



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**DİREKT KOMPOZİT VENEER MATERYALİ
OLARAK KULLANILAN KOMPOZİTLERİN RENK
STABİLİTESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

OĞuzhan BALDIRAN

**Samsun
Ekim-2021**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**DİREKT KOMPOZİT VENEER MATERYALİ
OLARAK KULLANILAN KOMPOZİTLERİN RENK
STABİLİTESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

OĞuzhan BALDIRAN

DanıŐman: Prof. Dr. Ertan ERTAŞ

**Samsun
Ekim-2021**

T.C

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Uzmanlık öğrencisi Dt. Oğuzhan BALDIRAN tarafından Prof. Dr. Ertan ERTAŞ danışmanlığında hazırlanan “Direkt Kompozit Veneer Materyali Olarak Kullanılan Kompozitlerin Renk Stabilitesi ve Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 08/10/2021 tarihinde yapılan sınav ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ertan ERTAŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye: Prof. Dr. Eda GÜLER

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye: Doç. Dr. Serdar Akarsu

Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Bu tez, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalınca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

...../...../2021

Prof. Dr. Nilüfer ÖZKAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, bana destek olan ve yol gösteren tez danışmanım Sayın **Prof. Dr. Ertan ERTAŞ'** a,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda görev yapan değerli hocalarım, Sayın **Prof. Dr. Eda GÜLER'** e, **Doç. Dr. Emel KARAMAN'** a, **Doç. Dr. Nihan GÖNÜLOL'** a ve **Doç. Dr. Fikret YILMAZ'** a,

Deney çalışmalarımın yüzey görüntüleme aşamalarında bana yardımcı olan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden **Doç. Dr. Fikret YILMAZ'** a,

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalıştığım ve desteğini gördüğüm **tüm asistan arkadaşlarıma,**

Sadece varlıklarıyla bile her zaman yanımda hissettiğim ve bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem **Şenay BALDIRAN,** babam **Şerif BALDIRAN,** kardeşim **Kağan BALDIRAN'** a ve canım eşim **Merve YAĞIZ BALDIRAN'** a

Teşekkür Ederim

Bu çalışma, PYO.DIS.1904.20.001 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

DİREKT KOMPOZİT VENEER MATERYALİ OLARAK KULLANILAN KOMPOZİTLERİN RENK STABİLİTESİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, direkt kompozit veneer restorasyonlarda kullanılan geleneksel kompozit rezin materyaller ile enjekte edilebilen iki kompozit rezin materyalin renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğü açısından incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Üç adet geleneksel estetik kompozit (Estelite Asteria, CeramX SphereTEC One, Essentia) ve iki adet enjekte edilebilen kompozit (G-aenial Universal Flo ve G-aenial Universal Injectable) kullanılarak toplam 200 adet örnek hazırlandı. Yirmi eşit gruba ayrılan (n=10) örnekler 37 °C’de 14 gün boyunca 4 farklı içecekte (kahve, çay, kola ve distile su (kontrol)) bekletildi. Örneklerin renk ölçümleri içeceklerde bekletilmeden önce ve 1, 7 ve 14. günlerde bir spektrofotometre cihazıyla yapıldı. Ölçümler sonrası, örneklerin renk değişimleri(ΔE_{00}) CIEDE2000 renk sistemi yardımıyla hesaplandı. Her gruptan rastgele ikişer adet olmak üzere seçilmiş 40 adet örnek polisaj sonrası Atomik Kuvvet Mikroskopu ile yüzey pürüzlülüğü ve morfolojisi açısından değerlendirildi. İstatistik analizleri için SPSS programında üç yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırmalar için Tukey ve Kruskal Wallis testleri kullanıldı.

Bulgular: İçecekler ve içeceklerde bekletilen zamanların kompozit rezinlerin renk değişim değerlerine etkisi anlamlı bulunmuştur($p<0,001$). Kompozit rezin materyaller içerisinde renk stabilitesi açısından en yüksek başarıyı Asteria ($\Delta E_{00}=1,53$) gösterirken en düşük başarıyı Essentia ($\Delta E_{00}=6,36$) göstermiştir. Polisaj sonrası kompozit rezin gruplarının yüzey pürüzlülük değerlerinin arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($p=0,021$).

Sonuç: İçecekler ve içeceklerde bekletme zamanları kompozit rezinlerin renk değişimini etkilemektedir. Enjekte edilebilen kompozit rezin olan G-aenial Universal Flo ve G-aenial Universal Injectable, Asteria’dan sonra en iyi renk stabilitesi gösteren materyaller olmuştur.

Anahtar Kelimeler: enjekte edilebilen kompozit, renklenme, yüzey pürüzlülüğü

Oğuzhan BALDIRAN, Uzmanlık Tezi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi- Samsun, Ekim 2021

ABSTRACT

EVALUATION OF COLOR STABILITY AND SURFACE ROUGHNESS OF COMPOSITES USED AS DIRECT COMPOSITE VENEER MATERIAL

Aim: The aim of this study is to investigate the color stability and surface roughness of conventional composite resin materials and two injectable composite resin materials used in direct composite veneer restorations.

Materials and Methods: A two-hundred samples were prepared from three conventional aesthetic composites (Estelite Asteria, CeramX SphereTEC One, Essentia) and two injectable composites (G-aenial Universal Flo and G-aenial Universal Injectable) with a diameter of 8 mm and a thickness of 2 mm. Samples divided into 20 equal groups (n=10) were kept in 4 different beverages (coffee, tea, cola and distilled water (control)) for 14 days at 37 °C. Color measurements of the samples were made with a spectrophotometer before they were kept in beverages and on days 1, 7 and 14. After the measurements, the color changes (ΔE_{00}) of the samples were calculated with the CIEDE2000 color analyzing system. After polishing, 40 randomly selected samples, two from each group, were evaluated in terms of surface roughness and surface morphology via Atomic Force Microscope. Statistical analyzes were performed with SPSS program with three-way analysis of variance and Tukey and Kruskal Wallis tests for multiple comparisons.

Results: Drinks and the storage times had a significant effect on the color change values of composite resins ($p < 0.001$). Among composite resin materials, Asteria ($\Delta E_{00} = 1.53$) showed the highest success in terms of color stability, while Essentia ($\Delta E_{00} = 6.36$) showed the lowest values. A significant difference was found between the surface roughness values of the composite resin groups after polishing ($p = 0.021$).

Conclusion: Drinks and storage times in beverages affect the color change of composite resins. G-aenial Universal Flo and G-aenial Universal Injectable, which are injectable composite resins, are the materials that show the best color stability after Asteria.

Key words: injectable composite, discoloration, surface roughness

Oğuzhan BALDIRAN, Expertise Thesis

Ondokuz Mayıs University- Samsun, October 2021

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
=	: Eşittir
µm	: Mikrometre
a*	: CIE renk sistemi kırmızı-yeşil koordinatı
AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
AFM	: Atomik kuvvet mikroskobu (Atomic Force Microscope)
ANOVA	: Varyans analiz ölçümleri
b*	: CIE renk sistemi sarı-mavi koordinatı
Bis-EMA	: Bis-Etilen Glikol Dimetakrilat
Bis-GMA	: Bis-Fenol-A Glisidil Metakrilat
Bis-MEPP	: Bis (p-metakriloksi (etoksi)1-2 fenil)-propan
CIE	: Comission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)
dk	: Dakika
L*	: CIE sistemi renk değeri koordinatı
LED	: Light emitting diode
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
p	: İstatiksel anlamlılık
pH	: Asitlik veya Bazlık bildiren ölçü birimi
Ra	: Yüzey Pürüzlülük Değeri
RGB	: Kırmızı, yeşil, mavi renk sistemi
Rpm	: Rotation per minute (Dakikadaki devir sayısı)
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
sn	: Saniye
SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
Ss	: Standart sapma
TEGDMA	: Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	: Üretan dimetakrilat
UV	: Ultraviyole

vol%	:	Hacim yüzdesi
wt.%	:	Ağırlık yüzdesi
ΔE_{00}	:	Renk değişimi (CIEDE2000)
ΔE_{ab}	:	Renk değişimi (CIELAB)

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kompozit Resinlerin Tarihçesi.....	3
2.2. Kompozit Resinlerin Yapısı	3
2.3. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması.....	6
2.4. Laminate Veneerler	14
2.4.1. Porselen Laminate Veneerler	14
2.4.2. Kompozit Laminate Veneerler.....	15
2.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri	17
2.5.1. Görsel Ölçüm Yöntemi	17
2.5.2. Aletsel Renk Ölçüm Yöntemi	18
2.6. Diş Hekimliğinde Renk Analiz Sistemleri	22
2.6.1. Munsell Renk Analiz Sistemi	22
2.6.2. CIELAB Renk Analiz Sistemi	24
2.6.3. CIEDE2000 Renk Analiz Sistemi.....	25
2.7. Kompozit Resin Restorasyonlarda Yüzey Pürüzlülüğü	27
2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	28
2.8.1. Mekanik Profilometreler.....	28
2.8.2. Optik Profilometreler	28
2.8.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	29
2.8.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM).....	30

3. MATERYAL VE METOT	34
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyal ve Solüsyonlar	34
3.2. Örneklerin Hazırlanması	38
3.3. Örneklerle Polisaj Uygulanması	41
3.4. Örneklerin Gruplandırılması	42
3.5. Yüzey Pürüzlülüğü ve Görüntüleme Analizleri	44
3.6. Örneklerin Renklendirme Periyodu ve Ölçümleri.....	46
3.7. İstatistik Analizi.....	50
4. BULGULAR	51
4.1. Renk Değişim Değerlerinin (ΔE_{00}) Karşılaştırılması	51
4.1.1. Kompozit Rezin Grupları Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması.....	52
4.1.2. İçecekler Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması.....	52
4.1.3. Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması	52
4.1.4. Grup ve İçecek Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması	52
4.1.5. Grup ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması	53
4.1.6. İçecek ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması	53
4.1.7. Grup, İçecek ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması.....	53
4.2. Kompozit Rezin Grupları Arasındaki Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri Karşılaştırması	57
4.3. AFM Yüzey Topografya Görüntüleri.....	59
5. TARTIŞMA	62
5.1. Amaç ve Yöntemin Tartışılması.....	62
5.2. Bulguların Tartışılması	70
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
7. KAYNAKÇA	83
ÖZGEÇMİŞ.....	103

1. GİRİŞ

Günümüzde diş hekimliği artık kalıcı ve pratik estetik uygulamalara ve tedavilere yönelmektedir. Hastaların tedavilerden beklentisi sadece dişteki madde kaybının giderilmesi değil ayrıca dişlerinin estetik bir görünüme kavuşmasını da içermektedir. Diş hekimleri, konservatif estetik işlemlere zevkle vakit ayırırken, hastalar da genellikle lokal anesteziye bile ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilen bu hızlı estetik değişimlerden hoşnut kalırlar¹.

Kompozit rezinler, diş hekimlerine direkt estetik restorasyonlar uygulayabilme olanağı tanıyan çok yönlü materyallerdir. Bu materyaller, pek çok olumlu özelliklerinin yanında olumsuz özellikler de taşırlar².

Kompozit rezinlerin estetik olarak başarılı olması, yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi ile doğrudan ilişkilidir³. Yüzey pürüzlülüğü, estetik problemlerin yanı sıra, neden olduğu plak retansiyonu, yüzey renklenmesi ve sekonder çürük oluşumu ile restorasyonun klinik ömrünü de azaltmaktadır^{4, 5}. Restorasyonun uzun ömürlü olması için kompozit rezin restorasyonların bitim ve polisaj işlemlerinin uygulanması, kompozit yüzeyinin diş dokusuna benzer şekilde parlak ve pürüzsüz bir şekilde bitirilmesi ciddi önem taşımaktadır.

Kompozit materyallerin renginin uzun dönemde ağız ortamından etkilenmemesi gerekmektedir. Ayrıca bu materyaller renk uyumu ve stabilitesi bakımından doğal diş görünümünü taklit etmelidir. Ancak kompozit materyallerin ağız ortamında renklenme eğilimleri vardır^{6, 7}.

Bir kompozitin rengindeki değişim birçok faktöre bağlıdır ve materyalin içsel ve dışsal renk değişikliği ile ilişkilidir. İçsel renklenmeler, hem rezin matrisinin hem de matris / partikül arayüzünün kimyasal stabilitesindeki değişiklikleri içerirken, dışsal renklenmeler, gıda ve sigara ile ilgili eksojen kaynakların emiliminden meydana gelir⁸.

Son zamanlarda “üniversal” adeziv ve kompozit kavramlarının diş hekimliği alanında yaygınlaşmasıyla bu ürünlerin piyasada artması ve çeşitlenmesi söz konusudur. “Üniversal” kavramıyla piyasaya sürülen kompozit rezinler, ağız içerisinde geniş endikasyon yelpazesi ile tüm bölgelerde farklı tür restorasyon uygulamalarına olanak tanımaktadır. Bu ürün çeşitlerinden biri olan universal enjekte edilebilen kompozitler, yeni bir uygulama olan injection moulding yöntemi^{9, 10} sayesinde ön bölgede hızlı ve pratik bir şekilde direkt olarak diş dokusuna uygulanabilmektedir. Ancak renk değişimi

konusunda zaten hassas olan direkt kompozit rezin materyalleri içerisinde bu ürünlerin kullanımını ne derece başarılıdır belirsizdir. Bu materyaller ile yapılan restorasyonların uzun dönem sağkalım durumları hakkında bir çalışma literatürde de mevcut değildir.

Bu sebeple çalışmamızda, günümüzde estetik uygulamaların başında gelen direkt kompozit veneer restorasyonlarda sıklıkla kullanılan geleneksel kompozit rezin materyallerin renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğünün enjekte edilebilen iki kompozit rezin materyal ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızın sıfır hipotezleri, (1) inorganik doldurucu oranı yüksek olan kompozit rezinlerin renk stabilitesinin de yüksek olacağı, (2) kompozit rezinlerin polisaj sonrası yüzey pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir fark ortaya çıkmayacağıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinlerin Tarihçesi

Terminolojik olarak “Kompozit” kelimesi, farklı yapı ve özelliklere sahip en az iki materyalin belirgin fazlar oluşturacak şekilde karıştırılması ile elde edilen ürün manasına gelmektedir¹¹.

Bir “dental kompozit” geleneksel olarak silikat cam partiküllerinin akrilik monomer ile karışması ve uygulama sonrasında polimerize olması ile meydana gelmektedir¹.

Kompozit rezinler, 1940'larda mevcut olan tek estetik materyal olan silikat simanların yerini alan akrilik rezinlerin dezavantajlarını en aza indirmek için restoratif diş hekimliği alanına kazandırılmıştır. 1955'te Buonocore, akrilik rezinlerin mine yüzeyine adezyonunu iyileştirmek için ortofosforik asit kullanmıştır. 1962'de Dr. Ray L. Bowen, akrilik rezinlerin fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla “Bowen Rezini” olarak da adlandırılan Bis-GMA monomerini geliştirmiştir¹¹⁻¹³. Dr. Ray L. Bowen epoksi rezinlerde bulunan epoksi grupları yerine metakrilat gruplarını kullanarak Bis-Fenol-A glisidil metakrilat (Bis-GMA) monomerini elde etmiş ve bu monomer içerisine inorganik doldurucular ilave ederek ilk kompozit rezinleri geliştirmiştir^{14, 15}.

Günümüzde kompozit rezin materyaller çeşitli renk ve bölge seçenekleriyle, diş dokularına bağlanabilmeleri, konservatif kavite preperasyonuna izin vermeleri, küçük kütleler halinde kaviteye yerleştirilebilmeleri, kalan diş dokusunu destekleyebilmeleri, tek seansta tedavinin tamamlanabilmeleri, hem fiziksel hem de estetik beklentileri karşılayabilmeleri gibi birçok avantajı bünyesinde bulundurarak hekimler tarafından sıklıkla tercih edilen restoratif materyaller haline gelmiştir¹⁶.

2.2. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Bir kompozit rezin dört ana bileşenden oluşur:

- Organik Faz
- İnorganik Faz
- Ara Faz (Bağlayıcı Ajan)
- Başlatıcı-Hızlandırıcı sistem¹⁷.

2.2.1. Organik Faz

Bu fazda monomer, komonomer, polimerizasyon başlatıcılar, inhibitörler ve ultraviyole (UV) stabilizatörleri bulunmaktadır. Rezin matriks adı verilen bu yapı esas olarak inorganik doldurucu partikülleri sararak kompozit rezinleri meydana getirmektedirler¹⁸.

Rezin matriksi için kullanılan monomerlerin geneli dimetakrilat bileşiklerdir. Yaygın olarak kullanılan iki monomer Bis-fenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve üretan dimetakrilattır (UDMA)¹⁹. Her iki monomer de her iki uçta, serbest radikal başlatıcılar tarafından başlatılan ilave polimerizasyona girebilen reaktif karbon çift bağları içerir. Aromatik grupların kullanılması, radyopak camlar ile iyi bir kırılma indisi uyumu sağlar ve böylece kompozitler daha iyi optik özelliklere sahip olur¹⁷.

Hem Bis-GMA hem de UDMA monomerlerini birlikte kullanan ürünler de vardır. Monomerlerin, özellikle BisGMA' nın viskozitesi fazlasıyla yüksektir ve seyrelticiler eklenmelidir. Ancak bu sayede rezin karışımı dolgu ile birleştirildiğinde klinik bir kıvama ulaşabilir. Kompozit rezinlerin viskozitesini azaltmak, kıvamını kontrol edebilmek için trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) veya bis-etilen glikol dimetakrilat (Bis-EMA) gibi iki işlevli karbon çift bağlı düşük molekül ağırlıklı bileşikler üretici tarafından eklenir¹⁷. Fakat bu tarz seyreltici monomerlerin fazla kullanılması polimerizasyon büzülmesi ve marjinal boşluk oluşumu risklerini artırabilir²⁰.

Polimerizasyon büzülmesini azaltmak ve kontrol etmek amacıyla 2008 yılından itibaren piyasaya çıkarılan bazı ürünlerde çeşitli metakrilat monomerleri bulunmaktadır. Genel mantık, metakrilat grupları arasındaki mesafenin artırılmasına ve böylece daha düşük çapraz bağlantı yoğunluğuna veya monomerlerin sertliğinin artmasına dayanır. Polimerizasyon sonrası stresi azaltmak için dimer asitlerin, sikloalifatik ve ışıkla ayrılabilir birimlerin kullanımı bu örnekler arasındadır²¹.

Son zamanlarda ortaya çıkan monomer sistemlerinden biri “Siloran”dır. Siloksan ve oksiran moleküllerinden meydana gelmektedir. Siloksan kompozite hidrofobiklik sağlar. Oksiran ise katyonik polimerizasyon yoluyla halka açarak çapraz bağlanmaya maruz kalır. Bu materyallerin özel polimerizasyon ve bonding sistemleri vardır^{21, 22}.

2.2.2 İnorganik Faz

Bu faz, kompozit rezin materyallerin hacim veya ağırlık olarak büyük bir oranını oluşturan inorganik dolduruculardan meydana gelmektedir. Genellikle bu oranlar hacimce %30 ila 70 veya ağırlıkça %50 ila %85 arasındadır²⁰.

Çeşitli şekil ve büyüklüklerdeki kuartz, borosilikat cam, alüminyum silikat, lityum alüminyum silikat; baryum, stronsiyum, çinko, yitrium ve zirkonyum cam gibi inorganik doldurucu partiküller rezin matrisi içine dağılmış şekilde bulunurlar¹¹.

Bu doldurucuların temel işlevi, rezin matrisini güçlendirmek, uygun şekilde yarı saydamlık sağlamak ve polimerizasyon sırasında kompozitin hacim büzülmesini kontrol etmektir¹⁷. Doldurucu miktarı arttıkça polimerizasyon büzülmesi, ısıl genişleme katsayısı, su absorpsiyon oranı azalırken, dayanıklılık ve estetik özellikler artmaktadır. Böylece kompozit rezinin fiziksel özellikleri iyileştirilmektedir²³.

Çinko, baryum, stronsiyum, zirkonyum ve yitrium ağır metal atomları nedeniyle rezine radyoopasite kazandırır. Silika partikülleri rezine mekanik güç kazandırır ayrıca ışığı geçirir ve yayılmasını sağlar. Rezine mine tabakasına benzer bir yarı şeffaflık verir. Kristalin formu sert olduğundan rezinin bitirme işlemlerini zorlaştırmaktadır. O yüzden günümüzde silikanın nonkristalin formu kullanılmaktadır¹¹.

İnorganik doldurucuların boyutları, türleri ve miktarları kompozit rezinin tipini ve kullanım şeklini belirlemektedir. En önemli özellikler artan doldurucu parçacık yükü ile geliştirilir. Yükü en üst seviyeye çıkarabilmek için parçacık boyutları dağılımı kullanılır. Büyük doldurucuların yanına giderek daha küçük boyuttaki doldurucular eklenebileceğinden maksimum yükleme elde edilir. Küçük partiküllerin kullanılması sayesinde estetik özellikler geliştirilebilmektedir²⁰. Ayrıca partikül büyüklükleri kompozit rezinin bitirme ve polisaj sonrası yüzey pürüzlülük düzeyini belirlemektedir²⁴.

2.2.3.Ara Faz (Bağlayıcı Ajan)

Kompozit rezinlerde organik rezin matrisi ile inorganik doldurucular arasında iyi bir bağlantıya gereksinim vardır. Bu bağlantı ara faz (bağlayıcı ajan) ile sağlanır. Bir organosilan (genellikle silan olarak anılır) olan bağlayıcı ajan, reaksiyona girmemiş monomer karışımı ile karıştırılmadan önce üretici tarafından inorganik doldurucuların yüzeylerine uygulanır. Molekülün bir ucu, inorganik doldurucularla hidrolize olan ve reaksiyona giren fonksiyonel gruplar (metoksi gibi) içerir ve diğer ucunda monomerlerle kopolimerleşen bir metakrilat çift bağı vardır^{17, 25}.

Silan ile inorganik doldurucular ve organik rezin matrisi birbirlerine bağlamanın temel amacı, kompozit rezinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmektir. Silan bu özelliği sayesinde doldurucu ile rezin matris ara yüzeyindeki rezin kırılmasına sebep olan hidrolitik kırılmayı engelleyerek, doldurucu ile rezin matris arasında stres transferine izin verir²⁶. Bu sayede rezinin çözünürlüğü ve su emilimi azaltılmış olur^{11, 27}.

2.2.4. Başlatıcı-Hızlandırıcı Sistem

Kompozitlerin polimerizasyonu ışıkla, kimyasal yolla veya her ikisiyle birlikte tetiklenir. Işık aktivasyonu, üretim işlemi esnasında monomer karışımına %0,1 ila %1 arasında değişen oranlarda eklenen kamforkinon gibi bir foto duyarlılaştırıcı tarafından emilen yaklaşık 465 nm'lik bir dalga boyunda mavi ışıkla gerçekleştirilir. Işığın etkisiyle kamferokinon harekete geçmekte, amin ile reaksiyona girip serbest radikaller oluşturmaktadır. Kimyasal aktivasyon, oda sıcaklığında, organik bir peroksit (evrensel macun) ile reaksiyona giren organik bir amin (katalizör macunu) ile serbest radikaller üretmek için gerçekleştirilir, bu da karbon çift bağlarına saldırarak polimerizasyona neden olur.

Ayrıca rezinlerin renk değişikliğini en aza indirmek için UV stabilizatörleri ve kompozitin raf ömrünü uzatmak için çeşitli inhibitörler de kompozit rezinlerin içerisine eklenmektedir.

2.3. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması

Günümüzde kompozit rezin materyallerin hızlı bir şekilde gelişim göstermesiyle birlikte birçok sınıflamadan bahsetmek mümkündür. İnorganik doldurucu büyüklüğü ve yüzdelerine, polimerizasyon yöntemlerine ve viskozitelerine göre sınıflandırmaları sıklıkla kullanılan sınıflandırma yöntemleridir²⁴.

2.3.1. Kompozit Resinlerin İnorganik Doldurucu Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması

Günümüzde en sık kullanılan sınıflandırma inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre yaptığı sınıflandırmadır^{14, 28, 29}. Kompozit rezinlerin partikül büyüklüklerine göre sınıflandırılmasının önemi; içerdiği doldurucu partikül

büyükliğünün kompozitin estetiğini, polimerizasyon derinliğini ve fiziksel özelliklerini belirlemesidir³⁰.

İlk kompozit rezin materyallerinde oldukça büyük doldurucular kullanılmış ve "makrofil" kompozit rezinler olarak adlandırılmıştır. Estetik kompozit bonding popüler hale geldikçe, üreticiler "mikrofil" kompozit rezinler adı verilen çok daha küçük doldurucu partiküllere sahip kompozit rezin materyalleri geliştirmişlerdir. Modern kompozit rezin materyalleri, çeşitli farklı boyutlarda doldurucu partikülleri içermektedir ve "hibrit" kompozit rezinler olarak adlandırılmaktadır. Evrimsel eğilim, gittikçe daha çok küçülen doldurucu partiküllere sahip hibrit kompozit rezin materyalleri geliştirmek yönünde olmuştur. Bu nedenle, çağdaş hibrit kompozit rezin materyalleri, "mikro hibrit" ve "nano hibrit" kompozit rezin materyalleri alt gruplarını oluşturmaktadır^{18,31}.

