-1808).*
- Söderholm KJ, Roberts MJ, 1990. Influence of water exposure on the tensile strength of composites. *J Dent Res* 69(12), 1812-1816.
- Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M, 1984. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res* 63(10), 1248-1254.
- Stein PS, Sullivan J, Haubenreich JE, Osborne PB, 2005. Composite resin in medicine and dentistry. *J Long-Term Eff Med Implants*, 15(6), 641-654.
- Suliman M, 2005. An Overview of Bleaching Techniques: 2. Night Guard Vital Bleaching and Non-Vital Bleaching. *Dent Update*, (C. 32, Sayı 1, ss. 39-46).
- Tantbiroj D, Versluis A, Cheng Y-S, Douglas WH, 2003. Fracture toughness and microhardness of a composite: do they correlate? *J Dent*, 31(2), 89-95.
- Tatol M, Mokrzycki W, (t.y.). Color difference Delta EA survey Colour difference Δ EA survey. *Mach Graph Vis*.
- Tavares BG, França FM, Basting RT, Turssi CP, Amaral FL, 2020. Effect of bleaching protocols on surface roughness and color change of high- and low-viscosity bulk-fill composite resins. *: AOL*, 33(2), 59-68.

- Terry DA, Geller W, Tric O, Anderson MJ, Tourville M, Kobashigawa A, 2002. Anatomical form defines color: function, form, and aesthetics. *PPAD*, 14(1), 59-67; quiz 68.
- Tholt de Vasconcellos B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M, 2006. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent* 31(4), 442-449.
- Tinastepe N, Malkondu O, Iscan I, Kazazoglu E, 2021. Effect of home and over the contour bleaching on stainability of CAD/CAM esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent*, 33(2), 303-313.
- Tjan AH, Chan CA. 1989. The polishability of posterior composites. *J Prosthet Dent*, 61(2), 138-146.
- Touati B, Aidan N, 1997. Second Generation Laboratory Composite Resins for Indirect Restorations. *J Esthet Restor Dent*, (C. 9, Sayı 3, ss. 108-118).
- Türker SB, Biskin T, 2002. The effect of bleaching agents on the microhardness of dental aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil*, 29(7), 657-661.
- Turker SB, Biskin T, 2003. Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. *J Prosthet Dent*, 89(5), 466-473.
- Türkmen C, Güteryüz N, Atalı PY, 2016. Effect of sodium ascorbate and delayed treatment on the shear bond strength of composite resin to enamel following bleaching. *Niger J Clin Pract*, 19(1), 91-98. 8(2), 89-96.
- Ünver S, Yildirim AZ, 2022. Effect of Home Bleaching Agents on Color Stability and Surface Roughness of Hybrid Ceramics: An in vitro study. *Int J prosthodont*, 35(5), 660-665.
- van der Reijden W A, Buijs MJ, Damen JJ, Veerman EC, ten Cate JM, Nieuw Amerongen AV, 1997. Influence of polymers for use in saliva substitutes on de- and remineralization of enamel in vitro. *Caries Res*. 31(3), 216-223.
- van Dijken JW, 2000. Direct resin composite inlays/onlays: an 11 year follow-up. *J Dent*, 28(5), 299-306.
- Van Noort R, (t.y.). Resin composites and polyacid-modified resin composites. *Van Noort R. Introduction to dental materials. St Louis*.
- Van Noort R, 2014. *Introduction to Dental Materials- E-Book: Introduction to Dental Materials - E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Van Noort, R., & Barbour, M. (2014). *Introduction to Dental Material- E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM, 2006. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent*, 95(2), 137-142.
- Viscio D, Gaffar A, Fakhry-Smith S, Xu T, 2000. Present and future technologies of tooth whitening. *Compend contin educ dent*, 28, S36-S43; quiz S49.
- Walsh LJ, Brostek AM, 2013. Minimum intervention dentistry principles and objectives. *Compend. contin. educ*. 58 *Suppl 1*, 3-16.
- Watanabe H, Khera SC, Vargas MA, Qian F, 2008. Fracture toughness comparison of six resin composites. *Dent Mater*, 24(3), 418-425.
- Watts D, Grey N, Silikas N, Grey NN, Silikas NN, 2013. *Physical, mechanical and surface properties of dental resin-composites*. *Manch Med J*, 213079

- Weiger R, Kuhn A, Löst C, 1994. In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *J Endod*, 20(7), 338-341.
- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH, 1995. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehabil*, 22(6), 421-427.
- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH, 1999. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. *Dent Mater*, 15(2), 79-86.
- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF, 1995. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *İçinde J Oral Rehabil*, (C. 22, Sayı 6, ss. 421-427).
- Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF, 1996. Surface texture changes of a composite brushed with “tooth whitening” dentifrices. *Dent Mater*, 12(5), 315-318.
- Wiegand A, Drebenstedt S, Roos M, Magalhães AC, Attin, T, 2008. 12-Month color stability of enamel, dentine, and enamel–dentine samples after bleaching. *Clin Oral Investig* 12(4), 303-310.
- Wilson KS, Antonucci JM, 2006. Interphase structure–property relationships in thermoset dimethacrylate nanocomposites. *Dent Mater*, (C. 22, Sayı 11, ss. 995-1001).
- Yanikoğlu ND, Sakarya RE, 2020. Test methods used in the evaluation of the structure features of the restorative materials: a literature review. *J Mater Res Technol*, (C. 9, Sayı 5, ss. 9720-9734).
- Yap AUJ, Wang X, Wu X, Chung SM, 2004. Comparative hardness and modulus of tooth-colored restoratives: a depth-sensing microindentation study. *Biomaterials*, 25(11), 2179-2185.
- Yap AU, Seneviratne C, 2001. Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Oper Dent*, 26(5), 460-466.
- Yikilgan İ, Kamak H, Akgul S, Ozcan S, Bala O, 2017. Effects of three different bleaching agents on microhardness and roughness of composite sample surfaces finished with different polishing techniques. *J Clin.Exp Dent* 9(3), e460-e465.
- Yu H, Zhang C-Y, Wang Y-N, Cheng H, 2018. Hydrogen peroxide bleaching induces changes in the physical properties of dental restorative materials: Effects of study protocols. *J Esthet Restor Dent*, 30(2), E52-E60.
- Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, Kielbassa AM, 2007. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dent Mater*, 23(2), 243-250.
- Zapletalová Z, Kubínek R, Vůjtek M, Novotný R, 2004. Examination of Dentin Surface Using AFM (Our Experience). *Acta med (Hradec Kral.)*. (C. 47, Sayı 4, ss. 343-346).