Megafil Kompozitler

Doldurucu partikül büyüklükleri 50-100 µm boyutları arasındadır. Günümüzde kullanılmamaktadır²⁴.

Makrofil (Geleneksel) Kompozitler

Makrofil kompozit rezin veya geleneksel kompozit rezin, kuvars, stronsiyum veya baryum camı içermektedir. Doldurucu partikül büyüklükleri 10-100 µm arasındadır. Büyük küresel veya düzensiz şekilli, sert partiküller içermektedir. Bu nedenle polisaj yapılması zordur ve temas sırasında antagonist dişin aşınmasına neden olabilmektedir. Bu materyallerin doldurucuları oldukça sert olduğu için polisaj yapıldıkça matriks aşınmakta ve kompozitin yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Ayrıca renklenme önemli bir sorun teşkil etmektedir^{14, 17, 18, 32}.

Midifil Kompozitler

Doldurucu partikül büyüklükleri 1-10 µm arasındadır. Bu kompozitler makrofil kompozitlere oranla daha iyi polisajlanabilmektedir. Ancak benzer dezavantajlara sahip olduğundan günümüzde kullanımı yoktur²⁴.

Minifil Kompozitler

Doldurucu partikül büyüklükleri 0,1-1 µm arasındadır. Doldurucu partikülleri daha küçük olduğundan makrofil kompozitlere oranla daha düzgün yüzey elde

edilebilmektedir. Ayrıca aşınma direnci artmış ve materyal daha radyopak hale gelmiştir. Ancak çığneme kuvvetlerine karşı dirençleri yeterli değildir²⁴.

Mikrofil Kompozitler

1970'li yıllarının sonuna doğru geliştirilen mikrofil kompozit rezinlerin doldurucu partikül büyüklükleri 0,01-0,1 µm arasındadır. Yaklaşık 0,04 µm büyüklüğünde kolloidal silika partiküllerinden oluşmaktadır. Doldurucu partikül miktarı makrofil kompozitlere oranla daha az olup, partikül yüzdesi %30 ila %60 aralığındadır. Kolloidal silika ve Bis-GMA içeren prepolimerlerden elde edilen mikro büyüklükteki partiküllerin matrikse eklenmesiyle bu oranlar %70-80 civarına çıkarılabilmektedir.

Makrofil kompozitlere oranla bitirme ve polisaj işlemlerinde daha düzgün yüzeyler elde edilebildiği için polisajlanabilir kompozitler olarak anılırlar. Organik rezin matriks ve doldurucu partiküllerin aşınma hızları benzerdir. Küçük partiküllerin ışık kırılma indeksinin mine dokusuna yakın olması bu kompozitlerin estetik bir görünüm almasını sağlamaktadır. Estetik özelliklerinin ön planda olmasından dolayı stres almayan ön bölge restorasyonlarında kullanımları uygundur. Bu nedenle sınıf 3, 5 ve labial veneer restorasyonlarda güvenli bir şekilde kullanılabilirler^{11, 20}. Ancak kırılma dirençleri iyi olmadığından sınıf 2 ve 4 gibi stres alan bölgelerde marjinal kenarlarda veya kütleli kırılmalar gözlemlenebilir²⁶. Bunun sebebi de prepolimerize partiküller ile organik polimer arasındaki bağlantının zayıf olmasıdır¹¹.

Hibrit ve Mikrohibrit Kompozitler

1980'li yılların sonlarına doğru geliştirilmiştir. Farklı büyüklüklerdeki doldurucu partiküllerin kullanılması ile elde edilen kompozitlerdir. İki doldurucu türünün kombinasyonu sağlanarak, makro moleküllü kompozit rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini mikrofil kompozit rezinin pürüzsüz polisaj yüzeyi ile birleştirmeyi amaçlamaktadır³².

Hibrit kompozitlerde makro partiküllerin boyutu 2-4 µm, çoğunluğu silika olan mikro partiküllerin boyutu ise 0,04-0,2 µm arasında değişmektedir¹⁷. Hibrit kompozit türünün belirlenmesinde büyük partikül rol oynar. Bu kompozitler dayanıklı ve aşınma direncine sahip olduklarından sınıf 1 ve 2 kavitelede, mikrofil kompozit rezinler kadar iyi polisajlanabildiğinden sınıf 3 ve 4 ile labial veneer restorasyonlarda da tercih

edilebilmektedir. Ayrıca stres alan bölgelerde de güvenli bir şekilde kullanılabilir^{2, 11}.

Mikrohibrit kompozitlerde, daha düşük bir ortalama parçacık boyutuna (0,04-1 µm) sahip ince partiküller, mikro ince silika ile birleştirilmektedir. İnce partiküller, cam (örneğin, borosilikat cam, lityum veya baryum alüminyum silikat cam, stronsiyum veya çinko cam), kuvars veya seramik malzemelerin öğütülmesi ile elde edilebilmektedir. Doldurucu partiküllerinin dağılımı, kompozitin iyi işlenmesini sağlarken mümkün olan en yüksek doldurucu oranına ulaşmasını sağlar. Mikrohibrit kompozitler, hacimce % 60 ila % 70, ağırlıkça % 77 ila % 84 oranında doldurucu içermektedir¹⁷.

Nanofil Kompozitler

Günümüzde nanoteknolojinin diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanmasıyla doldurucu büyüklüğü 1 ila 100 nm arasında değişen nanofil kompozitler ortaya çıkmıştır^{17, 20}. Nanofil kompozitlerin partikül büyüklükleri, ışığın dalga boyundan daha küçük olması sebebiyle görünür ışıktaki absorbe olma veya saçılma gibi etkileşimlerde bulunmamaktadır. Ayrıca partikül büyüklükleri sayesinde organik yapı ile temas eden yüzey alanı arttığı için inorganik ve organik yapının bağlantısının daha kuvvetli olduğu bildirilmektedir³³.

Bu kompozitlerin doldurucuları nanopartiküllerin ve nanokümelerin benzersiz bir kombinasyonuna dayanmaktadır. Nanopartiküller, ayrı ayrı ve topaklanmamış silika partikülleridir³⁴. Bu kompozitler organik matriksin içine nanomer ve nanomer kümeleri ile beraber katılan ağırlıkça %72 ila %87 oranında olan doldurucu partiküller içermektedir³³.

Nano dolduruculu kompozitin benzersizliği, bir mikro hibritin kompozit rezinin mekanik dayanıklılığına sahip olmasına, aynı zamanda bir mikrofil kompozit rezin gibi uygulama esnasında pürüzsüzlüğünü korumasına dayanmaktadır. Nanofil kompozitler ayrıca optik özelliklerde avantajlar sağlamaktadır. Bu sayede klinisyenin son derece estetik bir restorasyon tasarlayabilmesi için çok çeşitli renk ve opasitelerin oluşturulmasına izin vermektedir¹⁷. Doldurucu oranlarının yüksek olması ve organik matriksin hacimce az olması sayesinde polimerizasyon büzülmesi ve su emilimi az olmaktadır. Stres alan bölgelerde iyi mekanik özellikler göstermektedirler^{20, 33}.

Nanohibrit Kompozitler

Nanohibrit kompozitler, kompozit dolgu materyalleri ailesine eklenen son materyaller arasındadır. Bu materyaller nanometre boyuttaki partikül eklenmiş büyük doldurucu partiküllerden (0,4-5 µm) oluşmaktadır¹⁷. Özellikle universal kompozitler olarak pazarlanmaktadır. Kullanımları ve estetik nitelikleri onları anterior bölgeye uygun hale getirirken, mikro boyutlu partiküllerle serpiştirilmiş nano kümeleri onlara kabul edilebilir aşınma özellikleri sağlamaktadır³⁵. Nanohibrit kompozitler hibrit ve mikrohibrit kompozitlere benzer fiziksel özellik ve aşınma direnci gösterirken, mikrofil kompozitler gibi yüksek translüensi ve pürüzsüzlük de sergilerler. Bundan dolayı, güncel literatürde dayanıklılık ve estetik özellikleri nedeniyle, hem anterior hem posterior restorasyonlarda kullanımları sıklıkla önerilmektedir^{36,37}.

2.3.2. Viskozitelerine Göre Kompozit Sınıflandırması

Akışkan (Flowable) Kompozit Rezinler

Akışkan kompozitler, diş hekimliğinde 1996 yılından beri artan bir ilgi ile kullanılmaktadır. Doldurucu partikül oranları ağırlıkça %45-67 arasında değişen düşük viskoziteli hibrit kompozitlerdir^{24,38}.

Akışkan kompozitlerin partikül boyutları ile dağılımları hibrit kompozitlere benzerdir ve yoğunluğun azaltılması için doldurucu partikül miktarları azaltılmış ve rezin miktarları artırılmıştır. Doldurucu partikülleri az miktarda olduğu için aşınma dirençleri zayıftır ve yüksek polimerizasyon büzülmesi göstermektedirler. Isısal genleşme katsayıları yüksektir. Uygulama yönteminin şırınga sistemi şeklinde olması kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Işıkla polimerize olan bu kompozit rezinler düşük viskoziteleri sayesinde akıcı kıvamdadır ve bu özellikleri sayesinde kaviteletin zor ulaşılan alanlarına bile kolaylıkla uygulanabilmektedir. Ancak akıcı kıvamları yüzünden uygulama sırasında kontrol edilmeleri ve kullanılan el aletlerinin yüzeyine yapıştığından manipülasyonları zordur³⁹⁻⁴¹.

Genellikle ilk kuşak akışkan kompozitlerin mekanik özellikleri normal hibrit kompozitlerinkinden daha düşük seviyededir. Bu kompozit rezinler; pit ve fissür gibi dar alanlarda, dentin hassasiyetinin giderilmesinde, amalgam, kompozit ve sabit protez restorasyonlarda oluşan kenar kırıklarının tamir edilmesinde, elastisite modülü düşük olduğundan servikal abfraksiyon vakalarında, mine defektlerinde, girişin zor olduğu

küçük kavitelere başarı ile kullanılabilir. Ayrıca kompozit rezin restorasyonların altında liner şeklinde stres kırıcı işlev gördüğü ve kavite duvarlarına uygulanmasının daha iyi bir adaptasyon kazandırdığı belirtilmiştir^{1, 2, 11}.

Yeni nesil akışkan kompozitler, geleneksel üniversal kompozitlerden biraz daha düşük bir hacim yükünde nano doldurucu partiküller içermektedir. Daha yüksek doldurucu içeriğine sahip olan bu kompozitler daha iyi mekanik özellikler sağlamaktadır. Tüm sınıf restorasyonlar için önerilmekte ve kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır^{1, 17, 42}.

Kondanse Edilebilen (Packable) Kompozit Reziner

Geleneksel kompozitlerin inorganik doldurucu partikül oranlarının artırılmasıyla amalgam gibi kondanse edilebilen yoğun kıvamlı kompozitler üretilmiştir. Amalgama yakın basınç uygulanacak şekilde düz yüzeyli aletler kullanılarak kavitelere uygulanabilir. Bu sebeple bu kompozitlere “sıkıştırılabilen kompozitler” de denilmektedir¹.

Bu kompozitler posterior direk rezin restorasyonlar için geliştirilmiş olup sınıf 1 ve 2 kavitelere kullanılması tavsiye edilmektedir. Özellikle sınıf 2 bir kavitede matris bandını genişleterek başarılı interproksimal temaslar oluşturulabilmektedir⁴³. Hacimce %66 ila %70 doldurucuya sahip (gözenekli veya düzensiz partiküller) ışıkla etkinleşen dimetakrilat rezinlerden oluşmaktadır. Doldurucu partiküllerinin hibrit kompozitlerden daha büyük olmasından dolayı polisaj sonrası restorasyon yüzeylerinin pürüzlü olma riski vardır. El aletlerine yapışmadan uygulanabilmesi, iyi bir kontakt ve polimerizasyon derinliği sağlaması, düşük polimerizasyon büzülmesi, radyoopasiteye sahip olması ve aşınma hızının yavaş olması gibi avantajlara sahiptir^{11, 17, 44}.

2.3.3. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozit Resin Sınıflandırması

Kompozit rezinler polimerizasyon yöntemlerine göre 3 kategoriye ayrılmaktadır:

- Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Reziner
- Görünür Işıqla Polimerize Olan Kompozit Reziner
- Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıqla Polimerize Olan (Dual Cure)

Kompozit Reziner

Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Çift patlı sistemlerdir. Her biri farklı pat içeren iki tüpten (baz ve katalizör) oluşmaktadır. Polimerizasyon iki patın karıştırılması ile başlamaktadır. Patların her biri hacimsel olarak organik monomer ve inorganik doldurucu partiküllerin yarısını içermektedirler. Patlardan birinin içeriğinde polimerizasyonu başlatan benzoil peroksit bulunmaktadır. Diğer patın içeriğinde ise polimerizasyonu hızlandıran tersiyer aromatik amin bulunmaktadır. Baz ve katalizör patları karıştırma kağıdı üzerinde eşit miktarda alınarak karıştırılır ve böylece amin ile benzoil peroksit tepkimeye girerek polimerizasyonun başlaması sağlanmaktadır. Karıştırmanın başlamasıyla uygulayan kişinin polimerizasyon tamamlanmadan kondensasyon için belirli bir süresi vardır. Homojen bir karışım sağlanamaz ise polimerizasyon da homojen olamayacağı için kompozit rezinin fiziksel özellikleri olumsuz yönde etkilenir. Çalışma süresi ve rezinlerin oranı polimerizasyon büzülmesini etkilemektedir. Kompozit kitesinin uniform bir sertleşme göstermesi, polimerizasyon büzülmesine ve marjinal bölgelerde stres oluşumuna sebep olmaktadır. Uygulama sırasında hava kabarcıklarının oluşması da kütle merkezine doğru büzülmeyi artırmaktadır. İçeriğinde bulunan tersiyer aromatik aminlerin ağız içerisinde kimyasal değişikliğe uğramasıyla amin renklenmesi gözlenmektedir. Amin renklenmesini U.V. ışınları, nem ve oksidasyon hızlandırmaktadır^{11, 20, 45}.

Görünür Işıqla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

İlk defa 1972 yılında kullanıma sunulan U.V. ışıkla polimerizasyonun (365 nm) hastaya ve hekime zarar verebileceği düşüncesi ve yetersiz polimerizasyon derinliği sağlanması nedeniyle günümüzde görünür ışığın kullanımına geçilmiştir⁴⁶.

Günümüzde çoğunlukla tercih edilen görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler tek patlı sistemlerdir ve karıştırılmaya ihtiyaç duymazlar. Görünür ışık polimerizasyon sisteminin bileşenleri, tersiyer amin gibi indirgeyici ajanlarla beraber kullanılan görünür mavi ışığa duyarlı bir diketon olan kamforokinondan oluşmaktadır^{24, 47}. Kamforokinona uygun ortalama 425 ila 495 nm dalga boyları arasında mavi görünür ışık absorbe olduğu zaman diketon ve amin kompleksi aktive olur ve rezinin polimerizasyonu başlatılmış olmaktadır⁴⁶. Bu amaçla kullanılabilen görünür ışık kaynakları LED, kuartz-tungsten halojen, plazma ark, diyot ve argon lazerlerdir^{17, 20, 47}.

Yeterli bir polimerizasyon için görünür ışık kaynağının en az 300 mW/cm² 'lik ışık yoğunluğuna sahip olması gerekmektedir⁴⁸.

Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler genellikle opak veya siyah tüpler içerisinde tekli veya çoklu kullanıma uygun şekilde satılmaktadırlar. Işık görmedikleri sürece bileşiklerin tüpte birlikte bulunmalarına rağmen polimerizasyonları başlamamaktadır. Kompozit rezinin ışıktan etkilenmemesi için tüp kapakları kullanım süresi dışında kapalı tutulmalıdır²⁴.

Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler; çalışma süresinin hekim tarafından kontrol edilebilmesi, daha düzgün yüzeyler elde edilebilmesi, bitirme işlemlerinin kısa sürede tamamlanabilmesi, kaviteye küçük parçalar halinde uygulandığından (inkremental teknik) daha az polimerizasyon büzülmesi göstermesi ve tam polimerizasyon sayesinde renk stabilizasyonu sağlaması gibi birçok avantaja sahiptir. Avantajlarının yanında birtakım dezavantajlara da sahiptirler. Polimerizasyonun başlaması ile rezinlerin büzülmesinin ışık kaynağına doğru olması kenar uyumu problemlerine neden olmaktadır. Rezin kavite tabanından özellikle de gingival duvardan ayrılma eğilimine sahiptir. Asitle pürüzlendirme ve bonding uygulamaları sayesinde bu durum az da olsa önlenmektedir²⁴. Yeterli penetrasyon derinliğine sahip olmadığından 2 mm kalınlıktaki tabakalar halinde kavitelere yerleştirilmekte ve büyük restorasyonların yapımı zaman almaktadır²⁰. Ancak bu durumun aşılabilmesi için son zamanlarda kompozitlerin kaviteye daha büyük kalınlıklarda uygulanabilmesini sağlayan “Bulk-fill” kompozitler geliştirilmiştir⁴⁹. Ayrıca polimerizasyon esnasında serbest radikallerin havadaki oksijenle etkileşime girmesi sonucunda rezinin en üst katmanında polimerize olmamış bağlanmaya katkısı tartışmalı olan oksijen inhibisyon tabakası oluşmaktadır. Bitirme ve polisaj işlemleri ile bu tabakanın uzaklaştırılmasının gerektiği bildirilmiştir^{24, 50}.

Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıklı Polimerize Olan (Dual Cure) Kompozit Rezinler

Kimyasal ve ışıkla polimerizasyon bileşenlerini aynı rezinde birleştirilerek polimerizasyon derinliği gibi bazı sorunların üstesinden gelmek amaçlanmıştır. Dual cure kompozit rezinlerin kimyasal polimerizasyon hızları düşüktür. Fakat daha sonra polimerizasyon, amin/kamforokinon kombinasyonu ile desteklenerek ışıkla polimerizasyon yoluyla “komut” üzerine hızlandırılmaktadır. Bu sistemin en büyük

avantajı ışıkla polimerizasyon yetersiz olsa bile polimerizasyon tamamlanmaktadır. En büyük dezavantajı ise karıştırma işleminin neden olduğu pörozitedir. Ancak şırıngaların kullanımı ile bu pörozite büyük oranda hafifletilmiştir. Polimerizasyonun tam olarak sağlanamayacağından endişe duyulan kavitelere, derin kavitelere ve giriş yolunun sıkıntılı olduğu interproksimal bölgelerde tercih edilebilmektedir^{1, 11, 20}.

2.4. Laminate Veneerler

Laminate veneerler, dişlerin vestibül yüzeylerine mevcut anomali, estetik sorunların ve renklenmelerin giderilmesi amacıyla uygulanabilen bir restorasyon çeşididir. Estetik ve fonksiyonel sorunları gidermek amacıyla sabit protetik tedavilere alternatif olarak sunulmuştur⁵¹.

Ön dişlere laminate veneer restorasyonları ilk olarak Hollywood sanatçılarının estetik sorunlarını çözmek adına 1937'de Dr. Charles Pincus tarafından uygulanmıştır^{10, 52}. 1970'lerin başlarında akrilik prefabrik laminate veneerler tanımlanmıştır. 1970'li yılların ortalarına gelindiğinde ise ön bölgede bulunan dişlerde ilk kez rezin bağlantılı seramikler kullanılmaya başlanmıştır⁵³.

Laminate veneer restorasyonlar direkt ve indirekt olmak üzere iki çeşit teknik uygulamaya sahiptir. Bu teknikler parsiyel veya tam veneer uygulaması şeklinde de olabilmektedir. Kullanılan materyale bağlı olarak, bu restorasyonlar akrilik rezin, rezin kompozit ve porselen olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. Genellikle akrilik veneer restorasyonlar estetik beklentileri yeterince karşılayamamaktadır. Düşük dayanıklılığa ve yüksek su emme özelliklerine sahip olduklarından günümüzde artık kullanım alanları yoktur⁵⁴.

2.4.1. Porselen Laminate Veneerler

Porselen laminate veneer restorasyonları son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Su emme dirençleri, yüksek renk kararlılıkları, biyouyumlu olmaları, aşınmaya karşı dirençli olmaları, estetik beklentileri fazlasıyla karşılayabilmeleri gibi avantajlarıyla günümüzde kliniklerde sıklıkla uygulanmaktadır. Fakat bu avantajlarının dışında pahalı olmaları, özel bir preparasyon gerektirmeleri, teknik hassasiyet içermesi, endikasyon hatalarının olması, laboratuvar prosedürleri, gerekli birçok hasta başı seansı, tamir edilememeleri gibi dezavantajlara da sahiptirler⁵⁵⁻⁵⁷.

2.4.2. Kompozit Laminate Veneerler

Adeziv ve kompozit sistem ve tekniklerinin zaman içerisinde gelişimiyle birlikte kompozit laminate veneer uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır⁵⁸. 1980'li yıllara gelindiğinde mikrodolduruculu kompozitlerin gelişmesiyle birlikte kompozit rezin veneerlerin popülaritesi artmış ancak rezinlerde zamanla renk değişimleri gözlenmiştir. Hibrit ve nano dolduruculu kompozitlerin piyasaya sürülmesiyle restorasyonlarda daha az renklenme ve daha iyi mekanik özellikler sağlanmıştır. Günümüzde kompozit veneer restorasyonlarda mikrohibrit, nanohibrit ve nanodolduruculu kompozitler kullanılmaktadır. Kompozit laminate veneer restorasyonlarının renklenmelerde, boyut ve pozisyon anomalilerinde, aşınmış ve kırık dişlerde, diastema vakalarında kullanımları endikedir. Oklüzyon problemleri olan hastalarda, madde kaybının fazla olduğu dişlerde, aşırı malpoze dişlerde, parafonksiyonel alışkanlıklarda, aşırı simetri ve estetik takıntısı olan hastalarda ise kullanımları kontrendikedir¹⁰.

Kompozit Laminate veneerler; Direkt ve İndirekt kompozit laminate veneerler olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır:

Direkt Kompozit Laminate Veneerler:

Direkt Kompozit Veneer, bir kompozit rezin materyalin prepare edilmiş veya edilmemiş diş yüzeylerine doğrudan adeziv tekniklerle uygulanmasıdır⁵⁹.

Çoğu durumda diş preparasyonu gerektirmemesi, indirekt teknikler ve diğer protez yaklaşımlarına kıyasla hastalar için daha düşük maliyet sağlaması, tek seansta bitirilebilmesi, antagonist dişlerde aşınmaya sebep olmaması, tedavinin geri döndürülebilirliği ve ek bir adeziv simantasyon sistemine gerek duymaması bu tekniğin bazı avantajları arasındadır⁶⁰. Direkt laminate veneerlerin ağız içi düzeltme ve polisajı nispeten kolaydır ve restorasyon üzerindeki herhangi bir çatlak veya kırık onarılabilir ve marjinal adaptasyon, indirekt laminate veneer restorasyonlara göre daha iyi sağlanmaktadır. Ancak direkt kompozit laminate veneerler; aşınma, yetersiz renk stabilitesi ve kırılmalara karşı düşük direnç gibi ana dezavantajlara sahiptir⁶¹. Uygulamanın hekimin el becerisi ve bilgi düzeyine dayalı olması da ayrı bir dezavantaj olabilmektedir.

Uygulama esnasında diş preparasyonunun derinliği vakaya göre değişmektedir. Diş aks değişimini veya çürük lezyonun temizlenmesini gerektiren durumlarda dentin

tabakasına kadar preparasyon gerekirken bazı vakalarda hiç preparasyon yapılmadan da direkt kompozit veneer uygulaması yapılabilmektedir. Preparasyon sonrası diş yüzeyinin hazırlanması için asit ve adeziv uygulaması üretici firma talimatlarına uygun şekilde yapılmaktadır. Asitleme süreleri, preparasyon varlığına ve uygulanan sistemin asiditesine göre değişmektedir¹⁰.

Kompozit rezinin diş yüzeyine uygulanması 3 şekilde yapılabilmektedir:

- **Tek Kompozit Uygulaması:** Bir kompozit rezinin ağız spatülü ve kompozit fırçası yardımı ile diş yüzeyine uygulanıp şekillendirilmesidir¹⁰.

- **Tabakalama Yöntemi:** İki veya daha fazla tür (dentin, mine, opak vb.) ve renk tonundaki kompozit rezinin diş yüzeyine tabakalanarak uygulanmasıdır. Bu uygulama sayesinde mine ve dentin görünümü doğala yakın sağlanabilmektedir¹⁰.

- **Injection Moulding (Enjekte Edilebilen Kompozit Rezine) Yöntemi:** Son zamanlarda yüksek dolduruculu akışkan kompozitlerin piyasaya sürülmesi ile estetik restorasyonlarda bu tür materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Şeffaf ölçü materyali ile model elde edilerek model dişler üzerine uygulanmaktadır. Bu modele insizal bölgeden delik açılarak akışkan yüksek dolduruculu universal bir kompozit ilgili alana enjekte edilebilmektedir. Moulding tekniği, dişlerde preparasyon gerektirmemesi, diğer protetik uygulamalara göre maliyetinin düşük olması, hasta başında geçirilen süreyi kısaltması ve standart görünümlü restorasyonlar ortaya çıkarması gibi avantajlara sahiptir. Birkaç klinik uygulama ve takip çalışmasına rağmen bu restorasyonların uygulama sınırları ve uzun süreli materyal başarısı henüz net belirlenmemiştir^{9, 62, 63}.

İndirekt Kompozit Laminate Veneerler

İndirekt Kompozit Veneer, hastadan elde edilen çalışma modelleri üzerinde veya fabrikasyon olarak hazırlanmış kompozit materyalin dişe uyumlandırılarak bir adeziv ajan ile simante edilmesi esasına dayanmaktadır⁶⁰. Direkt tekniklerin hasta başı uygulama zorluklarının üstesinden gelebilmek için kompozitlerin laboratuvar ortamında hazırlanmasına olanak tanıyan bir tekniktir. Cad-Cam sistemleri de indirekt kompozit veneer uygulamalarında kullanılabilir⁶⁴.

Polimerizasyonları ısı ve ışık altında özel cihazlarda yapıldığı zaman monomerlerin polimerlere dönüşümleri daha fazla gerçekleşebilmektedir. Bu optimize edilmiş dönüşüm artan aşınma direnci, polimerizasyon büzülmesi kontrolü, renk kararlılığı ve gelişmiş fiziksel özelliklerle sonuçlanmaktadır. Direkt teknikle yapılan

restorasyonlara göre daha pahalı ve uzun süren bir uygulama olsalar da porselen türevleriyle karşılaştırıldığında daha ekonomiktirler. Mine tabakasının ışık yansıtma özellikleri ve renk kararlılıkları porselen kadar iyi değildir. Estetik özellikleri porselen veneerlerden daha düşük düzeyde olsa da indirekt kompozit veneerler kolayca bitirilebilir ve cilalanabilir. Adezyon potansiyelinden veya mekanik özelliklerinden ödün vermeden adezyon öncesi değiştirilebilmektedir^{65, 66}.

2.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Tespit Yöntemleri

Diş hekimliği alanında renk tespit yöntemleri ikiye ayrılmaktadır:

- Görsel Ölçüm Yöntemi
- Aletsel Ölçüm Yöntemi⁶⁷.

2.5.1. Görsel Ölçüm Yöntemi

Görsel ölçüm, dişler ve renk skalaları arasındaki karşılaştırmanın bir gözlemci tarafından yapılmasına dayanan bir yöntemdir^{68, 69}. Bu yöntemde diş ve renk skalası aynı ışık kaynağı altında aynı gözlemci tarafından subjektif olarak değerlendirilmektedir. Kliniklerde genellikle bu yöntemin kullanılmasına rağmen görsel ölçüm yöntemi güvenilir ve tutarlı sonuçlar vermemektedir. İnsan gözünün en küçük renk farklılıklarını dahi ayırt etme kapasitesine rağmen gözlemi yapan klinisyenin uyarana verdiği psikolojik ve fizyolojik yanıtlara bağlı olarak sonuçlar değişebilmektedir. Rengin algılanması; ışığın şiddetine, gözlemcinin renk algısı, yaşı, mesleki tecrübesi, yorgunluk durumu ve göz problemlerine, obje ve aydınlatma şartlarına, metamerizm ve dişin yüzey özellikleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır^{70, 71}.

Görsel ölçüm yönteminin sağladığı avantaj ve dezavantajlar şunlardır;

Avantaj;

- Renk tespit süresi çok kısadır ve yöntemin maliyeti düşüktür.

Dezavantaj;

• Renk skalasında bulunan materyallerin renkleri restorasyon yapılacak doğal dişlerin bütün renklerini kapsamamaktadır.

• Klinisyenler arasında veya aynı klinisyende dahi aynı gün içerisinde, farklı ölçüm saatlerinde seçilen renkler arasında uyumsuzluk olabilmektedir.

- Elde edilen sonuçları CIE renk sistemine dönüştürmek olanaksızdır.

- Kontrol edilemeyen fiziksel ve psikolojik faktörler nedeniyle renk ölçümlerinde standardizasyon sağlanamamaktadır^{68, 69, 72}.

Görsel renk seçimi için yaygın olarak renk skalaları kullanılmaktadır⁷³. Doğal dişlerin rengini tespit etmek için kullanılan renk skalaları, restorasyonların doğal dişlerle aynı renk ve estetikte olmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Seçilecek olan renk skalası; mantıksal sıralama, renk aralığında yeterli dağılım, doğal diş uyumu, skalaların kendi arasında ve porselen, kompozit gibi dental materyaller arasında tutarlılığı sağlaması gibi belirgin özelliklere sahip olmak durumundadır⁷⁴.

En sık kullanılan skalalara Vita Classical (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Vitapan 3D-ShadeMaster (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Chromascop (Ivoclar-Vivadent, New York, ABD) ve kişisel skalalar örnek olarak verilebilir^{75, 76}. Vita Classical'da ana renkler, harflerle kategorize edilmiştir (A: Turuncu, B: Sarı, C: sarı-gri, D: Turuncu-gri). Yoğunluk ve parlaklık rakamlarla ifade edilmiştir (1; En az yoğunluk, en yüksek parlaklık düzeyi, 4; En yüksek yoğunluk, en düşük parlaklık düzeyi). Son dönemde Vita Classical skalası parlaklığa göre yeniden düzenlenmiştir (B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4, C3, A4, C4). Özellikle açık renklerde insan gözü parlaklık değişimlerini daha hassas bir şekilde algılamaktadır. Chromascop Sistemi renkleri tanımlamak için harf yerine numaralar (100 – Beyaz, 200 – Sarı, 300 –Turuncu, 400 – Gri, 500 – Kahverengi) kullanmaktadır. Vitapan 3D-ShadeMaster (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), geleneksel harf/numara sınıflandırmasından farklı, parlaklık değerinin ön planda olduğu ve 26 renk seçeneğine sahip özel bir sistemdir^{71, 76, 77}.

2.5.2. Aletsel Renk Ölçüm Yöntemi

Diş hekimliği uygulamalarında son zamanlarda insanın görsel sistemini taklit ederek rengi algılayan ve rengin farklı özelliklerini matematiksel ifadelere çeviren cihazlar geliştirilmiştir. Renk ölçüm cihazlarının kullanımı ile daha objektif, doğru, tutarlı, tekrarlanabilir ve hızlı ölçümler yapılabilmektedir⁶⁷. Renk ölçümünde cihaz kullanmanın sağladığı en büyük avantaj nesnelliğin ortadan kalkmasıdır⁷⁸. Bununla birlikte cihaz ile yapılan ölçümlerin görsel ölçüme nazaran daha maliyetli olması ve doğru kalibre edilmezlerse hatalı sonuçlara sebebiyet verebilmeleri gibi dezavantajları da mevcuttur⁷⁹.

Renk ölçüm amacıyla kullanıma sunulan cihazlar şunlardır;

- Dijital Kamera ve Görüntüleme Yöntemleri
- Kolorimetreler
- Spektrometreler
- Spektrofotometreler^{73, 76, 79, 80}.

Dijital Kamera ve Görüntüleme Yöntemleri

Dijital kamera ve video sistemlerini içeren bu cihazlar son dönemlerde teknolojinin hızlı gelişimiyle beraber popüler hale gelmişlerdir. Dijital kameralar, elektronik renk ölçümü için en temel yaklaşımdır ama yine de belirli bir dereceye kadar subjektif renk seçimi gerektirmektedir. Tek başına bir renk ölçüm yeteneği olmayan bu cihazlarla hasta başında elde edilen dijital görüntünün kameranın bağlandığı bir bilgisayar ortamı aracılığıyla analizi sağlanabilmektedir. Her piksel için kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) renk değerleriyle temsil edilen görüntüler ortaya çıkmaktadır. Bu değerler bir bilgisayar yazılımı vasıtasıyla matematiksel modelleme aracılığıyla cihazdan bağımsız renk sistemlerine (CIE XYZ, CIE LAB vb.) dönüştürülebilmektedir^{68, 81}.

Bu sistemlerin sağladığı en önemli avantaj, obje üzerinde tek bir bölge değil objenin bütün görünümünü elde edilerek ölçüm yapılabilmesidir. Ayrıca dijital fotoğraf ve sistemlerinin kullanımı, hekim ve teknisyen iletişimini kolaylaştıran etkili bir yöntem olmaktadır. Dijital fotoğraflarla renk belirleme kolay ve etkin bir yol olmasına rağmen bu sistemlerin hassasiyet ve doğruluğu, kameranın tipi ve kalitesinden, ortamdaki ışık koşullarından ve görüntü oluşturma metodlarından etkilenmektedir^{68, 77}.

Kolorimetreler

Kolorimetreler, bir objeden yansıyan ışığı görünür spektrumun kırmızı, yeşil ve mavi alanlarına filtreleyerek tristimulus değerlerini (CIE XYZ) ölçer ve tipik bir şekilde bunları CIELAB değerlerine dönüştürür. Temel optik elementleri; bir ışık kaynağı ve CIE renk eşleştirme işlevleriyle veya bunların doğrusal bir kombinasyonu ile yakın eşleşmeye sahip olması amaçlanan, insan gözünde bulunan konik tipteki hücrelere benzer şekilde üç ayrı filtreden oluşan bir detektörü içerir^{68, 79}.

Avantajları;

- Kullanımları kolaydır.
- Maliyetleri Spektrofotometre cihazlarına oranla düşüktür.

- Benzer renk ölçümleri arasındaki küçük farklılıklar tespit edilebilmektedir^{69, 79, 82}.

Dezavantajları;

- Tek bir açı ve ışık altında ölçüm yapılabilmektedir.
- Düz yüzeyleri ölçmek için tasarlanan bu cihazlar dış yüzeyi ve dış yüzey anomaliliklerini ölçmeye pek uygun değildir.

- Yarı saydam yüzey yapısında, ışığın kırılarak dağılması nedeniyle yanlış sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

- Filtrelerin eskimesi sebebiyle cihazın hassasiyeti ve ölçümlerin tekrar edilebilirliği düşük olmaktadır. Bu nedenle farklı zamanlarda yapılan ölçümler tutarlı olmayabilir^{69, 79, 83}.

Spektroradyometreler

Spektroradyometreler, görünür spektrum boyunca nesnelere yayılan veya yansıyan radyometrik değerlerin ölçümü için tasarlanmıştır. Bu değerler objeye; renk, doku, parlaklık ve görünüş gibi özellikleri veren kendine özgü kimyasal yapılarından kaynaklanmaktadır. Renk ölçüm uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadırlar. Renk ölçüm değerleri, çeşitli renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB ve CIEDE2000) dönüştürülebilmektedir^{77, 79}.

Avantajları;

- İnsan gözüne benzer şekilde objeye temas etmeden ölçüm sağlayabilmektedir.

- Işık kaynağı, cihaz ve obje arasında açıklık olmadığından objeye gölge düşmez ve kenar kaybı etkisi önlenir.

- Dış renginin veya yarı saydamlığının belirlenmesinde kullanılabilir. Rengin tüm formlarını ölçebilmektedir^{69, 79, 84, 85}.

Dezavantajları;

- Yüksek kullanım hassasiyetine sahip olmaları nedeniyle ölçüm açısındaki küçük bir değişiklikte dahi sonuçlarda farklılıklar ortaya çıkabilir^{69, 79, 84, 85}.

Spektrofotometreler

Spektrofotometreler; profesyonel anlamda bilimsel çalışmalarda, kalite denetiminde ve rengin tarif edilmesinde kullanılmaktadırlar. Dış hekimliği

uygulamalarında genel renk değeriendirilmesi ve karşılaştırması amacıyla kullanılan en doğru, kullanımını kolay ve esnek cihazlar arasındadır^{71, 86}. Bu cihazlar kompozit rezinlerin, protetik restorasyonların, renk anahtarlarının, dental materyallerin renklerinin sayısal değerielerini bulmak ve iki veya daha fazla obje arasındaki renk farkını değeriendirmek amacıyla kullanılabilir⁸². Bu alanda en yaygın kullanım şekli yüzey renk değeriendirmesidir⁶⁹.

Spektrofotometreler, tüm görünür spektrumda bulunan her renk tonu(hue), parlaklığı(value) ve yoğunluğu(chroma) için bir obje tarafından yansıtılan veya iletilen görünür radyant enerji miktarını tek seferde ölçebilmekte ve bunları kaydedebilmektedir^{76, 87-89}. Çalışma prensibi objeden yansıyan ışığın cihazdan gelen beyaz referans ışığa oranının ölçülmesidir. Objeden yansıyan ışığı görünür spektrumda 1-25nm'lik aralıklarla ölçebilmektedir^{69, 70, 90}. Cihazda bir ışık kaynağı, monokromatör ve dedektör bulunmaktadır. Bir çok dalga boyunda ölçüm yapabilen sensörlerle donatılan bu cihazlar insan gözüyle tespit edilemeyen renkleri ayırt edebilmektedir⁶⁸.

Bu cihazlara Vita Easyshade, Easyshade Compact ve Easyshade Advance (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), Crystal Eye (Olympus, Tokyo, Japonya), Shade-X (X-Rite, Michigan, ABD) ve SpectroShade Micro (MHT, Verona, İtalya) gibi örnekler verilebilir^{68, 91-93}.

Avantajları;

- Objektif bir uygulama sağlar.
- Klinik ve deneysel kullanıma uygundur.
- Standardizasyonun sağlandığı koşullarda hatasız sonuçlar verebilmektedir.

- Uzun dönem çalışmalarda tekrar edilebilir bir analiz yöntemidir.

- Metamerizmi ayırt edebilmektedirler.

• Diğer yöntemlere oranla daha güvenilir ve tutarlı sonuçlar verebilmektedir.

- Vita Classical ve 3D-Master skalalarına göre renk ölçümü verebilen cihaz, yaptığı ölçümleri kendi hafızasında saklayabilmektedir.

• Ölçülen verileri renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB veya CIELCH) ve çeşitli diş rengi değerielerine dönüştürebilmektedir. Tek bir renk veya diş yüzeyindeki ince farklılıkları haritalayabilmektedir^{68, 79, 82, 83, 94}.

Dezavantajları;

- Pahalı cihazlardır.
- Klinik uygulamalarda pratik değildirler.
- Standardizasyonu sağlamak güçtür^{68, 69, 79, 82, 87}.

2.6. Diş Hekimliğinde Renk Analiz Sistemleri

Objelerin rengini ölçebilmek ve rengi sayısal ifadelerle dönüştürebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu sayede renklerin daha doğru bir şekilde iletilmesi sağlanmaktadır. Renk farklılıklarının değerlendirilmesi amacıyla genellikle Munsell, CIELAB (Commission International del'Eclairage) ve CIEDE2000 renk sistemleri kullanılmaktadır. CIELAB ve CIEDE2000 renk sistemleri, günümüzde diş hekimliği uygulamalarında en yaygın tercih edilen renk sistemlerindedir⁹⁵⁻⁹⁸.

2.6.1. Munsell Renk Analiz Sistemi

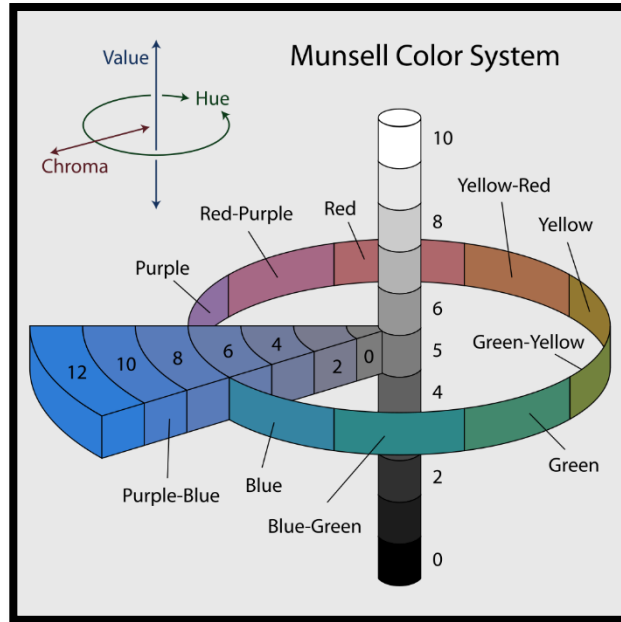
1905 yılında Ressam Albert Henry Munsell, kâğıt renk çiplerini kullanarak renkleri ve renk alanını ifade etmek için bir sistem oluşturmuştur. En eski renk sistemi olan Munsell renk sisteminin zaman içerisinde yeni versiyonları geliştirilmiştir^{99, 100}. Kullanım kolaylığı ve tutarlı olması sayesinde diş hekimliği uygulamalarındaki renk seçiminde sıklıkla kullanılan bir sistem haline gelmiştir⁹⁷. Munsell rengi; ton (hue), parlaklık(value) ve yoğunluk(chroma) olmak üzere 3 boyutlu küre benzeri bir sistem olarak tanımlanmış ve Munsell notasyonu (Şekil 1) olarak adlandırılan H V/C biçiminde yazılmıştır¹⁰¹. Bu üç değer sayesinde renk, sistemin skala aralığında sayısal olarak açıklanabilir hale gelmektedir. Fakat bu renk sisteminde renk farklılıklarını tanımlamak mümkün değildir¹⁰².

Ton (Hue): Kırmızıyı yeşil, mavi, sarı ve benzerlerinden ayırdığımız rengin niteliği olarak tanımlanmaktadır. Rengin kendisidir. Özel bir dalga boyundaki ışığın retina üzerine etkisi ile algılanmaktadır. Kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor rengi ana tonlar olarak adlandırmaktadır. Bunlara 5 adet ara ton (sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi) dahil olmak üzere toplam 10 adet renk yatay eksenindeki bir daire şeklinde tanımlanmıştır. Renk tonu, Vita skalasında A, B, C veya D harfleri ile temsil edilir^{71, 103-105}.

Parlaklık (Value): Bir rengin açıklık ve koyuluk derecesini belirleyen değer olarak tanımlanmaktadır. Parlaklık değerlerini; saf siyah olan 0 numara ve saf beyaz

olan 10 numara arasında değişen gri tonları oluşturmaktadır. Parlak objeler daha az griye sahipken parlak olmayan objeler daha fazla griye sahiptir ve koyu görünümlüdür. Doğal dişin parlaklık değeri 4 ve 8 numara arasında değişmektedir. Renk sistemindeki dairenin merkezinde beyaz, gri ve siyah akromatik bir dikey eksen şeklinde uzanmaktadır. Restoratif diş hekimliğinde parlaklık kullanımı, gri eklemeyi değil, daha çok grilik miktarını artırmak veya azaltmak için renkleri değiştirmeyi içermektedir^{71, 103-105}.

Yoğunluk (Chroma): Rengin gücü, yoğunluğu veya doygunluğu olarak tanımlanmaktadır. Aynı parlaklıktaki nötr renkten diğer bir rengin ayrılma derecesidir. Düşük yoğunluklu renkler zayıf, yüksek yoğunluğa sahip olan renkler ise güçlü veya canlı olarak tarif edilmektedir. Value ve chroma arasında ters bir orantı vardır. Chroma arttığı zaman value azalır. Renk sistemindeki Kroma değerleri dairenin merkezindeki eksenden daire üzerindeki saf renge doğru uzanmaktadır. Bu değerler akromatik veya gri renk (0 numara) ile yüksek yoğunluktaki renk (18 numara) arasında değişen bir skala şeklindedir. Doğal dişler için değerler 0 ile 7 arasında değişir. Renk yoğunluğu, Vita skalasında sayılarla temsil edilir^{71, 103-105}.



Şekil 1. Munsell renk sisteminin şematik diyagramı. Value, siyahtan beyaza dikey eksendedir; Hue, dikey eksen etrafında bir daire içinde hareket eder ve Chroma, değer eksenine dik olarak dışa doğru uzanır. Jacob Rus tarafından 2007 yılında hazırlanmıştır¹⁰⁰.

2.6.2. CIELAB Renk Analiz Sistemi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission International de l'Éclairage) tarafından 1931 yılında sunulan bu renk sisteminde renk, X, Y ve Z koordinatlarında belirlenmiş olup 1976 yılında bu sistem detaylandırılarak CIELAB renk sistemi (Şekil 2) ortaya konulmuştur¹⁰⁶⁻¹⁰⁸. CIELAB renk notasyonu, diş hekimliğinde hem in vivo hem de in vitro araştırmalarda ayrıca klinik uygulamalarda diş ve restorasyonların renk karakterizasyonunda en sık kullanılan sistemlerden biridir¹⁰⁹. Bu renk sisteminde tristimulus olarak belirtilen üç ana renk esas alınır. Renk belirlemek amacıyla üç parametre kullanılır: L*, a* ve b*. Bu üç koordinatın verdiği değerler bir rengin 3 boyutlu renk uzayındaki sayısal verilerini ortaya koyar¹⁰⁷.

L değeri:* Bir cismin renginin açıklık veya koyuluğunun ölçümüdür. L* değeri büyüdükçe cismin rengi parlaklaşır, renk daha parlak olur, değer düşükçe renkte koyulaşma olur. 0 değeri saf siyahlığı, 100 değeri ise saf beyazlığı temsil etmektedir.

a değeri:* Kırmızı ve yeşil renklerin eksenidir. a* değerinin pozitif olması (+ a*) kırmızı renk aralığını, a* değerinin negatif olması (- a*) ise yeşil renk aralığını göstermektedir.

b değeri:* Sarı ve mavi renklerin eksenidir. Pozitif b*(+b*) sarı renk aralığını gösterirken, negatif b*(-b*) değeri mavi renk aralığını göstermektedir^{17, 20, 89, 110}.

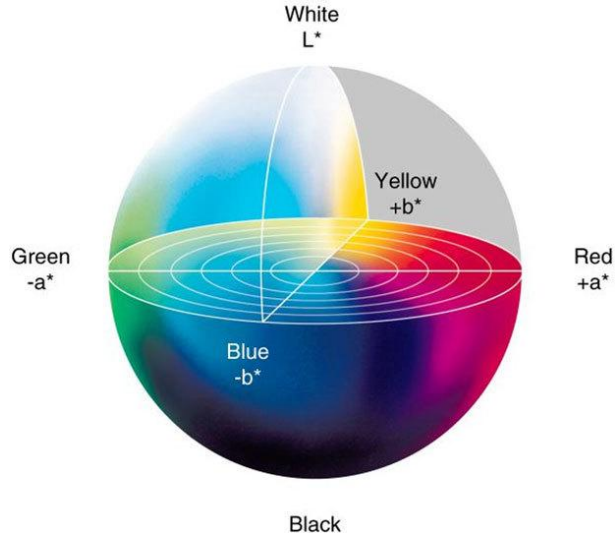
CIELAB renk sisteminin araştırmacıya sağladığı avantajlar şunlardır;

- Evrensel olarak kabul gören pratik bir renk sınıflama sistemidir.
- Tekrarlanabilir, hassas ve objektif bir sistemdir.
- Spektrofotometre gibi renk ölçüm cihazları bu sistemle uyumludur.
- Görsel renk algılaması esasına göre renk aralıklarını eşit mesafede, düzenli bir şekilde düzenleyebilmektedir.
- Görsel algıdaki seçicilik sağlayabilir ve klinik olarak anlamlı düzeyde renk farklılıklarını ifade edebilir.
- Tüm ışık kaynaklarının standardizasyonunu sağlar ve insanın görsel algılamadaki değişkenliklerini elimine edebilmektedir.
- Renk farklılıklarını sayısal değer olarak ifade edebilmektedir.
- Küçük renk değişikliklerini ayırt etmeye olanak sağlar.
- Kıyaslanan örnekler arasında renk tonu, parlaklığı ve yoğunluğu ile ilgili farklılıkları ortaya koyabilir^{79, 111-114}.

CIELAB renk sisteminde ΔE_{ab} değeri, iki obje arasında algılanan renk farklılığının derecesini ortaya koyan sayısal bir değerdir. Formülü aşağıda belirtildiği gibidir:

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2} = [(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2]^{1/2}$$

ΔE_{ab} formülünde yer alan L_1 , a_1 ve b_1 ilk ölçüm değerleri iken L_2 , a_2 ve b_2 ise ikinci ölçüm değerleridir^{70, 108, 115}. ΔE_{ab} değerinin sıfır olması bu iki rengin aynı olduğu, sıfırdan farklı olması ise renk farklılığı olduğu anlamına gelmektedir. ΔE_{ab} değeri 1'den büyükse renk değişikliği algılanmaya başlanır. Kompozit restorasyonlar için ΔE_{ab} değeri 3,7'e kadar kabul edilebilir değerlerdedir. 3,7'nin üzerindeki renk değişiminin ise klinik olarak kabul edilemez olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur^{116, 117}. Bu değer 3.3 olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur¹¹⁸. Diş hekimliği renk çalışmaları literatüründe bu konuyla ilgili kesin bir değer kanısına varılamamıştır¹¹⁹.



Şekil 2. CIELAB Renk Sistemi (Cortez ve Ark.¹²⁰ makalesinden alınmıştır.)

2.6.3. CIEDE2000 Renk Analiz Sistemi

Gözün renk farklarını ayırt edebilme yeteneği materyalin parlaklığına, doygunluğuna ve tonuna bağlıdır. Parlaklık farkı dolayısıyla oluşan renk farkını gözün algılaması zorken, ton farkı nedeniyle oluşan renk farkını algılaması daha kolay olmaktadır. Bu sebeple 2001 yılında Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission International de l'Éclairge) tarafından CIELAB formülündeki gibi tüm değişkenleri eşit değerlendirmek yerine gözün algısını daha baskın biçimde etkileyen faktörün

katsayısını ona göre belirleyerek kabul edilebilirliği ve algınabilirliği daha uygun ve doğru şekilde saptayacak olan CIEDE2000 renk formülü geliştirilmiştir. CIELAB renk sisteminin eksikliklerini gidermek amacıyla geliştirilmiş olan CIEDE2000, literatürde yeni renk sistemi olarak benimsenmiştir¹²¹⁻¹²³.

Diş hekimliği literatüründe, renk farklılıklarının değerlendirildiği birçok çalışmada, en yaygın kullanılan sistemin CIELAB olmasına rağmen, CIEDE 2000 sisteminin düşük renk farklılıklarını tespit etmede daha başarılı olduğu ve insanın renk algısını daha doğru temsil ettiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir^{124, 125}.

CIEDE2000, CIELAB sistemini temel almakla birlikte çeşitli düzenlemeler içermektedir. CIEDE2000 renk sisteminde renk farklılığını tanımlamak için ΔE_{00} değeri kullanılmaktadır ve aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.¹²¹

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

- **$\Delta L'$, $\Delta C'$ ve $\Delta H'$:** Parlaklık (Lightness), Doygunluk (Chroma) ve Ton (Hue) değerleri farkını göstermektedir.

- **S_L , S_C ve S_H :** Parlaklık (Lightness), Doygunluk (Chroma) ve Tonun (Hue) ağırlık fonksiyonlarıdır. L' , a' , b' koordinatlarındaki renk farkı çiftlerinin yerindeki değişiklikler için toplam renk farkı ayarlamasını yapar. Ton değişikliği toplam renk değişikliğini parlaklık ve doygunluktaki değişikliğe oranla daha çok etkilemektedir.

- **R_T :** Rotasyon terimidir. Mavi rengin ton ve doygunluk farklılıkları arasındaki etkileşimdir.

- **K_L , K_C ve K_H :** Deneysel koşullar için parametrik faktörlerdir. Farklı görüntüleme parametrelerini ayarlamak için kullanılır. Çalışmalarda genellikle CIE tarafından önerilen ve kabul gören parametrik faktörler değerleri ($K_L=1$, $K_C=1$ ve $K_H=1$) kullanılmaktadır¹²⁵⁻¹²⁷.

Diş hekimliği alanındaki araştırmalarda ISO/TR 28642:2016 standardına uygun şekilde Paravina ve ark.'nın¹²⁸ yaptıkları çalışmaya göre, ΔE_{00} renk değişim değeri için algılanabilirlik eşik değeri 0.8 iken; kabul edilebilirlik eşik değeri ise 1.8 olarak kabul edilmektedir. Algılanabilirlik eşik değeri , gözlemcilerin %50'si tarafından

gözle farkedilebilir renk değişim değeri iken; kabul edilebilirlik eşik değeri ise, gözlemcilerin %50'si tarafından kabul edilebilir olan renk farkı olarak tanımlanmıştır¹²⁹.

2.7. Kompozit Rezin Restorasyonlarda Yüzey Pürüzlülüğü

Kompozit rezinlerin estetik olarak başarılı olması, yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan ilişkilidir³. Yüzey pürüzlülüğü, estetik problemlerin yanı sıra, plak retansiyonu, dişeti inflamasyonu, yüzey renklenmesi ve sekonder çürük oluşumuna neden olarak restorasyonun klinik ömrünü de azaltabilmektedir^{4, 5, 130}. Ayrıca marjinal bütünlüğün bozulmasına ve restorasyonun aşınmasına sebep olabilmektedir¹³¹. Bollen ve arkadaşları¹³², 0.2µm'nin üzerindeki 2-D yüzey pürüzlülüğünün (Ra) plak birikiminin artmasına neden olduğunu ve daha yüksek çürük ve periodontal enflamasyon riski oluşmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Ayrıca Reis ve arkadaşları¹³³ pürüzlülüğün renklenme için belirleyici bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple kompozit rezin materyallerde düzgün bir yüzey elde edilebilmesi ve restorasyonun uzun ömürlülüğünün sağlanabilmesi için polisaj ve bitim işlemleri dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Polisaj ve bitim işlemleri için birçok sistem kullanılmaktadır. Bunlar arasında elmas ve tungsten karbit bitirme frezleri, lastik frezler, abraziv diskler (alüminyum oksit kaplanmış vs.), silikon karbid emdirilmiş fırçalar, şeffaf bantlar ve cila pastaları bulunmaktadır¹³⁴⁻¹³⁶.

Kompozit rezin restorasyonların yüzey pürüzlülüğü; materyalin içerdiği monomer tipi, doldurucu oranı ve boyutları, polimer matriksin silanla konversiyon derecesi, polimerizasyon derinliği ve materyale uygulanan farklı yüzey bitirme işlemleri ve uygulama şekilleri gibi birçok faktöre bağlıdır^{137, 138}. Kompozit rezin materyallerinde daha düzgün yüzey özellikleri elde edebilmek amacıyla doldurucu partiküllerin boyutlarının azaltılarak doldurucu miktarının artırılması hedeflenmektedir¹³⁹.

Ölçüm sonucu belirlenen yüzey pürüzlülüğü polisaj ve bitirme materyalleri tarafından organik matriksten uzaklaştırılan bölgeler ve bu bölgelerden kopan doldurucu partiküllerin bıraktığı boşluklardan kaynaklanmaktadır. Yüzey pürüzlülüğünü belirleyen en önemli faktör kompozit rezin materyalin içerisindeki en büyük boyuttaki doldurucu partiküllerdir. Partikül miktarı ve polisaj sonrası rezin matriksin kalkması ile geride kalan partiküllerin büyüklüğü pürüzlülüğü etkilemektedir. Kompozit rezin

restorasyonların polisajında kullanılan abrazivin kompozitteki inorganik doldurucudan daha sert olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir¹⁴⁰.

Yüzey pürüzlülüğü *mikron*(μm) ya da *grit* olarak ölçülmektedir. 1 μm ' dan az ya da 600 gritten fazla değere sahip yüzeyler mine kadar pürüzsüz olarak kabul edilmektedir. Kesici aletler genellikle grit, polisaj aletleri ise mikron cinsinden tanımlanmaktadır. Diş hekimliğinde genel olarak 300 gritten azına “*kaba (coarse)*”, 300-600 grit arası “*orta (intermediate)*” ve 600-1200 grit arası da bitim için yeterli pürüzsüzlük değeri kabul edilmektedir¹⁴¹.

2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi amacıyla birçok teknik ve cihaz kullanılmaktadır. Bu amaçla diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla kullanılan yöntemler şunlardır;

- Mekanik ve Optik Profilometreler
- Taramalı Elektron Mikroskobu
- Atomik Kuvvet Mikroskobu¹⁴².

2.8.1. Mekanik Profilometreler

İki boyutlu ölçüm yapabilen profilometrelerdir. Elmas bir uca sahip, incelenen materyale temas ederek ölçüm yapan bir cihazdır. Ölçüm sensörü bir X eksenı boyunca hareket ederken dikey Z eksenı boyunca yükseklik değişimlerini ölçmektedir. Bu sayede yüzey topografyası hakkında rakamsal ve grafiksel veriler elde edilebilmektedir. İnceleme yapılan yüzey ile sensörün okuma eksenı arasındaki paralellik çok dikkatli bir şekilde ayarlanmalıdır. 0.01 μm düzeyinde bir teknik hassasiyete sahiptir. Bu tür mekanik temas yöntemlerinde elmas ucun çapı, geometrisi, ölçüm mesafesi, örnek üzerinde oluşturduğu yük ve deformasyon ve yüzeyin pürüzlülüğü ölçüm sonuçlarını etkileyebilmektedir. Pürüzlülük düşük seviyelerde olduğunda sensörün çözünürlüğü yetersiz kalmaktadır. Bu durumda optik ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır¹⁴³⁻¹⁴⁵.

2.8.2. Optik Profilometreler

Üç boyutlu ölçüm yapabilen profilometrelerdir. İncelenen yüzeyin hem nitel hem de nicel bir analizini sağlayabilen mekanik teması olmayan bir yöntemdir. Tarama işlemini optik bir ışın demetiyle yapmaktadır. Aparat, bir iç referans noktası ile yüzeyin

noktaları arasındaki mesafeyi ölçerek çalışmaktadır. Bu yöntemin sağladığı en büyük avantaj, tarama sonrasında yüzeyin bozulmamasıdır. Dezavantajları ise; ölçümlerin örnek yüzeyinin yansıtma özelliğinden, eğiminden ve pürüzlülüğünden etkilenmesidir. Yüzey pürüzlülüğü çok fazla ise, ışık her yöne eşit olarak dağılır ve artık yüzeyin topografyasını görüntülenemez. Bu nedenle ölçümler, yalnızca çok yüksek kaliteye sahip yüzey topografyalarında yapılabilmektedir. Optik bileşenleri, yaklaşık 100 μm^2 bir alan üzerinde birkaç nanometre çözünürlük sağlayabilmektedir^{143, 144}

Profilometre ile yüzey topografyasının kalitatif değerlendirilebilmesinin yanı sıra Ra, Rz, Rmax, Rp gibi birçok kantitatif değerlerin de hesaplanması sağlanabilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bu kavramların tanımlamaları aşağıda belirtildiği gibidir:

Ra; Ortalama Yüzey Pürüzlülüğüdür. Diş hekimliği literatürlerinde en sık kullanılan parametredir. Tüm yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamının aritmetik ortalamasıdır.

Rz; Peş peşe devam eden beş en yüksek nokta ile beş en derin nokta ortalamaları arasındaki yükseklik farkıdır.

Rmax; En derin ve en yüksek nokta arasındaki mesafedir.

Rp; Merkezi çizgi ve en yüksek nokta arasındaki mesafedir¹⁴⁶⁻¹⁴⁹.

2.8.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

1962 yılından bu yana diş hekimliğinde kalitatif ve kantitatif değerlendirmelerde önemli ölçüde kullanılmaktadır¹⁵⁰. Yüzey morfolojisi ve detaylı alan derinliği bilgisini elde etmek amaçlı kullanımı oldukça uygundur^{151, 152}.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), elektron-optik denen bir mekanizma ile çalışır ve yüzeyleri taramak için elektron kaynağı kullanılır. Çalışma prensibi, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların örnek üzerine gönderilmesi ve bu elektron demetinin örnek yüzeyinin taraması esnasında elektron ve örnek atomları arasında oluşan aktiviteler sonucunda oluşan sinyallerin uygun dedektörler vasıtasıyla toplanmasına dayanır. Toplanan sinyaller, sinyal güçlendiricilerden geçtikten sonra bir katot ışınları tüpüne gönderilir ve görüntü, mikroskop yazılımı ile işlenerek bilgisayarda kaydedilir¹⁵³.

Taramalı elektron mikroskobunun diğer mikroskoplardan üstün olduğu en önemli özelliği odak derinliğidir. Elektron demeti nm boyutunda odaklanabilmektedir. Bu sayede cihaz ile elde edilen görüntüler, farklı boyuttaki büyütme oranlarında (50x – 10,000x ve fazlası) detaylı bir şekilde yüzeyin topografisi, bileşenleri ve yapısını incelemeyi mümkün kılmaktadır^{153, 154}. Mikroskopla beraber bilgisayar sistemlerinin bir arada kullanılabilmesi hem kullanım kolaylığı sağlar hem de veri toplanması ve istatistiksel hesaplama işlemlerinin hızlı bir şekilde yapılabilmesini mümkün kılar¹²⁹.

Taramalı Elektron Mikroskobunda incelenme işleminin yapılabilmesi için örneklerin iletken ve kurutulmuş olması şarttır. Metal olmayan örnekler argon gazı olan yüksek vakumlu bir ortamda ‘Kaplama’ adı verilen işlem uygulanmaktadır. Kaplama işlemi için Altın(Au) ve Palladyum (Pd) gibi metaller sıklıkla tercih edilmektedir^{148, 155}. Kurutma veya yüksek vakumun kendisi örneğin yüzeyini deforme edebilmekte veya önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Elektron ışını altında ölçüm yapıldığından ısıya duyarlı olan örneklerde dikkatli olunmalıdır. Ayrıca Kantitatif yüzey pürüzlülüğü bilgisinin SEM görüntülerinden çıkarılması zor ve karmaşıktır çünkü birçok farklı etken, görüntülerdeki kontrastı etkilemektedir (örn. keskin kenarlarda elektrik alan geliştirme, kristalografik geliştirme vs.)¹⁵⁶. Bir diğer dezavantajı da 3 boyutlu bir yüzey görüntülemesi yapamamasıdır.

2.8.4. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM), 1986 yılında Binnig, Quate, and Gerber tarafından geliştirilmiştir¹⁵⁷. Son yıllarda materyal ve medikal araştırma çalışmalarında kullanımı büyük derecede yaygınlaşmıştır. Diş hekimliği alanındaki araştırmalarda materyallerin yüzey topografyasının ve mekanik özelliklerinin değişimini 3 boyutlu şekilde nano ölçekli seviyede hem nicel hem de nitel olarak incelemek amacıyla kullanılabilen en uygun tekniklerden biridir. Yüzey topografyasını angstrom (Å) düzeyinden 100 µm’ye kadar inceleyebilen yeni nesil bir mikroskoptur. Bu cihaz ile moleküller arası kuvvetlerin nanometre (nm) seviyesinde ölçülmesi ve incelenmesi mümkün kılınmaktadır^{158, 159}.

Atomik Kuvvet Mikroskobu’nun çalışma mantığı, bir ölçüm ucu ve kantilever ile incelenecek yüzeyin üç boyutlu taranması prensibine dayanmaktadır. Cihaz esnek bir kantilever ve buna bağlı olan sivri bir uçtan oluşur. Kantilever genellikle silikon ya da

silikon nitrürdür. Nanometre ölçeğinde eğrilik yarıçapı olan bir uca sahiptir. Uç, örnek yüzeyine yakın bir mesafeye getirilince, uç ile yüzey arasındaki çeşitli kuvvetler (elektrostatik, manyetik, kılcal, Van der Waals) kantileverin bükülmesine yol açar. Genellikle kantileverdeki bükülme, kantileverin bir ucundan konuma duyarlı fotodedektöre (bir dizi fotodiyot) yansıtılan bir lazer ışını sayesinde ölçülür ve bu bükülmeler bilgisayar ortamına yüzey görüntüsü olarak aktarılır^{157, 160, 161}.

Tipik olarak örnek, “z” yönünde hareket edip yüksekliği ayarlayan, “x” ve “y” yönünde hareket edip taramayı sağlayan bir dizi piezoelektrik düzenek vasıtasıyla taranır. Uç örnek yüzeyini tararken, yüzeyin dış sınırları boyunca aşağı ve yukarı doğru hareket eder. Fotodedektör, fotodedektörün üst ve alt bölgesi arasındaki ışık yoğunluğu farkını ölçer ve sonra bu farkı voltaja dönüştürür. Bilgisayar kontrolünde, farklı fotodiode sinyalinin sağladığı negatif geri besleme mekanizması sayesinde, örnek yüzeyinde sürekli bir kuvvet ya da yükseklik sağlanmış olur^{157, 162}.

Uçta kullanılan iğne ölçüm yapılacak materyale göre değişebilmektedir. Manyetik bir örneğin ölçümünde CoCr, FeNi, Co ve SmCo ince film kaplamalı uçlar kullanılırken; elektriksel bir örneğin ölçümünde PtIr, TiN, Au ve Pt kaplamalı olan uçlar kullanılmalıdır. Uçta olan iğnenin kalınlığı genellikle 0.2 ile 10 nanometre arasındadır. Ölçüm ucunun küçük yarıçapı, dış dokuları ve kompozit materyaller gibi küçük yapıların hem morfolojisi hem de mekanik özelliklerinin nano ölçekte detaylı incelenmelerine izin verir^{161, 162}.

Atomik Kuvvet Mikroskobu ölçümleri ile 2 ve 3 boyutlu yüzey topoğrafyasının yanı sıra, yüzey pürüzlülüğü parametrelerinden minimum, maksimum, ortanca ve ortalama değerler ile Ra, Rz, Rq, Rpv, Rsk ve Rkr gibi birçok değer de ölçümlenebilmektedir.

Atomik Kuvvet Mikroskobu, kantilever ucu ve örnek arasındaki ilişkiye göre kontakt modu, nonkontakt modu ve titreşim modu olmak üzere 3 farklı çalışma moduna sahiptir;

Kontakt mod: Geliştirilen ilk çalışma modudur. Tarama yapan uç, incelenen örnek yüzeyine temas etmektedir. Gerçek anlamda atomik düzeyde ölçümler bu modda yapılır. Fakat bu çalışma şekli örnek yüzeyinde değişikliğe neden olup yanlış sonuçlar elde edilebilir. Bu yüzden sıklıkla tercih edilmez.

Nonkontakt mod: Ölçüm ucunun incelenen örnek yüzeyine atomik kuvvetlerin sayesinde temas etmeden çalıştığı modudur. Bu çalışma şeklinde incelenen örneğe zarar verilmez. Hassas ölçümlerin yapıldığı dış hekimliği araştırmalarında genellikle bu mod tercih edilmektedir.

Titreşim Modu: Burda faz görüntüleme adı verilen bir uygulama bulunmaktadır. Kantileverin faz açısı değiştirilerek örnekten daha detaylı olan faz görüntüsü elde edilebilmektedir. Bu görüntü, diğer modlar ile elde edilen topografik görüntülerden daha ayrıntılı olmaktadır. Birbirlerine yakın kimyasal yapı gösteren bölgeler tespit edilebilir fakat bu görüntünün kalitesi örneğin yüzey özelliklerine, kıvamına, elastisitesine ve kimyasal yapısından etkilenmektedir. Bu yöntemin en önemli üstünlüğü örnek yüzeyinin homojenitesini gösterebilmesidir^{161, 163, 164}.

Atomik Kuvvet Mikroskobunun deneysel kullanımının sağladığı avantaj ve dezavantajlar şunlardır;

Avantajlar;

- Minimum seviyede numune hazırlığı gerektirir. Vakum ve kaplamaya ihtiyaç duyulmaz.
- Hava ve sıvı ortamlar içerisinde çalışabilir.
- Kuvvet ve yer değiştirme ölçülebilir.
- Faz, elektrik iletkenliği ve manyetik farklılıkların ölçümü yapılabilmektedir.
- Temassız ölçüm yapabilmesinden dolayı örnek yüzeyine hasar vermeden çalışabilir.
- Oldukça yüksek çözünürlükte ve net şekilde iki ve üç boyutlu görüntüler elde edilebilir.
- İncelen yüzey morfolojisinin doğal koşulları temsil etmesi daha olasıdır.
- Elde edilen parametreler araştırma verilerinde kullanılabilir^{162, 165}

Dezavantajlar;

- Ölçüm yapacak operatörün cihaz hakkındaki bilgi ve tecrübe düzeyi yüksek olmalıdır.
- Tarama yapılan saha küçük olduğundan sonradan tekrarlanan ölçümlerde aynı sahayı yeniden bulmak zordur.

- Ölçümler hassasiyet gerektirir ve çok uzun zaman almaktadır.
- Görüntünün kalitesi cihazda kullanılan ölçüm ucunun eğrilik yarıçapıyla sınırlıdır ve piezoelektrik olay ve maddelerden etkilenebilir.

- Uçlar hassastır.
- Undercutları belirleyemez.
- Ölçüm maliyetleri çok yüksektir^{166, 167}

3.MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi Laboratuvarı ve Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarında *in vitro* koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda direkt kompozit laminate veneer materyali olarak kullanılan 5 farklı kompozit rezin materyalin renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyal ve Solüsyonlar

Bu çalışmada, ön diş bölgesinde direkt kompozit laminate veneer materyali olarak kullanılabilen 5 farklı kompozit rezin materyali ve 4 farklı renklendirici içecek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan test materyallerinden üç tanesi geleneksel estetik kompozit rezin materyallerden seçilmiş iken iki tanesi enjekte edilebilen akışkan kompozit rezin materyallerden seçilmiştir. Renklendirici içecekler ise bu materyallerin uzun vadede renk stabilitesini değerlendirmek ve bunu taklit edebilmek amacıyla insanların günlük hayatında en sık tükettiği içecekler arasından seçilmiştir. Bu materyal ve içecekler aşağıda belirtildiği gibidir;

- Estelite Asteria (Tokuyama Dental Corporation, Tokyo, Japonya) (Şekil 3)
- Ceram X SphereTEC One (Dentsply, Konstanz, Almanya) (Şekil 4)
- Essentia Enamel (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Şekil 5)
- G-aenial Universal Flo (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Enjekte edilebilen kompozit) (Şekil 6)
- G-aenial Universal Injectable (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Enjekte edilebilen kompozit) (Şekil 7)
- Kahve (Nescafe Classic, Bursa, Türkiye)
- Çay (Lipton Yellow Label Siyah Çay, Unilever)
- Kola (Coca Cola, Coca Cola Company)
- Distile Su (Kontrol)



Şekil 3. Estelite Asteria (Tokuyama Dental Corporation, Tokyo, Japonya)



Şekil 4. Ceram X SphereTEC One (Dentsply, Konstanz, Almanya)



Şekil 5. Essentia Enamel (GC Corporation, Tokyo, Japonya)



Şekil 6. G-aenial Universal Flo (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Enjekte Edilebilen Kompozit)



Şekil 7. G-aenial Universal Injectable (GC Corporation, Tokyo, Japonya) (Enjekte Edilebilen Kompozit)

Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyallerinin tipi, içerikleri ve üretici firma bilgileri Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller ve özellikleri

Kompozit Resin	Kompozit Resin Türü	İçerik	Doldurucu İçeriği wt.% /vol. %	Üretici Firma
Essentia Enamel	Nano Hibrit Kompozit	Matriks: Bis-GMA, Bis-MEPP, Bis-EMA, TEGDMA, UDMA Doldurucu: Prepolimerize doldurucular, baryum cam, silika	% 81 / % 65	GC Corporation, Tokyo, Japonya
Estelite Asteria	Supra Nano Sferikal Hibrit Kompozit	Matriks: Bis-GMA, Bis-MEPP, TEGDMA, UDMA Doldurucu: Supra-nano sferikal doldurucu (200 nm sferikal SiO ₂ -ZrO ₂)	% 82 / % 71	Tokuyama Dental Corporation, Tokyo, Japonya
Ceram.X Spheretec One	Nano Seramik Kompozit	Matriks: Metakrilat modifiyeli polisiloksan, dimetakrilat rezinler Doldurucu: Sferikal, prepolimerize doldurucular (15 µm), baryum cam (0,6 µm), iterbiyum florür (0,6 µm)	% 79 / % 61	Dentsply De Trey, Konstanz, Almanya
G-aenial Universal Flo	Nano Hibrit Kompozit	Matriks: Bis-MEPP, TEGDMA, UDMA Doldurucu: Silikon Dioksit (16 nm), Stronsiyum Cam (200 nm)	% 69 / % 50	Gc Corporation, Tokyo, Japonya
G-aenial Universal Injectable	Nano Hibrit Kompozit	Matriks: Bis EMA, UDMA Metakrilat monomer Doldurucu: Silica, Baryum cam (150 nm)	% 69 / ?	Gc Corporation, Tokyo, Japonya

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada test edilecek kompozit rezinler için her biri 40'ar örnek içeren 5 ana grup oluşturulmuştur. 8 mm çapında ve 2mm kalınlığında toplam 200 disk şeklinde örneğin hepsi aynı operatör tarafından üretilmiştir. Çalışmada kullanılan kompozit rezin

materyallerin renk tonu; mine kompoziti olan Essentia Enamel (GC Corporation, Tokyo, Japonya)'da Light Enamel (LE) renk tonu, diğer tüm kompozit rezinlerde A1 renk tonu tercih edilmiştir.

Örnekler hazırlanırken 8 mm çapında ve 2 mm kalınlığında özel yapım paslanmaz çelik kalıptan yararlanılmıştır (Şekil 8). Örneklerin çapı, polimerizasyon esnasında materyalin her bir bölgesine eşit miktarda ışık uygulanmasını sağlamak amacıyla polimerizasyon cihazının ışık uygulama ucunun çapından daha dar hazırlanmıştır. Örneklerin kalınlığı ise kompozit rezin materyallerin üretici firmalarının önerileri doğrultusunda tek seferde polimerizasyon sağlanabilmesi için 2mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Örnekleri hazırlamak için kullanılan paslanmaz çelik kalıp

Örnekler hazırlanırken cam lamel üzerine yerleştirilen şeffaf bant (mylar strip) üzerine paslanmaz çelik kalıp yerleştirilmiştir. Kompozit rezin materyaller üretici firmaların talimatlarına uygun şekilde 2mm'lik tabakalar halinde kalıbın içerisine yerleştirilmiştir. Hava kabarcığı ve boşluk oluşmaması için enjekte edilebilen kompozit rezinler bir sond yardımıyla, diğer kompozit rezinler ise el aletleri yardımıyla kalıp içerisine kondanse edilerek yerleştirilmiştir. Son olarak kalıbın üzerine ikinci şeffaf bant ve lamel bastırılarak fazla materyalin taşması sağlanmıştır. Örnekler 2.nesil bir LED ışık kaynağı (Elipar S10, 3M ESPE, St.Paul, MN, ABD) ile üretici firmanın talimatları

doğrultusunda 20 sn ($1200 \text{ mW/cm}^2 \times 20 \text{ sn}$) ışık uygulanarak polimerize edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Örneklerin polimerizasyonu için kullanılan Light-Emitting Diode (LED) ışık cihazı

Polimerizasyon esnasında mesafenin minimum olması için ışık cihazın ucu cam lamel üzerine temas ettirilerek örneğin merkezine gelecek şekilde yerleştirilerek her örneğe standart bir uygulama sağlanmıştır. Işık cihazının gücü her örneğin polimerizasyonundan önce bir radyometre (Hilux, Benlioğlu Dental AŞ, Ankara, Türkiye) ile kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan ışık cihazının özellikleri Tablo 2’de belirtildiği gibidir.

Tablo 2. Çalışmada Kullanılan Işık Cihazının Özellikleri

Işık Cihazı	Üretici Firma	Dalga Boyu	Işık Gücü	LOT Numarası
Light Emitting Diode	Elipar S10, 3M ESPE, St.Paul, MN, ABD	430-480nm	1200 mW/cm^2 (STANDART MOD)	970-000-230/ 3101414

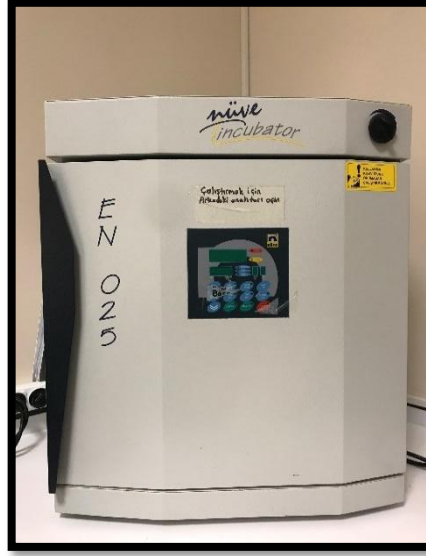
3.3. Örneklere Polisaj Uygulanması

Polimerizasyon işlemleri tamamlandıktan sonra örneklere standart bir polisaj işlemi uygulanmıştır. Yüzey standardizasyonunun sağlanması ve operatörden kaynaklanan uygulama farklılıklarını ekarte etmek amacıyla bu işlem için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan bir polisaj cihazı (Phoenix Beta Grinder and Polisher, Buehler, Almanya) seçilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Örneklerin polisajı için kullanılan cihaz (Phoenix Beta Grinder and Polisher, Buehler, Almanya)

Örneklerin tamamına, bir silikon tutma kalıbı yardımıyla 300 rpm hız modunda dönen, sürekli ıslatılan 600 gritlik silikon karbit aşındırıcı kağıt bir zemine sahip polisaj cihazında (Phoenix Beta Grinder and Polisher, Buehler, Almanya) 10 sn süreyle standart bir polisaj uygulanmıştır¹¹⁶. Polisaj işlemi örneklerin sadece ışık uygulanan yüzeylerine uygulanmıştır. Alt yüzeylerine herhangi bir işlem uygulanmamıştır. İşlem sonunda örnekler 1 dk boyunca distile suyla yıkanıp temizlenmiştir¹⁶⁸. Polisaj işlemi tamamlandıktan sonra örnekler 37 °C etüvde 24 saat süresince distile suda (EN 025, Nüve, Ankara, Türkiye) bekletilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Örneklerin bekletildiği Etüv Cihazı (EN 025, Nüve, Ankara, Türkiye)

3.4. Örneklerin Gruplandırılması

Tüm kompozit rezin materyal gruplarının renk stabilizasyonunun değerlendirilebilmesi için her birine uygulanacak olan 4 çeşit renklendirme içecekleri belirlenmiştir.

Çalışmada 3 farklı içecek kompozit rezinlerin renklendirmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu içecekler tercih edilirken insanların gündelik yaşantılarında kolay ulaşılabildikleri ve sık tükettikleri içecekler düşünülmüştür. Kontrol Grubu olarak belirlenen örnekler için ise distile su kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan renklendirme içecekleri Tablo 3'te belirtildiği gibidir;

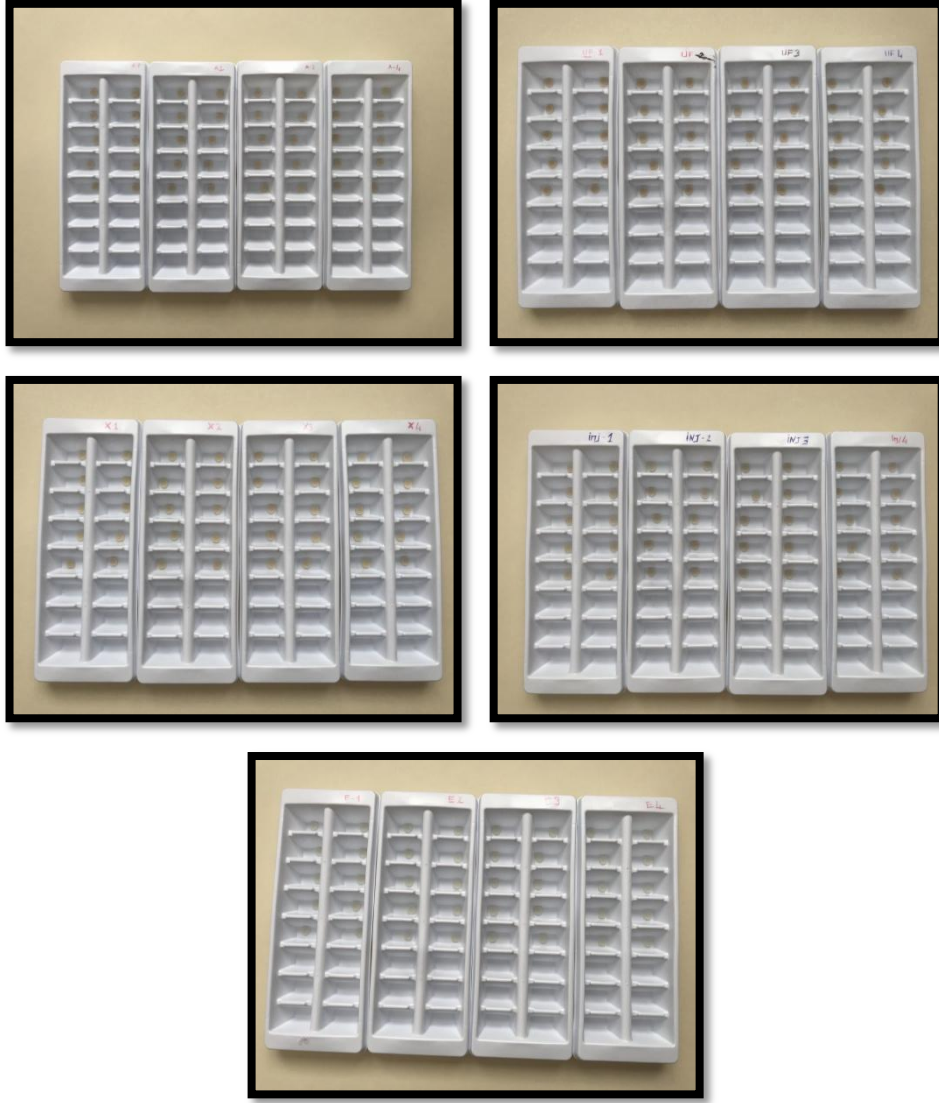
Tablo 3. Renklendirme İçecekleri

Renklendirme İçecekleri	Marka
Kahve	Nescafe Classic, Nestle, Bursa, Türkiye
Çay	Lipton Yellow Label Tea, Unilever, Rize, Türkiye
Kola	Coca-Cola, Coca-Cola Company, İstanbul, Türkiye
Distile Su (Kontrol Grubu)	

Çalışmada 40 ar adet kompozit disk örneklerden oluşan beş kompozit grubunun her biri dört farklı renklendirme solüsyonunda bekletilmek üzere rastgele dört eşit alt gruba (n=10) ayrılmıştır (Şekil 12). Toplamda 14 günlük bir periyotta solüsyonlarda bekletilmesi planlanan 200 adet örnek ve 20 alt gruptan oluşan çalışmanın grupları Tablo 4’te belirtildiği gibidir.

Tablo 4. Çalışma Grupları

GRUPLAR	Essentia Enamel,GC (E GRUBU)	Estelite Asteria, Tokuyama (A GRUBU)	Ceram X, Dentsply (X GRUBU)	G-aenial Universal Injectable, GC (INJ GRUBU)	G-aenial Universal Flo, GC (UF GRUBU)
Distile Su (Kontrol)	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10
Kahve	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10
Çay	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10
Kola	n=10	n=10	n=10	n=10	n=10
TOPLAM 200 ÖRNEK	n=40	n=40	n=40	n=40	n=40



Şekil 12. 5 ana gruptaki örneklerin bölmeli plastik kalıplara yerleştirilmiş halleri

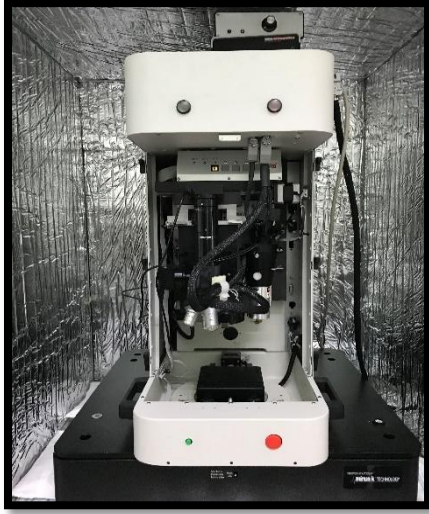
3.5. Yüzey Pürüzlülüğü ve Görüntüleme Analizleri

Yüzey pürüzlülüğü ve görüntüleme analizleri için Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan bir Atomik Kuvvet Mikroskobu (Bruker Nano Surface Division AFM probes, Santa Barbara, CA, ABD) cihazı (Şekil 13) kullanılmıştır.

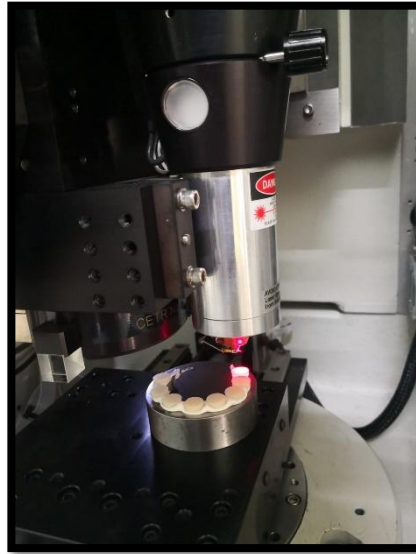
Oluşturulan alt gruplardan rastgele seçilen iki adet örnek standart polisaj uygulamasının ardından yüzey pürüzlülüğü ve görüntüleme analizine tabi tutulmuştur (Toplam 40 örnek).

Cihaz, metal silindir düzlem üzerine sabitlenen örneklerin polisaj uygulanan yüzeylerinde kristal silikon uç yardımıyla non-kontakt modda kullanılmıştır (Şekil 14).

Her bir örnek için örnek yüzeyinin rastgele seçilen $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 'luk üç farklı alanında tarama gerçekleştirilmiş ve bu ölçümlerin ortalaması alınarak yüzey pürüzlülükleri hesaplanmıştır. Kalibrasyon, her ölçüm aşamasında tekrarlanmıştır. Yüzey pürüzlülüklerini belirten görüntüler 0.5 Hz tarama hızı ve 300×300 piksel tarama çözünürlüğü ile elde edilmiştir. Taranan bu alanların üç boyutlu yüzey görüntüsü ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra) nanometre düzeyinde kaydedilmiştir.



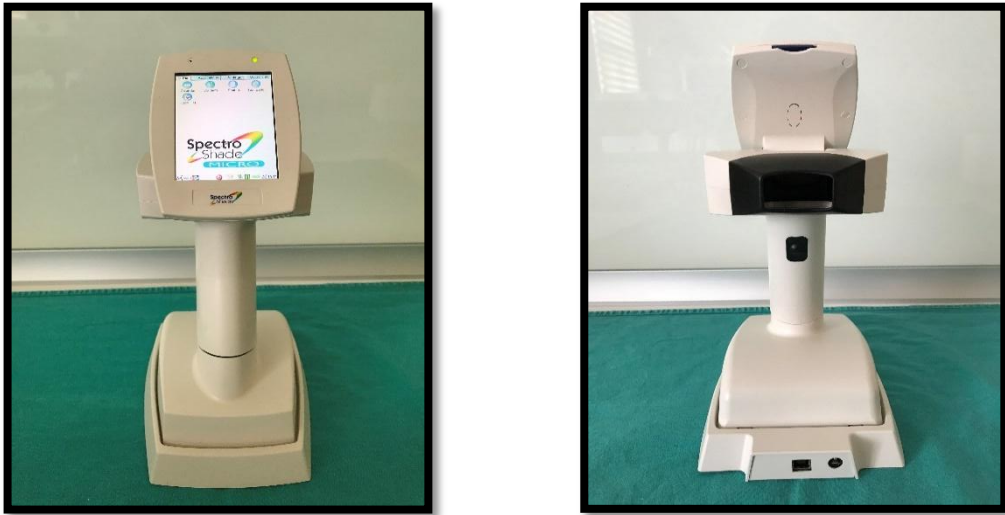
Şekil 13. Atomik Kuvvet Mikroskobu (Bruker Nano Surface Division AFM probes, Santa Barbara, CA, ABD)



Şekil 14. Örneklerin Atomik Kuvvet Mikroskobunda İncelenmesi

3.6. Örneklerin Renklendirme Periyodu ve Ölçümleri

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü ve görüntüleme analizlerinin tamamlanmasının ardından tüm örneklerin renk ölçümlerinin yapılabilmesi için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda mevcut bulunan ve taşınabilir bir spektrofotometre olan SpectroShade Micro (Medical High Technologies, Verona, İtalya) cihazı kullanılmıştır (Şekil 15). Çalışmada örneklerin renk ölçümlerinin ortam şartlarından bağımsız ve cihaz kamerasının ışık almadan standart ölçümleri sağlanabilmesi amacıyla cihazın ağız aparatına stabil şekilde oturacak silikon bir renk ölçüm platformu hazırlanmıştır. Bu sayede renk ölçüm cihazının ağız aparatının platformun kenar hatlarına kilit bir şekilde oturması sağlanmıştır. Örnekler de hazırlanan platformun ortasında bulunan ve örneklerin boyutlarına tam uyumlu olarak hazırlanmış 8 mm çap ve 2 mm kalınlığındaki disk şeklindeki boşluğa oturabilmektedir (Şekil 16). Cihazın kendi kamera ve aydınlatma sisteminin platform üzerinde kullanılması sayesinde her örneğin bütün renk ölçüm işlemleri dış ortam koşullarından bağımsız ve standart şekilde tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmiştir.



Şekil 15. Örneklerin renk ölçüm işlemleri için kullanılan spektrofotometre cihazı (SpectroShade Micro, Medical High Technologies, Verona, İtalya)

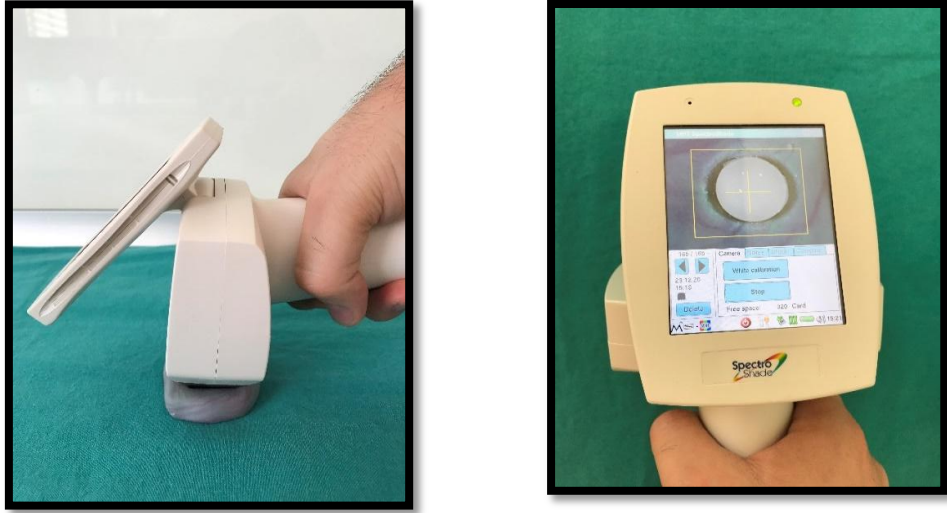


Şekil 16. Kullanılan silikon renk ölçüm platformuna yerleştirilmiş bir örnek

Çalışmadaki örnekler solüsyonlara yerleştirilmeden önce başlangıç renk değerleri, spektrofotometre cihazı ve silikon renk ölçüm platformu yardımıyla ölçülmüştür. Çalışma süresince her ölçüm öncesi cihazın beyaz ve yeşil renk kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 17). Her ölçüm üç defa tekrarlanarak CIEDE2000 renk formülasyonuna uygun şekilde ortalama L^* , a^* , b^* değerleri olarak kaydedilmiştir (Şekil 18). Ayrıca her ölçüm cihaz sayesinde fotoğraflanarak bir hafıza kartı vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sayısal ve görsel ölçüm sonuçları hem cihazın kendisinde hem de bilgisayar ortamında saklanıp görüntülenebilmektedir (Şekil 19).



Şekil 17. Ölçüm işlemleri öncesinde cihazın kalibrasyonunun yapılması (Beyaz-Yeşil Fon)



Şekil 18. Renk ölçüm işleminin yapılması. İşlemin cihaz hafızasına kaydedilmesi.



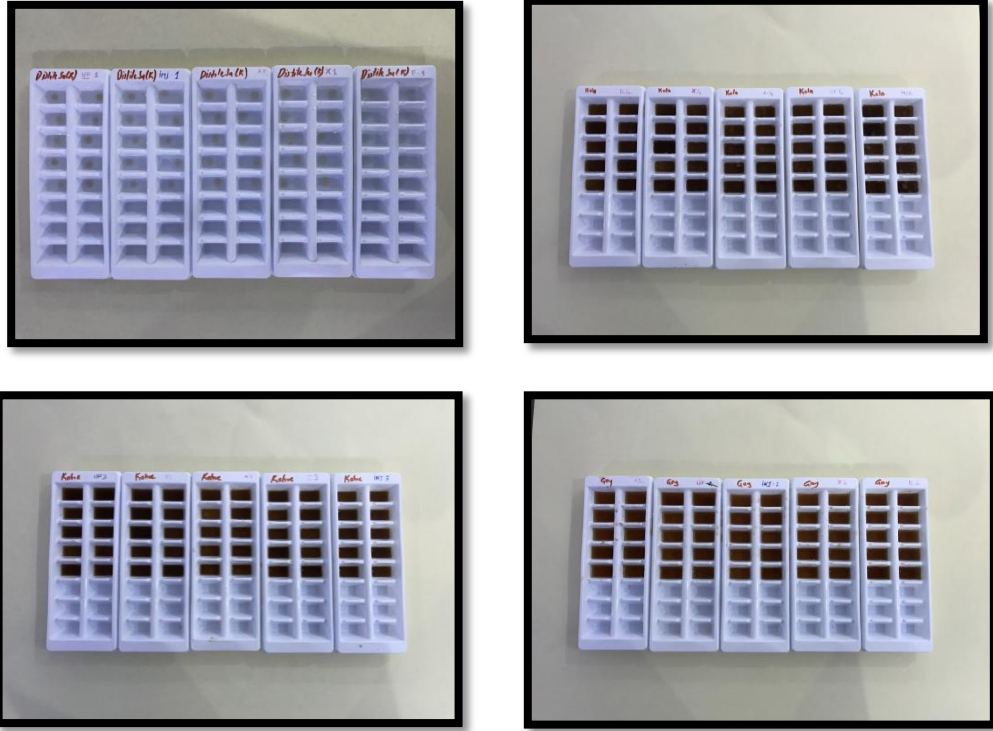
Şekil 19. Renk ölçüm değerlerinin cihaz üzerinde tespiti

Başlangıç renk değerlerinin (1.renk ölçümü) tespitinden sonra örnekler aşağıda belirtildiği gibi standart hazırlanan 4 farklı içecek eşit gözenekli plastik kalıplarda 14 gün boyunca belirtilen koşullarda bekletilmiştir (Şekil 20):

- **Kahve:** Grup K 'deki örnekler 37 °C 'de kahvede bekletilmiştir. Bu amaçla 2 gr kahve (Nescafe Classic, Bursa, Türkiye) 200 ml kaynamış suda çözdürülerek hazırlanmış ve 10 dakika karıştırılmıştır. İçecek filtre kağıdından geçirildikten sonra kalıplara yerleştirilen örneklere eşit miktarlarda uygulanmıştır.
- **Çay:** Grup Ç'deki örnekler 37 °C'de çayda bekletilmiştir. Bu amaçla bir adet poşet çay (2gr) (Lipton Yellow Label Tea, Unilever, Rize, Türkiye) 200 ml

kaynamış suya batırılarak 10 dakika bekletilmiştir. İçecek filtre kağıdından geçirildikten sonra kalıplara yerleştirilen örneklere eşit miktarlarda uygulanmıştır.

- **Kola:** Grup Co'daki örnekler 37 °C'de kolada (Coca-Cola 200ml; Coca-Cola Company, İstanbul, Türkiye) bekletilmiştir. Örneklere eşit miktarlarda uygulanmıştır.
- **Distile Su:** Grup S'deki örnekler kontrol grubu olarak belirlenmiştir ve örnekler 37 °C'deki eşit miktardaki distile suda bekletilmiştir.



Şekil 20. Kompozit rezin grupların aynı solüsyonda bekleyecek olan alt gruplarının bir araya getirilmesi ve renklendirici içeceklerin uygulanması (Distile Su/Kola/Kahve/Çay İçeceklerinin Uygulanması).

Çalışma boyunca her 24 saatte bir solüsyonlar aynı şekilde uygulanarak tazelenmiştir. Renklendirici içeceklerde bekletilen süre Ertaş ve ark.¹¹⁶ yaptığı bir çalışmada bir kahvenin ortalama tüketim süresini 15 dakika ve ortalama tüketimi günde 3,2 fincan referans alınarak oluşturulmuştur. Buna göre örneklerin renklendirici içeceklerde 14 günlük bekletilme süreleri ortalama 14 ay boyunca tüketilen içeceği simüle etmektedir.

Çalışmada başlangıç renk ölçümleri tamamlandıktan sonra renklendirici içeceklere yerleştirilen örnekler ilk 24 saatin sonunda 2. Ölçümleri yapılmak üzere solüsyonlardan çıkarılmıştır. Bu aşamada içeceklerde çıkarılan örnekler ölçüm

yapılmadan önce 5 dakika boyunca distile suyla temizlenmiş ve kurutma kağıtlarıyla kurulanmıştır¹⁶⁹. Örneklerin yerleri ve sıraları her defasında değiştirilmeden spektrofotometre cihazıyla aynı standart uygulama çerçevesinde çalışmanın 1.gününde 2.renk ölçümleri yapılmıştır. Aynı şekilde 7.gün 3.renk ölçümleri ve çalışmanın tamamlandığı gün olan 14.gün de 4. renk ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler aynı şartlar uygulanarak tekrarlanmış ve her defasında ortalama L*, a*, b* değerleri kaydedilmiştir.

Renk farklılıklarını hesaplamak için güncel renk formülasyonu olan CIEDE2000 renk sisteminden yararlanılmıştır. Elde edilen ölçümler arasındaki farklılıkların (ΔE_{00}) hesaplamasında aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır¹²¹;

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

CIEDE2000 renk formülasyonu CIELAB renk sistemi üzerine kurulmuş bir sistemdir¹²¹. Formüldeki değerlerin ve ΔE_{00} değerlerinin hesaplanmasında Toplumlar Arası Renk Konseyi (Inter-Society Color Council) tarafından onaylı olan Sharma ve ark.¹²¹'nin çalışmasındaki sistem kullanılmıştır ($K_L=1$ $K_C=1$ $K_H=1$ alınmıştır).

3.7. İstatistik Analizi

İstatistik analizleri için SPSS V23 (IBM, New York, ABD) programı kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk Shapiro Wilk testi ile incelendi. Grup, içecek ve zamana göre ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılmasında Üç yönlü varyans (ANOVA) analizi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanıldı. Gruplara göre normal dağılmayan yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanıldı. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama \pm s. sapma ve ortanca (minimum – maksimum) olarak sunuldu. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Renk Değişim Değerlerinin (ΔE_{00}) Karşılaştırılması

Çalışmamızda hazırlanan toplam 200 örneğin çeşitli renklendirici içeceklerde bekletilmeden öncesi ve sonrası bir spektrofotometre (Spectroshade Micro) renk ölçüm cihazı kullanılarak elde edilen verilerinden CIEDE2000 renk sistemi kullanılarak ortalama renk değişim değerleri (ΔE_{00}) hesaplanmıştır. Bu verilerin istatistiksel değerlendirmesi sonucunda elde edilen renk değişim değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 6’da gösterilmiştir.

Elde edilen verilerin üç yönlü varyans analizi ile değerlendirilmesi sonucunda; kompozit rezinler, içecekler ve içeceklerde bekletilen zamanların renk değişim değerlerinde anlamlı bir etkisi bulunmuştur ($p < 0,001$). Grup, içecek ve zamana göre renk değişim değerlerinin (ΔE_{00}) karşılaştırılması Tablo 5’te belirtildiği gibidir.

Tablo 5. Grup, içecek ve zamana göre ortalama ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

Faktör	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Kısmi Eta Kare
Grup	1574,807	4	393,702	782,893	<0,001	0,853
İçecek	3446,982	3	1148,994	2284,825	<0,001	0,927
Zaman	555,572	2	277,786	552,389	<0,001	0,672
Grup * İçecek	975,341	12	81,278	161,626	<0,001	0,782
Grup * Zaman	115,899	8	14,487	28,809	<0,001	0,299
İçecek * Zaman	386,385	6	64,397	128,057	<0,001	0,587
Grup * İçecek * Zaman	108,409	24	4,517	8,982	<0,001	0,285

Sd: Serbestlik derecesi, F: varyans analizi test istatistiği

Kısmi Eta Kare değerlerine bakıldığında çalışmadaki renk değişim değerleri (ΔE_{00}) üzerine etkisi en fazla olan faktör içeceklerdir (0,927).

4.1.1. Kompozit Rezın Grupları Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Çalışmamızda 4 farklı içecekte bekletilen 5 farklı kompozit rezın gruplarının ortalama ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 6). Essentia grubunun (Grup E) toplam ΔE_{00} ortalaması 6,36, Ceram X grubunun (Grup X) ΔE_{00} ortalaması 3,49, Universal Flo grubunun (Grup UF) ΔE_{00} ortalaması 3,05, Injectable grubunun (Grup INJ) ΔE_{00} ortalaması 2,55 ve Asteria grubunun (Grup A) ΔE_{00} ortalaması 1,53 olarak elde edilmiştir. Kompozit Rezın Gruplarına göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir. En yüksek ΔE_{00} ortalama değeri Essentia grubunda (6,36) elde edilmişken en düşük ortalama değer ise Asteria (1,53) grubunda elde edilmiştir.

4.1.2. İçecekler Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Çalışmamızda kullanılan 4 farklı içeceğin ortalama ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 6). Kahvenin ortalama ΔE_{00} değeri 6,90, çayın ortalama ΔE_{00} değeri 4,31, kolanın ortalama ΔE_{00} değeri 1,45, distile suyun ortalama ΔE_{00} değeri 0,93 olarak elde edilmiştir. İçeceklere göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir. En yüksek ortalama ΔE_{00} değerleri kahvede bekletilen örneklerde elde edilmişken en düşük ortalama değerler ise distile suda bekletilen örneklerde elde edilmiştir.

4.1.3. Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Örneklerin içeceklerde bekletildiği ve renk ölçümlerinin yapıldığı zamanların (1,7 ve 14.gün) ortalama ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0,001$) (Tablo 6). 14. Gün ortalaması 4,52, 7. Gün ortalaması 3,51 ve 1. Gün ortalaması 2,17 olarak elde edilmiştir. Zamana göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir. En yüksek ortalama değer 14. Gün zamanında elde edilmişken en düşük ortalama değerse 1. Gün zamanında elde edilmiştir.

4.1.4. Grup ve İçecek Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Grup ve içecek etkileşiminin ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur($p<0,001$) (Tablo 6). En yüksek ortalama ΔE_{00} değeri 12,84 olarak kahvede bekletilen Essentia grubunda elde edilmişken en düşük ortalama ΔE_{00} değeri ise 0,51 olarak distile suda bekletilen Ceram X grubundan elde edilmiştir. Grup ve içecek etkileşim gruplarına göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir.

4.1.5. Grup ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Grup ve zaman etkileşiminin ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 6). En yüksek ortalama ΔE_{00} değeri 8,42 olarak Essentia grubunun 14. Gününde elde edilmişken en düşük ortalama ΔE_{00} değeri ise 0,91 olarak Asteria grubunun 1. gününde elde edilmiştir. Grup ve zaman etkileşim gruplarına göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir. Genel ortalama açısından tüm günlerde (1,7 ve 14.gün) Asteria grubu en az renk değişimi değerlerini (Ortalama $\Delta E_{00}=1,53$) göstermiştir.

4.1.6. İçecek ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

İçecek ve zaman etkileşiminin ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 6). En yüksek ortalama ΔE_{00} değeri 9,24 olarak kahvede 14 gün bekletilen örneklerde elde edilmişken en düşük ortalama ΔE_{00} değeri ise 0,74 olarak distile suda 1 Gün bekletilen örneklerde elde edilmiştir. İçecek ve zaman etkileşim gruplarına göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir.

4.1.7. Grup, İçecek ve Zaman Açısından ΔE_{00} Değerleri Karşılaştırması

Grup, içecek ve zaman etkileşiminin ΔE_{00} değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 6). En yüksek ortalama ΔE_{00} değeri 16,73 olarak 14. gün kahvede bekletilen Essentia grubunda elde edilmişken en düşük ortalama ΔE_{00} değeri ise 0,31 olarak 1. gün kolada bekletilen Asteria grubunda elde edilmiştir. Grup, içecek ve zaman etkileşim gruplarına göre ΔE_{00} değerleri farklılık göstermektedir.

Tablo 6. Grup, içecek ve zamana göre ortalama ΔE_{00} değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	G Ü N	INJECTABLE	UNİVERSAL FLO	ASTERİA	CERAMX	ESSENTİA	TOPLAM
DİSTİLE SU	1	1,17 ± 0,13 ^{TUVWX}	0,84 ± 0,12 ^{VWX}	0,32 ± 0,09 ^X	0,33 ± 0,10 ^X	1,06 ± 0,63 ^{UVWX}	0,74 ± 0,46 ^H
	7	1,17 ± 0,16 ^{TUVWX}	1,30 ± 0,12 ^{STUVWX}	0,36 ± 0,07 ^X	0,67 ± 0,19 ^{WX}	1,20 ± 0,45 ^{TUVWX}	0,94 ± 0,43 ^{GH}
	14	1,45 ± 0,17 ^{STUVWX}	1,45 ± 0,11 ^{STUVWX}	0,94 ± 0,21 ^{UVWX}	0,53 ± 0,21 ^{WX}	1,10 ± 0,54 ^{TUVWX}	1,10 ± 0,45 ^{GH}
	TPL	1,27 ± 0,20^{KL}	1,20 ± 0,29^{KL}	0,54 ± 0,32^M	0,51 ± 0,22^M	1,12 ± 0,53^{KLM}	0,93 ± 0,47^a
ÇAY	1	1,36 ± 0,17 ^{STUVWX}	2,88 ± 0,94 ^{MNOPQR}	1,33 ± 0,38 ^{STUVWX}	3,04 ± 0,44 ^{LMNOPQ}	5,20 ± 0,63 ^{HI}	2,76 ± 1,53 ^E
	7	2,52 ± 0,29 ^{OPQRS}	3,93 ± 0,89 ^{IJKLM}	2,13 ± 0,16 ^{QRSTUV}	4,67 ± 0,60 ^{GH}	8,61 ± 1,16 ^E	4,37 ± 2,43 ^D
	14	3,63 ± 0,51 ^{JKLMNQP}	4,46 ± 1,21 ^{IJK}	3,38 ± 0,67 ^{KLMNOPQ}	5,91 ± 1,00 ^{HIJ}	11,67 ± 1,64 ^C	5,81 ± 3,26 ^C
	TPL	2,50 ± 1,00^{HI}	3,76 ± 1,19^G	2,28 ± 0,96^{IJ}	4,54 ± 1,38^F	8,49 ± 2,93^B	4,31 ± 2,79^b
KAHVE	1	2,84 ± 0,79 ^{MNOPQR}	3,83 ± 0,76 ^{JKLMN}	1,68 ± 0,24 ^{RSTUVW}	3,94 ± 0,90 ^{IJKLM}	8,02 ± 0,86 ^{EF}	4,06 ± 2,28 ^D
	7	5,82 ± 1,06 ^{GH}	6,92 ± 0,92 ^{FG}	2,97 ± 0,41 ^{JKLMNO}	7,43 ± 0,89 ^{EF}	13,78 ± 1,51 ^B	7,38 ± 3,72 ^B
	14	7,01 ± 1,33 ^{FG}	8,63 ± 0,94 ^E	3,68 ± 0,66 ^{LMNOPQR}	10,17 ± 1,10 ^D	16,73 ± 2,34 ^A	9,24 ± 4,56 ^A
	TPL	5,22 ± 2,07^E	6,46 ± 2,19^D	2,77 ± 0,96^{HI}	7,18 ± 2,76^C	12,84 ± 4,02^A	6,90 ± 4,21^c
KOLA	1	1,19 ± 0,18 ^{TUVWX}	0,60 ± 0,09 ^{WX}	0,31 ± 0,05 ^X	1,15 ± 0,28 ^{TUVWX}	2,23 ± 0,23 ^{QRSTU}	1,10 ± 0,69 ^{GH}
	7	1,12 ± 0,18 ^{TUVWX}	0,76 ± 0,15 ^{WX}	0,59 ± 0,09 ^{WX}	1,68 ± 0,38 ^{RSTUVW}	2,56 ± 0,22 ^{NOPQRS}	1,34 ± 0,75 ^G
	14	1,28 ± 0,17 ^{STUVWX}	1,03 ± 0,14 ^{UVWX}	0,69 ± 0,08 ^{WX}	2,36 ± 0,43 ^{PQRST}	4,19 ± 0,68 ^{IJKL}	1,91 ± 1,33 ^F
	TPL	1,20 ± 0,18^{KL}	0,80 ± 0,22^{LM}	0,53 ± 0,18^M	1,73 ± 0,62^{JK}	2,99 ± 0,97^H	1,45 ± 1,02^d
TOPLAM	1	1,64 ± 0,81 ^{GH}	2,04 ± 1,50 ^{GH}	0,91 ± 0,65 ^I	2,12 ± 1,54 ^G	4,13 ± 2,81 ^D	2,17 ± 1,95 ^a
	7	2,66 ± 2,01 ^F	3,23 ± 2,55 ^E	1,51 ± 1,12 ^H	3,61 ± 2,74 ^{DE}	6,54 ± 5,18 ^B	3,51 ± 3,44 ^b
	14	3,34 ± 2,44 ^E	3,89 ± 3,16 ^D	2,17 ± 1,46 ^{FG}	4,74 ± 3,80 ^C	8,42 ± 6,39 ^A	4,52 ± 4,35 ^c
	TPL	2,55 ± 2,00^a	3,05 ± 2,60^b	1,53 ± 1,23^c	3,49 ± 3,03^d	6,36 ± 5,28^e	3,40 ± 3,52

^{a-c}: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur ^{A-X}: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.

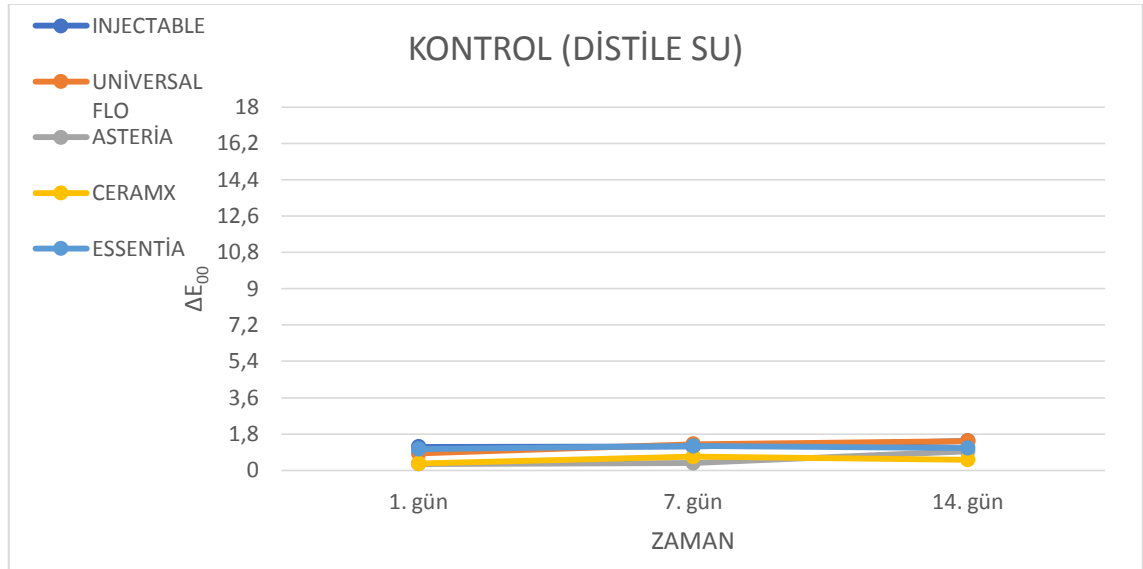
4.1.8. Grup, İçecek ve Zaman Açısından Renk Değişim (ΔE_{00}) Grafikleri

Distile suda bekletilen gruplarda çalışma boyunca renk değişim değerleri (ΔE_{00}) CIEDE2000 renk sisteminin 50:50% kabul edilebilir eşik değerinin ($\Delta E_{00} < 1,8$) altında bulunmuştur (Şekil 21).

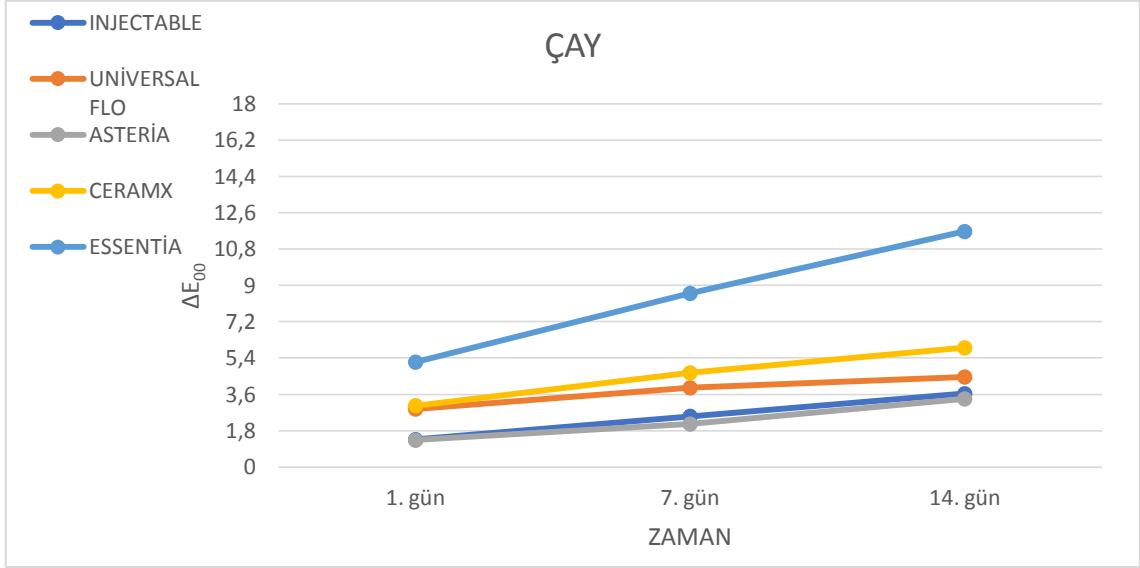
Çayda bekletilen grupların iki grubu hariç (Asteria 1.gün = $1,33 \pm 0,38$ ve Injectable 1.gün = $1,36 \pm 0,17$) tümü çalışma boyunca renk değişimi CIEDE2000 renk sisteminin 50:50% kabul edilebilir eşik değerinin ($\Delta E_{00} > 1,8$) üstünde bulunmuştur (Şekil 22).

Kahvede bekletilen grupların biri hariç (Asteria Grubu 1.Gün = $1,68 \pm 0,24$) tümü çalışma boyunca renk değişimi CIEDE2000 renk sisteminin 50:50% kabul edilebilir eşik değerinin ($\Delta E_{00} > 1,8$) üstünde bulunmuştur (Şekil 23).

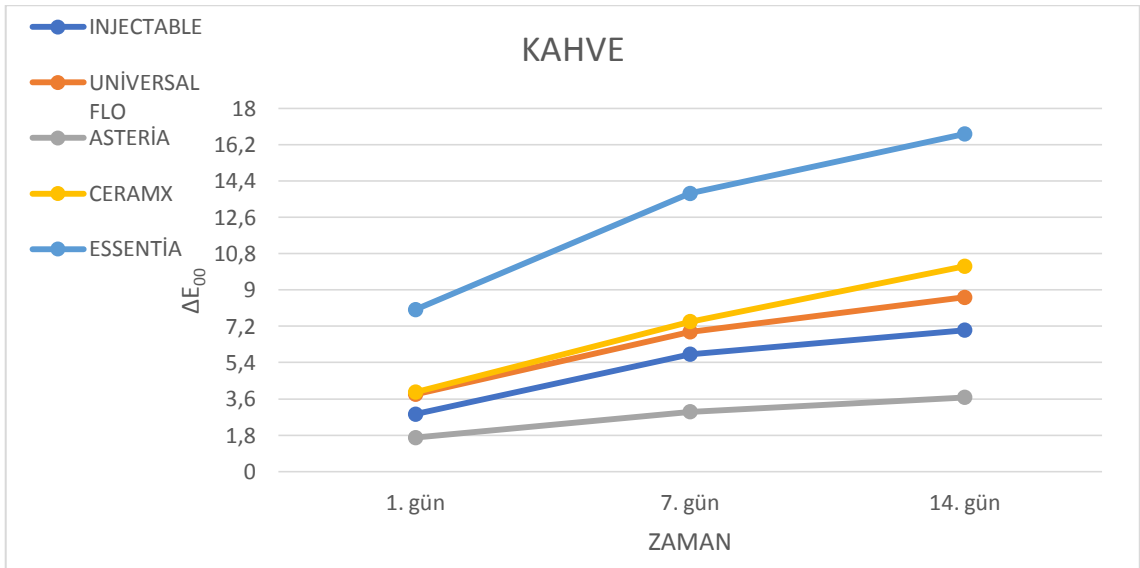
Kolada bekletilen gruplardan Essentia grubunun renk değişimi tüm zamanlarda CIEDE2000 renk sisteminin 50:50% kabul edilebilir eşik değerinin ($\Delta E_{00} > 1,8$) üstünde bulunmuştur. Ayrıca CeramX grubunun 14.gün renk değerleri de bu kritik değer üzerindedir ($\Delta E_{00} > 1,8$) (Şekil 24).



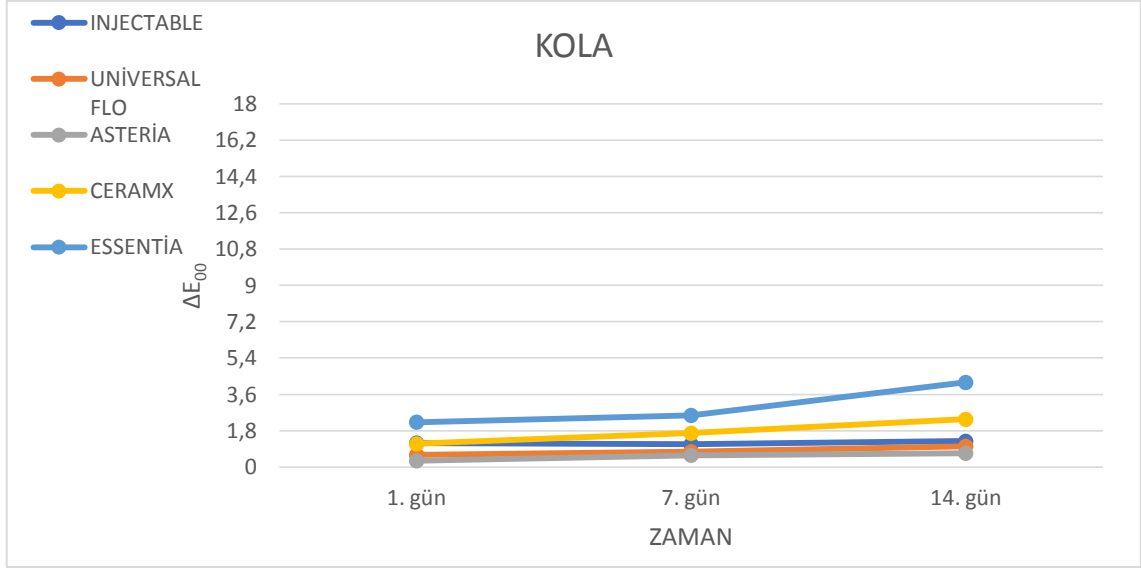
Şekil 21. Distile suda bekletilen kompozit rezin gruplarının zamana göre ΔE_{00} renk değişim grafiği.



Şekil 22. Çayda bekletilen kompozit rezin gruplarının zamana göre ΔE_{00} renk değişim grafiği.



Şekil 23. Kahvede bekletilen kompozit rezin gruplarının zamana göre ΔE_{00} renk değişim grafiği.



Şekil 24. Kolada bekletilen kompozit rezin gruplarının zamana göre ΔE_{00} renk değişim grafiği.

4.2. Kompozit Resin Grupları Arasındaki YüzeY Pürüzlülüğü Değerleri Karşılaştırması

Çalışmamızda kullanılan 5 farklı kompozit rezin grubundan seçilen örneklerin standart polisaj sonrası Atomik Kuvvet Mikroskobu cihazı yardımıyla yüzeY pürüzlülüğü ve topografya değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Gruplara göre yüzeY pürüzlülüğü değerleri (Ra) karşılaştırmasının istatistiksel analiz sonuçları Kruskal Wallis testi ile elde edilmiştir. Elde edilen yüzeY pürüzlülük değerlerinin ortalamaları, standart sapmaları ve ortanca değerleri (μm cinsinden) Tablo 7’de gösterilmiştir.

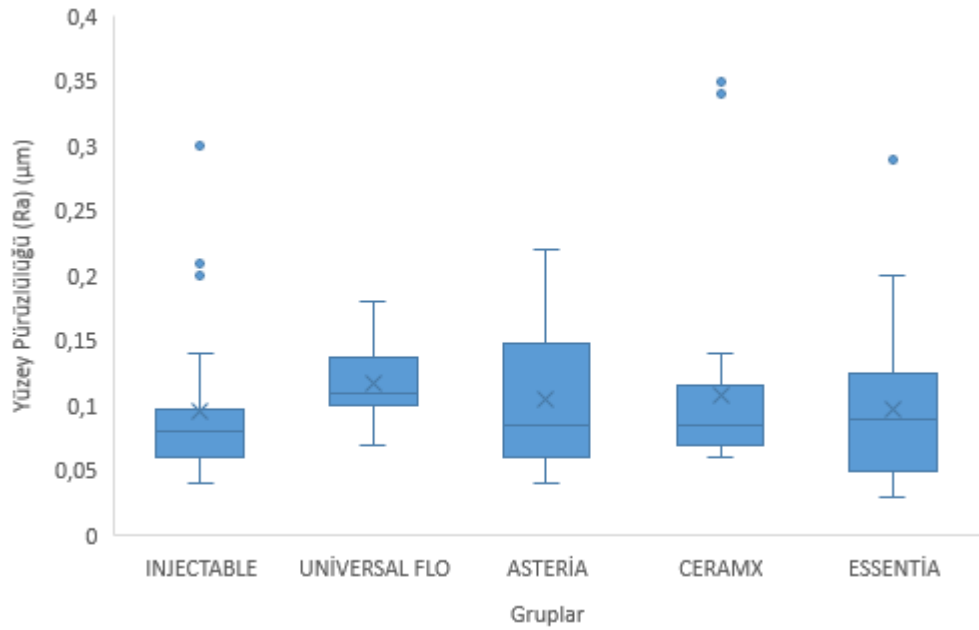
Tablo 7. Gruplara göre yüzeY pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması (Ra) (μm)

Gruplar	Ort. \pm s. Sapma	Ort. (min. - maks.)	p*
Injectable (Grup INJ)	0,096 \pm 0,059	0,076 (0,040 - 0,300) ^a	0,021
Universal Flo (Grup UF)	0,117 \pm 0,026	0,114 (0,070 - 0,180) ^b	
Asteria (Grup A)	0,105 \pm 0,057	0,081 (0,040 - 0,220) ^{ab}	
CeramX (Grup X)	0,108 \pm 0,076	0,084 (0,060 - 0,350) ^{ab}	
Essentia (Grup E)	0,098 \pm 0,059	0,087 (0,030 - 0,290) ^{ab}	
Toplam	0,105 \pm 0,058	0,089 (0,030 - 0,350)	

*Kruskal Wallis testi, a-b: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.

Gruplara göre yüzey pürüzlülük değerlerinin ortancaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p=0,021$). Injectable grubunun (Grup INJ) ortancası 0,076, Universal Flo (Grup UF) grubunun ortancası 0,114, Asteria grubunun (Grup A) ortancası 0,081, CeramX grubunun (Grup X) ortancası 0,084, Essentia grubunun (Grup E) ortancası 0,087 olarak elde edilmiştir. Bu anlamlı farklılık Universal Flo grubunun ortancasının Injectable grubunun ortancasından yüksek olarak elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Elde edilen verilere göre en düşük ortanca yüzey pürüzlülük değeri Injectable Grubunda ($0,076 \mu\text{m}$) elde edilmişken en yüksek ortanca yüzey pürüzlülük değeri Universal Flo Grubunda ($0,114 \mu\text{m}$) elde edilmiştir. Ana grupların elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerine (R_a) ait kutu grafiği Şekil 25 'deki gibi gösterilmiştir.

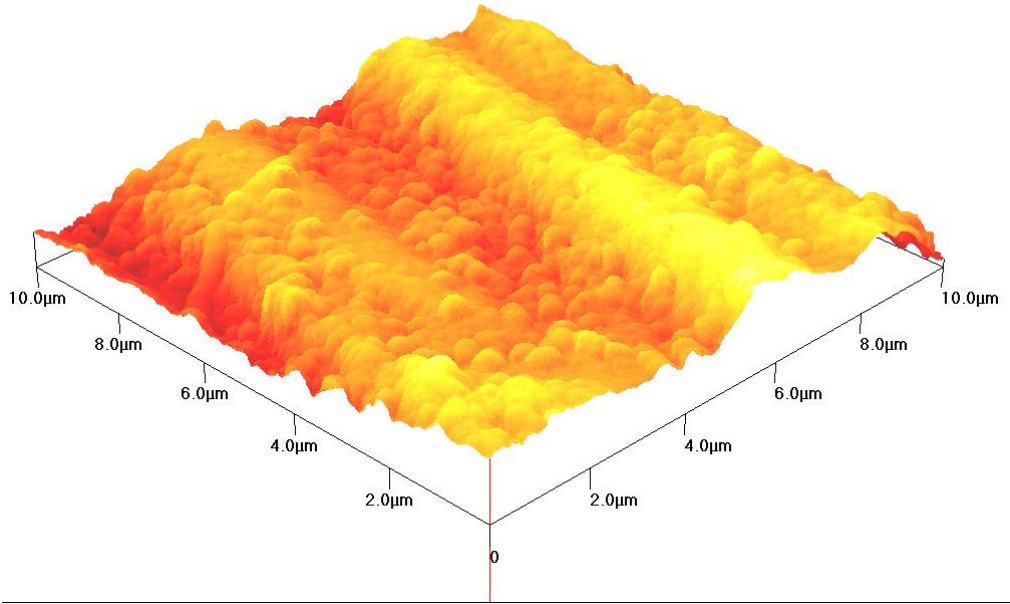


Şekil 25. Yüzey pürüzlülük değerlerine ait kutu grafiği

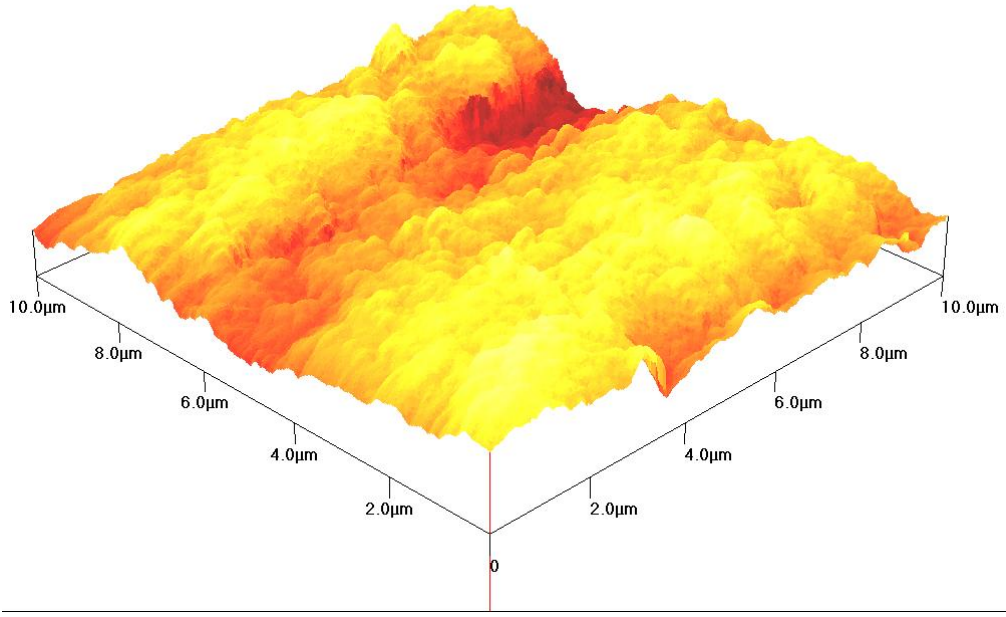
4.3. AFM Yüzey Topografya Görüntüleri

Test edilen kompozit rezin örneklerin standart polisaj sonrası elde edilen 3 boyutlu AFM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) görüntüleri Şekil 26-30 arasında gösterilmiştir.

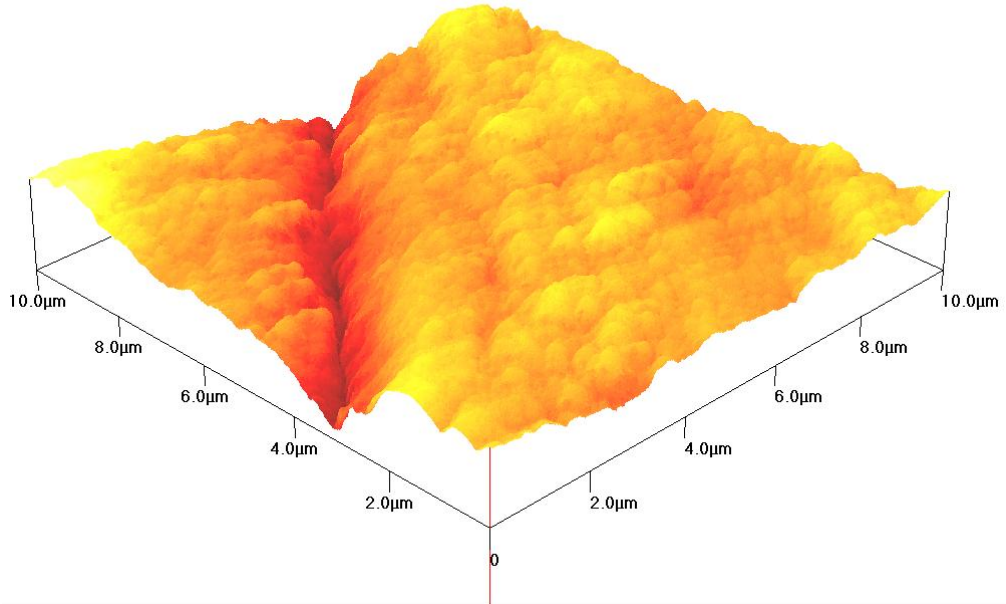
Görüntüler 10 x 10 μm boyutunda kesitler halinde elde edilmiştir. Elde edilen görüntülerde koyu renklerle gösterilen alanlar çukur alanları, açık renklerle gösterilen alanlar ise tepeleri ifade etmektedir. Şekillerdeki görüntüler her örnekten elde edilen üç görüntüden birine aittir. Görüntüler her bir gruptan rastgele seçilmiştir. Beş gruptaki tüm görüntülerde genellikle periyodik, orta düzensizlikte, sığ tepeler benzer şekilde gözlenmiştir.



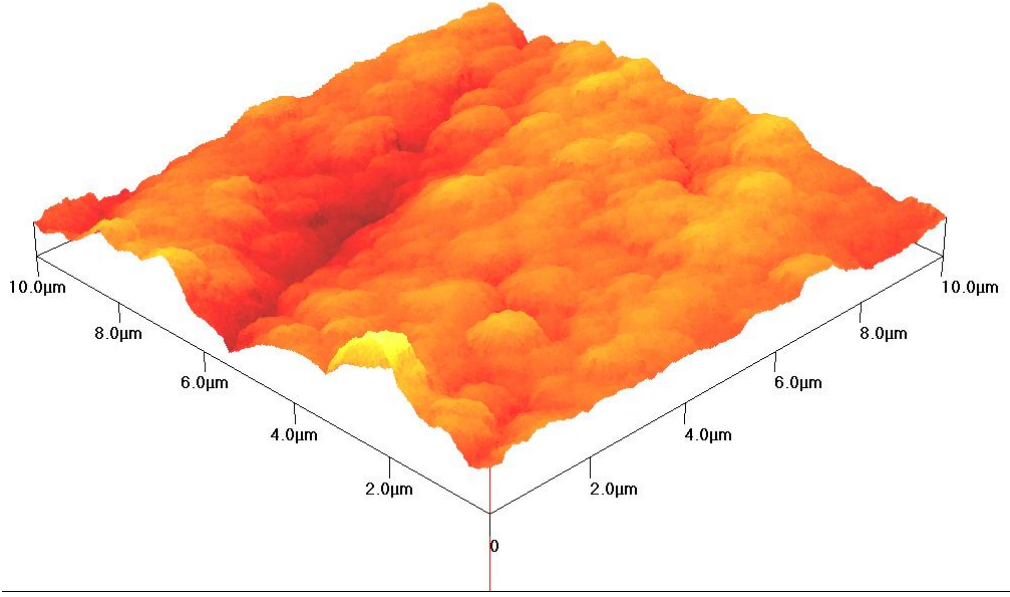
Şekil 26. Asteria Grubundan (Grup A) bir örneğin AFM ile elde edilen 10 x 10 μm boyutundaki 3 boyutlu bir yüzey görüntüsü.



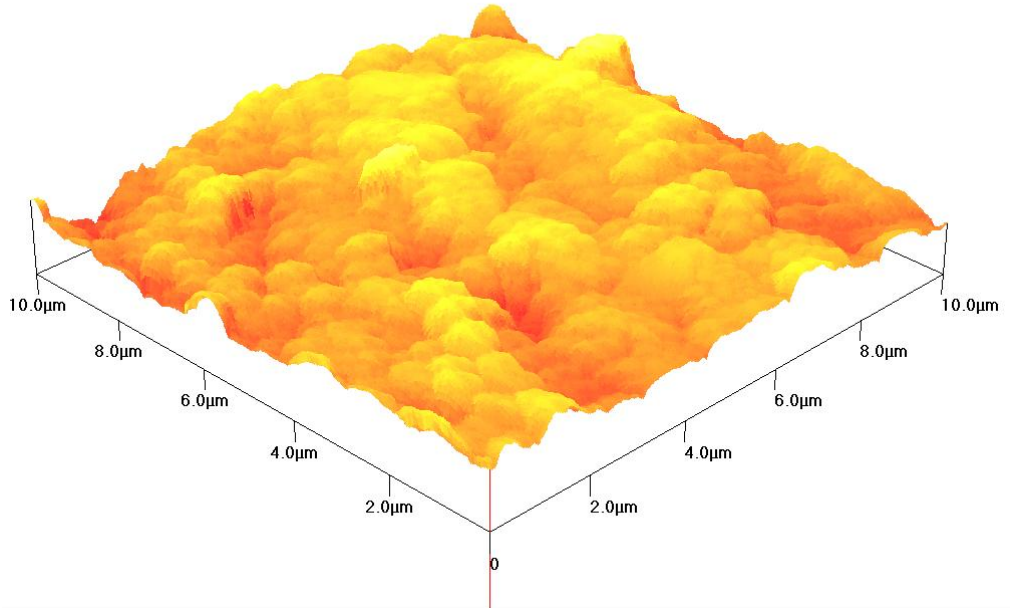
Şekil 27. Essentia Grubundan (Grup E) bir örneğin AFM ile elde edilen 10 x 10 μm boyutundaki 3 boyutlu bir yüzey görüntüsü.



Şekil 28. Injectable Grubundan (Grup INJ) bir örneğin AFM ile elde edilen 10 x 10 μm boyutundaki 3 boyutlu bir yüzey görüntüsü.



Şekil 29. Universal Flo Grubundan (Grup UF) bir örneğin AFM ile elde edilen 10 x 10 μm boyutundaki 3 boyutlu bir yüzey görüntüsü.



Şekil 30. CeramX Grubundan (Grup X) bir örneğin AFM ile elde edilen 10 x 10 μm boyutundaki 3 boyutlu bir yüzey görüntüsü.

5.TARTIŞMA

5.1. Amaç ve Yöntemin Tartışılması

Günümüzde insanların estetik kaygıları ve beklentileri sosyal hayatın ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte giderek artmıştır. Bu gelişim diş hekimliği alanına ve hastalarının taleplerine de hızla yansımaktadır. Hastaların diş tedavilerinden beklentileri sadece eksikliğin giderilmesi değil estetik ve doğal bir görünüm elde edilebilmesi şeklinde olduğu için hekimler, bu beklentileri hızla ve doğru şekilde karşılayabilecek tedavi seçenek ve materyallerini hastalarına sunmak durumundadırlar.

Estetik tedavi seçeneklerinin arasında oldukça popüler olan, ön bölge diş dokusunu olabildiğince koruyabilen laminate veneer uygulamaları; dişlerin labial yüzeylerini ince bir tabaka şeklinde kaplayan kompozit rezin veya seramik materyaller ile yapılmaktadır. Bu uygulamalar kapsamında anestezi uygulanmadan diş dokusunda kayıp olmadan veya minimal kayıpla maksimum estetik sonuçlar elde edilebilmektedir^{170, 171}.

Direkt kompozit veneer uygulamaları; anında estetik sonuç alınabilmesi, tek seansta uygulanabilmesi ve maliyetinin diğer tedavi seçeneklerine nazaran düşük olması gibi avantajları nedeniyle ön bölge restorasyonlarında sıklıkla tercih edilmektedir¹⁷²⁻¹⁷⁴. Bunun yanında kullanılan materyallerin aşınması, anatomik şekil kaybından dolayı değiştirme ihtiyacı ve uzun vadede renk stabiliteilerinin iyi olmaması gibi dezavantajlara sahiptir^{175, 176}.

Direkt kompozit veneer uygulamaları; dişlerde renklenmeler, boyut, şekil anomalileri, aşınmalar, kırıklar, diastemalar gibi birçok tedavi alanını kapsamaktadır^{10, 177, 178}. Bu uygulamalarda mikrohibrit, nanofil ve nanohibrit kompozit rezin materyaller yaygın olarak kullanılmaktadır^{10, 173, 179}. Kompozit rezinler, adeziv yöntemlerle tek renk (monokromatik) veya çoklu renk (polikromatik) seçenekleriyle diş dokusuna uygulanabilmektedir¹⁰.

Son yıllarda direkt kompozit veneer uygulamalarında yeni bir yöntem olan “Injection Moulding” diğer adıyla “Enjekte edilebilen Resin Kompozit” tekniğinde, yeni nesil akışkan kompozitler, hekim veya teknisyen tarafından hazırlanan şeffaf bir rehber yardımıyla kolay ve pratik bir şekilde diş yüzeyine adeziv yöntemlerle uygulanabilmektedir^{9, 10, 180, 181}. Bu teknik ile hasta başında geçirilen süreyi azaltmak, çoklu diş uygulamalarında hekimin klinik uygulamasını basitleştirmek, hastanın

tedaviyi anlamasını kolaylaştırmak ve daha standardize bir diş görünümü elde etmek amaçlanmaktadır^{63, 182}. Ancak akışkan kompozit rezin materyallerin dezavantajları, geleneksel estetik kompozit rezinlere göre daha düşük aşınma direnci, bağlantı dayanımı ve renk stabilitesi sunmalarıdır^{62, 182}. Bunun üstesinden gelebilmek için son yıllarda ağırlıkça %69'a kadar ulaşan yüksek nanohibrit dolduruculu enjekte edilebilen üniversal kompozitler piyasaya sürülmüştür. Böylece daha iyi mekanik ve estetik özellikler sağlanabilmesi amaçlanmıştır^{62, 182}. Bu yönetime ait vakalar literatürde yer almakla beraber, uzun süreli klinik takibi hakkında bilgi kısıtlıdır^{9, 62, 63, 182}. Bu yüzden çalışmamızda kapsamlı bir karşılaştırma yapabilmek adına çalışma materyalleri, direkt kompozit veneer materyali olarak kullanılabilen hem tek ve çoklu tabaka uygulanabilen geleneksel estetik kompozit rezin hem de injection moulding tekniği ile uygulanabilen kompozit rezin materyaller arasından seçilmiştir. Ayrıca bu materyaller hem monomer yapıdaki farklılıkların hem de doldurucu büyüklük ve oranlarının etkisinin incelenmesi amacıyla farklı türde nano dolduruculara ve matris içeriklerine sahip kompozit rezin materyaller arasından seçilmiştir.

Doldurucu teknolojisi ve dağılımında yapılan değişiklikler ile daha üstün özelliklere sahip yeni kompozit rezin materyaller üretilmekte olup bu sayede hastaların estetik beklentilerinin karşılanması ve tedavi uygulamalarının klinik başarısının artırılması amaçlanmaktadır²³. Buna rağmen halen kompozit rezin materyallerde görülen renklenme sorunu tedavideki en önemli başarısızlık sebeplerinden biri olarak görülmektedir^{183, 184}. Restorasyonda zaman içerisinde meydana gelen renklenme sebebiyle oluşacak estetik problemler ve buna bağlı hasta talepleri hekimlerin sıklıkla restorasyonları yenilemelerine sebep olmaktadır. Bu durum sağlam diş dokusunun azalması, motivasyon, zaman ve iş gücü kaybı gibi dezavantajları da ortaya çıkarmaktadır¹⁸⁵. Bu yüzden kompozit rezin materyallerin renk stabilitesi tedavi başarısında kritik faktörden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışmamızın ana hedefinde materyallerin bu faktör üzerinden değerlendirilmesi ve geliştirilmesine katkı sağlanması bulunmaktadır.

Kompozit rezinlerde renklenme derecesinin, polimerizasyon yoğunluğu ve süresi, ısı, su emilimi, kimyasal tepkimeler, beslenme alışkanlıkları, ağız hijyeni ve restorasyonun yüzey pürüzlülüğü gibi iç ve dış kaynaklı birçok faktörden etkilenebileceği bildirilmiştir^{186, 187}. Ayrıca kompozit rezin matriksinin içeriği ve sahip

olduğu inorganik doldurucu partiküllerin özellikleri de kompozit materyalin renklenme duyarlılığını önemli ölçüde etkilemektedir^{187, 188}. İç kaynaklı renklenmeler kompozitin rezin matriks yapısı ve matriks ile doldurucu ara yüzündeki değişimler ile ilişkiliyken, dış kaynaklı renklenmeler dış kaynaklarla kontaminasyon sonucunda renklendirici ajanların emilmesi ve soğurulması ile ilişkilidir^{189, 190}. Kompozit rezinlerdeki dış kaynaklı renklenmelerin en çok beslenme alışkanlıkları ile ilişkili olduğu, renklenme sebebi ise ağız ortamındaki renklendirici ajanların restorasyonların yüzeyinde birikmesi ile oluştđu bildirilmektedir¹⁹¹.

İnsanların günlük hayattaki beslenme alışkanlıkları da göz önüne alınarak sık tüketilen içeceklerin kompozit rezin veya diğer restoratif materyaller üzerindeki etkilerini gözlemek adına birçok renklendirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde renklendirici içecekler olarak genellikle kahve, çay, kola, meyve suyu ve kırmızı şarabın kullanıldığı gözlemlenmiştir^{116, 192-196}. Bu içeceklerin restoratif materyaller özellikle de kompozit rezinlerde kompozisyon ve özelliklerine bağlı olarak çeşitli düzeylerde boyanmaya sebep olduğu belirlenmiştir¹⁹⁷. Bu nedenle çalışmamızda özellikle ülkemiz insanların kolay ulaşabildiği ve sık tükettiği içecekler olan kahve, siyah çay ve kola kompozit rezin materyallerin renk stabilitesini değerlendirebilmek adına renklendirme solüsyonu, distile su ise kontrol solüsyonu olarak seçilmiş ve örneklere uygulanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan kahve, günlük hayatta en sık tüketilen renklendirici içeceklerden biridir. Kahve üreten şirketlere göre bir fincan kahvenin tüketimi ortalama 15 dakika sürmekte ve bir kahve tüketicisi günde ortalama 3,2 fincan kahve tüketmektedir. Bu durumda örneklerin kahvede 24 saat bekletilmesi bir aylık kahve tüketimine karşılık gelmektedir¹⁹⁷. Ertaş ve ark.¹¹⁶ çeşitli içeceklerde bekletme sonrası kompozitlerin renk stabilitesini değerlendirdikleri çalışmalarında, örneklerin 24 saat içeceklerde bekletilmesinin tahmini olarak günlük hayattaki 1 aylık periyodu karşıladığını rapor etmişlerdir. Literatürde bu çalışmayı referans alan birçok in vitro çalışma mevcuttur^{190, 198-200}. Çalışmamızda da tüm örnekler bu simülasyona uygun şekilde standart 14 gün boyunca 37°C de güneşirli tazelenen renklendirici içeceklerde bekletilmiştir. Örneklerin üretici firma talimatları doğrultusunda hazırlanan renklendirici içeceklerde 14 günlük bekletilme süreleri ortalama 14 ay boyunca tüketilen içeceği simüle ettiği düşünülmektedir.

Kompozit rezinlerin kalınlıklarının 2 mm'yi geçtiği durumlarda ideal polimerizasyonun sağlanamayacağı genel kabul görmüş bir durumdur. Bu yüzden çalışmamızda kullanılan kompozit rezinler, üretici firmaların talimatları doğrultusunda 2 mm kalınlığındaki özel yapım paslanmaz çelik kalıba tek seferde uygulanarak polimerize edilmiştir.

Kompozit rezinlerin rengi, polimerizasyon derinliğini sağlamak amacıyla alt bölgelere ışık iletimi açısından önemlidir. Koyu renkli kompozit rezinlerin açık renkli olanlara göre ışık iletiminin daha zayıf olduğu ve polimerizasyonun bundan olumsuz etkilendiği belirtilmiştir²⁰¹. Bu nedenle çalışmamızda kullanılan kompozit rezin materyaller açık renk tonlarından (A1 ve LE) seçilmiştir.

Literatüre ve çalışmamızda kullandığımız materyallerin üretici talimatlarına baktığımızda 2mm kalınlığındaki kompozit rezin materyalin yeterli polimerizasyonu için 600-1200 mW/cm²'lik güce sahip bir ışık cihazıyla 20 sn ışık uygulanması yeterlidir²⁰². Bu doğrultuda çalışmamızda örneklerin polimerizasyonun sağlanabilmesi için 1200mW/cm² ışık gücüne sahip 2.nesil bir LED ışık cihazı (Elipar S10, 3M Espe, ABD) kullanılmıştır. Işık uygulama süreleri her kompozit rezin materyalin üretici firmasının talimatlarına uygun şekilde uygulanmıştır.

Işık cihazının ucu ile kompozit rezin yüzeyi arasındaki uzaklık, rezinlerin ideal polimerizasyonunun sağlanmasında önemli bir kriterdir. Lindberg ve ark.²⁰³'ün yaptıkları bir çalışmada ışık cihazının ucu ile kompozit rezin yüzeyi arasındaki mesafenin artması polimerizasyon derinliğini olumsuz yönde etkilemiş, uzaklığın 6mm'den fazla olmasının polimerizasyon derinliğinde ciddi düşmelere neden olabileceği bildirilmiştir. İdeal düzeyde polimerizasyonun sağlanabilmesi için ışık cihazının ucu ile kompozit rezin arasının mümkün olduğunca birbirine yakın olması tavsiye edilmektedir. Price ve ark.²⁰⁴'ün ışık cihazlarının performanslarını karşılaştırdıkları bir çalışmada, gerçek klinik koşulları yansıtabilmesi adına ışık cihazının ucu ile kompozit rezin yüzeyi arasındaki mesafenin 0 mm olmaması ve ışığın belli bir mesafeden uygulanmasının doğru olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda; örnek yüzeyi ile ışık cihazının ucu arasındaki mesafenin standardize edilebilmesi için örneklerin üst ve alt yüzeylerine mylar strip bantlar (şeffaf bant) yerleştirilmiş ve ayrıca üst yüzeylerine 1 mm kalınlığında cam lamel yerleştirilerek polimerizasyon gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda kullandığımız LED ışık

cihazının gücü, her bir örneğin polimerizasyonu öncesi, fiber optik uç sensör üzerine yerleştirildikten sonra, bir radyometre (Hilux Curing Light Meter, Benlioğlu Dental,Türkiye) üzerinde bulunan göstergeden ölçülerek kontrol edilmiştir¹²⁹.

Işıkla polimerize olan kompozit rezinlerde polimerizasyon, ışık uygulaması sonrasında da devam etmektedir. Polimerizasyon derecesi kademeli olarak artış göstermekte ve bu oran 24 saatin sonunda %19-26 oranlarına anca ulaşabilmektedir.²⁰⁵ Yapılan bir çalışmada kompozit örneklerin bir grubu oda ısısı 20°C’de diğer grubu ise vücut ısısında 37°C’de 1 gün süreyle bekletmişlerdir. 37°C’de bekletilen örnekler 20°C’de bekletilenlere göre daha yüksek bir dönüşüm derecesi göstermiştir. Ayrıca polimerizasyonun hemen sonrası yapılan dönüşüm derecesi ölçümleri de 24 saat sonundaki dönüşüm değerlerinden düşük bulunmuştur.²⁰⁶ Bu yüzden çalışmamızda elde ettiğimiz örneklerin ölçüm aşamaları, polimerizasyon ve polisaj işlemleri sonrasında etüv cihazında 37°C’de 24 saat distile suda bekletildikten sonra uygulanmıştır.¹⁶⁹ Ayrıca bu sıcaklık ortamı ağız içi ortamı taklit ettiği için deney boyunca kullanılmıştır. Ağızdaki nemli ortamı taklit etmesi için distile su seçilmiştir.

Kompozit rezinlerin estetik olarak başarılı olması, yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi ile doğrudan ilişkilidir³. Yüzey pürüzlülüğü, estetik problemlerin yanı sıra, neden olduğu plak retansiyonu, yüzey renklenmesi ve sekonder çürük oluşumu ile restorasyonun klinik ömrünü de azaltmaktadır^{4, 5, 130}. Ayrıca kompozit rezin polimerizasyonu sonrasında en dış tabakada meydana gelen, serbest radikallerin havadaki oksijen ile birleşmesiyle oluşan, düzensiz ve yapışkan bir tabaka olan rezin açısından zengin oksijen inhibisyon tabakasının da uzaklaştırılmasının gerektiği birçok çalışmada bildirilmiştir^{50, 207, 208}. Bu nedenle başarılı bir restorasyon elde edebilmek için kompozit rezinlere bitirme ve polisaj işlemlerinin mutlaka uygulanması gerekmektedir.

Bitirme ve polisaj işlemleri için hem klinik ortamında hem de deneysel çalışmalarda çeşitli sistemler, elmas ve karbit frezler, alüminyum oksit diskler, elmas dolduruculu lastikler, fırçalar ve cila patları kullanılmaktadır²⁰⁹. Ancak bu sistemlerin birbirlerine kesin bir üstünlüğü yoktur. Hasta başı kullanım alanına sahip olmasına rağmen bu sistemlerin deneysel çalışmalarda kuvvet, hız ve zaman gibi operatör faktörlerinden etkilendiği ve standart polisaj elde edilemediği gözlemlenmiştir^{210, 211}. Bu yüzden çalışmamızdaki tüm örneklerin bitim ve polisaj işlemlerinde operatör faktörünü minimuma indiren, kısa bir sürede, tek aşamalı bir uygulama basamağıyla standart bir

prosedür sağlayan bir polisaj cihazı (Phoenix Beta Grinder and Polisher, Buehler, Almanya) tercih edilmiştir. Bitim ve polisaj işlemleri cihaza uygun 600 gritli Silikon Karbit zımpara kağıt yüzeyde ıslak şekilde uygulanmıştır^{116, 169}.

Literatürde kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi ile ilgili kritik eşik değeri bildiren çalışmalar mevcuttur^{132, 210, 212}. Bununla birlikte kabul edilmiş ortak bir eşik değeri yoktur. Birçok çalışmanın referans aldığı Bollenl ve ark.¹³² çalışmalarında 0.2µm'nun üzerindeki 2-D yüzey pürüzlülüğünün (Ra) plak birikiminin artmasına neden olabileceğini ve daha yüksek çürük ve periodontal inflamasyon riski oluşmasına yol açabileceğini bildirmiştir²¹¹. Ayrıca Reis ve ark.¹³³ yüzey pürüzlülüğün renklenme için belirleyici bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda Bollenl ve ark.¹³² referans alınarak örneklerin polisaj işlemi sonrası sahip olması gereken maksimum yüzey pürüzlülüğü kritik eşik değeri 0,2µm olarak kabul edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde mekanik ve optik profilometrelerin, taramalı elektron mikroskopunun (SEM) ve atomik kuvvet mikroskoplarının (AFM) kullanımları oldukça yaygındır²¹³. Bu çalışmalarda genellikle SEM ile profilometreler kullanılsa da SEM yüzey pürüzlülüğünden çok yüzey topoğrafyasının belirlenmesini sağlamaktadır. SEM ile örnek hazırlama sürecinin karmaşık ve uzun süreli oluşu, örnek yüzeyinde yapılan kaplamaların yüzeyde değişikliklere neden olma riskinin varlığı ve sadece iki boyutlu görüntülerin elde edilebilmesi gibi dezavantajları nedeniyle günümüzde Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) cihazlarının kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır^{142, 165}. AFM cihazları, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey topoğrafyasının değerlendirilmesinde ideale en yakın cihazlar olarak kabul görmektedir^{214, 215}. AFM yönteminde, minimum örnek hazırlığı ile örneğin doğal yapısını bozmadan, sadece X ve Y düzleminde değil aynı zamanda Z düzleminde de ölçüm yaparak aynı anda hem iki boyutlu hem üç boyutlu görüntü elde edilebilmektedir¹⁴². Ayrıca profilometre cihazlarından farklı olarak belli bir sürede noktasal değil, belirlenen yüzey alanında ölçüm yapmaktadır.

Ra (roughness average); yüzey pürüzlülük değerinin aritmetik ortalaması olup, birimi mikron (µm) dir¹⁴³. Ra değeri yüzey özelliklerinin tespitinde zayıf bir gösterge olsa da dental materyallerin yüzey değerlendirmelerinde en sık kullanılan parametredir¹⁹¹.

Çalışmamızda örnek yüzeylerinde herhangi bir değişiklik ve hazırlık yapmadan ölçüm sonrası deney basamaklarına devam edebilmek, incelenen örneklerdeki yüzey pürüzlülüğü sayısal verilerini elde edebilmek ve aynı zamanda hem iki hem de üç boyutlu görüntüler elde ederek yüzey topoğrafyasını değerlendirebilmek amacıyla bir AFM cihazı (Bruker Nano Surface Division AFM probes, Santa Barbara, CA, ABD) kullanımı tercih edilmiştir. Ölçümler nonkontakt modda, her bir örneğin rastgele seçilen üç farklı bölgesinden yapılarak ortalama değerler Ra (μm) cinsinden kaydedilmiştir. Aynı zamanda her bir ölçümün iki ve üç boyutlu topografya görüntüsü elde edilmiştir. Bunun yanı sıra yüzeye ilgili birçok parametre de tespit edilmiştir. Böylece hem rakamsal hem de görsel değerlendirme ve yorumlamaya uygun veriler elde edilmiştir.

Kalantari ve ark.²¹⁶ iki spektrofotometre cihazı ve görsel renk seçimi doğruluğunu karşılaştırmış ve kullanılan spektrofotometre cihazlarının (Vita EasyShade, ShadePilot) görsel renk seçimine oranla önemli ölçüde başarılı bulunduğunu bildirmiştir.

Kim-Pusateri ve ark.⁸³ dört farklı spektrofotometrenin güvenilebilirlik ve doğruluklarını araştırmış ve cihazların biri hariç (ShadeScan = %87.4) hepsinin %96 üzeri başarı gösterdiklerini bildirmiştir.

Dozic ve ark.²¹⁷ beş farklı renk tespit cihazının doğruluklarını karşılaştırdıkları çalışmalarında; Spektrofotometre cihazının hem in vivo hem de in vitro koşullarda en yüksek doğruluk gösteren, en güvenilir cihaz olduğunu bildirmiştir.

Klinik ve deneysel çalışmalarda Vita EasyShade ve SpectroShade Micro sıklıkla kullanılan spektrofotometre cihazlarından²¹⁸. EasyShade ve SpectroShade'in kullanım güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği açısından karşılaştırma çalışmaları literatürde mevcuttur^{83, 90, 218-220}. Bazı çalışmalarda SpectroShade cihazının daha tekrarlanabilir ve güvenilir olduğu bildirilmiştir^{83,90,218}.

SpectroShade Micro, görüntüleme üzerinden ölçüm yapan bir spektrofotometredir. Analitik bir yazılıma sahiptir. LCD dokunmatik ekranda gösterilen diş konumlandırma kılavuz sistemi, renk ölçümü esnasında kullanılabilir. Görüntüler ve spektral veriler dahili belleğe kaydedilebilir ve bir bilgisayara aktarılabilir. Bu durum verilerin işlenip istatistiksel işlem akışına gönderilmesinde kolaylık sağlar^{68, 221}. Ayrıca SpectroShade; Vita Classical ve Vita 3D gibi birçok renk skalasını bünyesinde bulundurması, güncel renk sistemleriyle uyumlu olması, diğer cihazlardan farklı olarak

bütün örnek yüzeyinin incelenebilmesi, incelenecek bölgelerin ekran üzerinden seçilebilmesi, kendi ışığından faydalanılarak renk analizi yapılabilmesi gibi birçok deneysel avantaja sahiptir^{93, 222, 223}. Bu yüzden çalışmamızda örneklerin tüm zaman periyotlarındaki renk ölçüm işlemleri için SpectroShade Micro cihazı kullanılmış ve her ölçüm cihaz belleğine kaydedilmiştir.

Renk ölçüm cihazı kullanılırken ölçüm yapılan zemin rengi ve yüzey aydınlatmasının sonuçları etkileyebileceği bildirilmiştir.²²⁴ Lee ve ark.²²⁵ renk farkını tespit edebilmek için yapılan farklı ölçümlerin aynı zemin üzerinde yapılması gerektiğini, aksi durumda renk karşılaştırması yapılamayacağını bildirmişlerdir. Cihazın ölçüm ucunun her zaman aynı bölgeye konumlandırılması zor bir işlemdir. Bu yüzden çalışmamızda tüm renk ölçümlerinde hazırladığımız standart özel yapım silikon kalıp zemin kullanılmıştır. Spektrofotometre cihazının ölçüm ucu ve silikon kalıp arasındaki dışarıdan ışık almayan anahtar-kilit uyumu sayesinde her ölçüm aynı bölge ve mesafeden yapılmış ayrıca cihazın kendi aydınlatma sistemi kullanılarak çevreden bağımsız ve standart ölçümler elde edilmiştir. Böylece zemin ve aydınlatma ortamının renk değişimine olan etkisi ortadan kaldırılmıştır.

Renk ölçüm cihazlarıyla yapılan ölçümler sonucunda elde edilen renk değişim değerleri ‘ ΔE ’ olarak ifade edilmektedir. E değeri, iki örneğin genel renk farklarını gösteren matematiksel bir ifadedir ve renk uzayındaki iki noktanın arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle objektif bir değerlendirmedir ve özel bir renk sistemi ile hesaplanmaktadır.

Literatüre bakıldığında diş hekimliğinde restoratif materyallerin renk değişim değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi için CIELAB veya CIEDE2000 renk sistemlerinden faydalanılmaktadır²²⁶⁻²²⁸. CIEDE2000 renk sistemi (ΔE_{00}), Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından tüm değişkenlerin eşit değerlendirildiği CIELAB renk sistemindeki (ΔE_{ab}) noksanları giderebilmek için gözün algısını daha baskın bir şekilde etkileyen faktörlerde değişikliklere gidilerek, kabul edilebilir ve algılanabilir renk değişimini daha doğru ve uyumlu şekilde tespit edebilmek amacıyla geliştirilmiş bir formüldür^{226, 229}. CIEDE2000 renk formülünün, insan gözünün algıladığı renk değişimlerini CIELAB renk formülüne göre daha iyi yansıttığını, dental materyallerdeki translüsensi ve renk değişiminin değerlendirilmesi amacıyla CIEDE2000 renk sisteminin kullanımının daha uygun olduğunu bildiren çalışmalar

mevcuttur^{106, 124, 125, 230}. CIEDE2000 sisteminin CIELAB sistemine göre avantajları olduğu ve giderek bu sisteme doğru yoğunlaşma olabileceği söylenebilir. Bu nedenle güncel literatüre uygun olarak çalışmamızdaki örneklerin renk değişimlerini (ΔE_{00}) hesaplamak için CIEDE2000 renk formülünden yararlanılmıştır.

CIEDE2000 renk formülüyle hesaplanan algılanabilir ve kabul edilebilir renk değişim eşik değerlerini konu alan az sayıda yayınlanmış çalışma vardır^{125, 128}.

Paravina ve ark.¹²⁸ 'a göre, renk değişim değeri (ΔE_{00}) için klinik algılanabilir eşik değeri **0.8** iken; kabul edilebilir eşik değeri ise **1.8** olarak kabul edilmektedir. Gözlemcilerin %50'si tarafından gözle farkedilebilir renk değişim değeri %50: %50 algılanabilir eşik değeri (perceptibility threshold) olarak tanımlanır. Gözlemcilerin %50'si tarafından klinik olarak kabul edilebilir renk değişim değeri ise %50:%50 kabul edilebilir eşik değeri (acceptability threshold) olarak tanımlanır^{119, 128}.

Çalışmamızda da bu değerler referans alınarak kabul edilebilir renk değişim eşik değeri $\Delta E_{00}=1.8$ olarak kabul edilmiştir¹²⁸. Renk değişim miktarlarını hesaplarken parametrik faktörlerin değerleri ($K_L=1$, $K_C=1$, $K_H=1$) olarak belirlenmiştir (CIEDE (1:1:1))^{121, 184}. CIEDE (2:1:1) renk formülünün kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur¹²⁷. Bu konuda literatürde kesin bir değer kanısı olmamasına rağmen çalışmamızda Toplumlar Arası Renk Konseyi (Inter-Society Color Council) tarafından onaylı olan Sharma ve ark.¹²¹'nin çalışmasındaki sistem tercih edilmiştir.

5.2. Bulguların Tartışılması

Çalışmamızda kullanılan tüm örneklerde, içeceklerde bekletilmelerinden ardından ΔE_{00} değerlerinde farklılıklar elde edilmiştir. Renklendirici içeceklere göre kompozit rezinlerin renk değişimi genel olarak değerlendirildiğinde ΔE_{00} değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğu ($p<0,001$) ve en yüksek ΔE_{00} değerlerinin kahve solüsyonlarında ($\Delta E_{00}=6,90$) bekletilen örneklerde elde edildiği bunu sırasıyla çay ($\Delta E_{00}=4,31$), kola ($\Delta E_{00}=1,45$) ve distile su ($\Delta E_{00}=0,93$) solüsyonlarının takip ettiği görülmüştür (Tablo 6). Kola ve distile suda bekletilen kompozit rezin örneklerin çalışma sonuçlarına göre toplam ΔE_{00} değerleri klinik olarak kabul edilebilir değerlerde bulunmuştur ($\Delta E_{00}<1.8$).

Kompozit rezin materyaller suyu absorbe edebildikleri gibi, diğer sıvı ve pigmentleri de absorbe edebilir ve bu da kompozit rezinin renklenmesi ile sonuçlanır²³¹.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kahvenin kompozit rezin materyaller üzerinde boyayıcı etkisinin ciddi şekilde fazla olduğu görülmektedir.

Tan ve ark.²³² kahvenin yüksek boyayıcı etkiye sahip olmasının, kahvenin asiditesiyle ilgili olabileceği yorumunda bulunmuştur. Başka bir çalışmaya göre kahve sarı renk pigmentleri içerdiğinden ve bu pigmentlerin polimer ağına afinite göstermesi nedeniyle bu içeceklerin kompozit rezinlerin renklenmelerine neden oldukları düşünülmektedir.²⁰⁷

Çaydaki renklendirici pigmentlerin sadece yüzeye absorbe olduğu, kahvedekilerin ise hem absorpsiyon hem de adsorpsiyonla renk değişimine sebep oldukları bildirilmiştir²³³.

Um ve Ruyter²³⁴, nonpolar ve hidrofilik olan kahve pigmentlerinin yüzeye yapıştıktan sonra o bölgede sabit kaldığı, polar ve daha az hidrofilik olan çay pigmentlerinin ise daha sonra yüzeyden uzaklaştığı ve kahvedeki boyanmanın bu nedenle daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Yannikakis ve ark.²³⁵ kompozit rezin materyallerin çaydan çok kahvede renklendiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmaların sonuçları ile uyumlu olarak çalışmamızdaki kompozit rezin örnekler çaya oranla kahve solüsyonlarından daha çok etkilenmiş ve kahve solüsyonunda bekletilen örneklerde daha yüksek ΔE_{00} değerleri ortaya çıkmıştır.

Çeşitli solüsyonların kompozit rezinler üzerinde renklendirici etkisinin test edildiği renk çalışmalarına bakıldığında kola solüsyonunun çay ve kahveye oranla daha düşük renk değişim değerleri gösterdiği görülmüştür^{6, 169, 236}.

Bagheri ve ark.²³⁶ kolanın sitrik asit içerdiği için düşük pH'a sahip olmasına ve rezin matriksin yumuşamasına sebep olarak kompozit yüzeylerinde bozulma meydana getirmesine rağmen, sarı renk boyar madde içermediği için kahve ve çay kadar renklenmeye neden olmadığı görüşünü öne sürmüşlerdir. Bu görüşle tutarlı olarak Barutçigil ve ark.⁶ çay ve kahvenin koladan daha yüksek oranda renklenmeye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Nasim ve ark.²³⁷ çalışmalarında kola ve siyah çayı kullanmışlar ve çayın koladan daha çok renklenmeye neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunun sebebini de çayda tannik asit bulunması ve kolada sarı boyar madde bulunmamasına bağlamışlardır.

Çalışmamızda da bu araştırmaların sonuçlarıyla uyumlu şekilde kola solüsyonunda bekletilen örneklerde, çay ve kahve solüsyonunda bekletilen örneklerle oranla daha düşük ΔE_{00} değerleri elde edilmiştir. Ayrıca kontrol solüsyonu olarak seçilen distile suyun herhangi bir boyayıcı pigment içermemesi ve asiditesinin nötral olmasından ötürü diğer solüsyonlara oranla düşük ve kabul edilebilir seviyede renk değişimine sebep olduğunu düşünmekteyiz. Renklendirici içecekler açısından bakıldığında çalışmamızın sonuçları literatürdeki çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

Kompozit rezin materyallerin renk stabilitesi için renklendirici içeceklere maruz kalma süresi kritik bir öneme sahiptir²³⁸. Bu materyallerin renk stabilitesini değerlendiren çalışmalar hem kısa hem de uzun dönemli maruziyetin etkisini değerlendirmiştir^{239, 240}. Bu alandaki en uzun dönemli maruziyet çalışması Arregui ve ark.'nın²⁴¹ 9 çeşit kompozit rezin materyali 6 farklı solüsyonda 6 ay beklettikleri bir çalışmadır. Bu konudaki ortak düşünce; solüsyonların maruziyeti arttıkça kompozit rezinlerin renk değişimi üzerine etkilerinin artacağı yönündedir^{193, 239, 242}.

Çalışmamızın verilerine bakıldığında renk ölçümü yapılan 1, 7 ve 14. Günlerdeki zaman bazındaki ortalama ΔE_{00} değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar mevcuttur ($p < 0,001$). 14. Gün ortalaması $\Delta E_{00}=4,52$, 7. Gün ortalaması $\Delta E_{00}=3,51$ ve 1. Gün ortalaması $\Delta E_{00}=2,17$ olarak elde edilmiştir (Tablo 6). Örneklerin renk değişiklikleri, kullanılan renklendirme solüsyonundan bağımsız şekilde 14.günde en fazla iken 1.günde en düşük bulunmuştur. Çalışmamızın toplam zaman bazında renklenme hızına bakılacak olursa grupların ilk 24 saatte en yüksek oranda renklendiği söylenebilir. Renklenme hızı deney zaman dilimlerinde giderek yavaşlamıştır.

Önceki çalışmalar, en yüksek renk bozulmasının 1 gün ile 7 gün arasında meydana geldiğini, doygunluğa yöneldiği 14.güne kadar uzandığını göstermiştir²⁴³.

Önceki çalışmalarla uyumlu olarak çalışmamızda da solüsyona maruz kalma süresi arttıkça kompozit rezinlerin renk değişimi renklenme hızı yavaşlasa da devamlı şekilde artmaktadır. Her ne kadar çalışmamızda solüsyonlarda bekletmenin uzun süreli etkilerini değerlendirmek için belirlenen süre 14 gün olsa da renk değişimlerinin (ΔE_{00}) başlangıçtan 14.güne kadar olan 3 zaman diliminde de devamlı şekilde değişiyor olması sürenin önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak döngüsel değil de sürekli şekilde solüsyonlara maruz

birakılma protokolü seçilmiş olması 14 günden daha uzun süreli klinik etkinin gösterilmesi açısından önem arz etmektedir.

Ayrıca laboratuvarında ağız içi taklit edilemediğinden ve ağız içerisinde restoratif materyaller asla bu kadar uzun süre boyama ortamlarına maruz bırakılmadığından, in vitro ve in vivo testler arasında tam bir korelasyon kurulması oldukça zordur.

Kompozit rezin materyallerin renklenmesinde doldurucu içeriğinin önemli bir etkisi vardır. Materyalin renklenmeye olan yatkınlığı doldurucunun tipinden ve oranından etkilenmektedir. Düşük oranda doldurucu içeriğine sahip kompozit rezinlerin renk stabilitesinin daha düşük olduğu bilinmektedir²⁴⁴.

Ayrıca rezin matriksin su emmesi sebebi ile su ile taşınan renklendirici pigmentlerin kompozit rezinleri renklendirdiği bilinmektedir²⁴⁵. Doldurucular suyu absorbe etmezler. Bu nedenle kompozit rezin ne kadar fazla rezin matriks içeriyorsa o kadar fazla su absorbe etmektedir. Düşük doldurucu içeriğine sahip kompozit rezinlerin, daha fazla rezin matriks içermeleri nedeniyle daha fazla renk değişimine uğradıkları literatürdeki çalışmalarda da bildirilmiştir²⁴⁶⁻²⁴⁸. Aslında bu konu bizim çalışmamızın hipotezinin temelini oluşturmaktadır.

Saraç ve ark.¹⁸⁹'nin farklı inorganik doldurucu içeriğine sahip kompozit rezinlerin renk stabilitesini karşılaştırdıkları bir çalışmada en iyi renk stabilitesinin doldurucu oranı en yüksek olan nanohibrit bir kompozitin gösterdiğini tespit etmişler ve inorganik doldurucu oranının artmasının kompozit rezinlerde daha iyi bir renk stabilitesi sağlayacağını bildirmişlerdir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre tüm solüsyon ve zamanlar göz önüne alındığında renk stabilitesi karşılaştırması yaptığımız beş farklı kompozit rezin materyalin arasında toplam renk değişim değeri en az olan yani en iyi renk stabilitesi gösteren materyalin doldurucu oranı en yüksek (Ağırlıkça %82, Hacimce %71) supra-nanohibrit kompozit rezin olan Estelite Asteria (Grup A) ($\Delta E_{00}=1,53$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6). Bu açıdan çalışmamız literatürdeki çalışmaların bildirileriyle uyumlu bir sonuç vermiştir.

Estelite Asteria, 200 nm partikül boyutuna sahip, sol-jel yöntemiyle silika-zirkondan üretilmiş uniform dağılımlı küresel tipte doldurucuları içermektedir. Sol-jel yöntemi, doldurucu ölçüsünü kontrol edilebilmesini sağlayan bir yöntemdir. Estelite

Asteria'nın doldurucu partikül üretimindeki farklılık ve içerdiği doldurucu tipi de onun renk stabilitesinin üstün olmasını sağlayan diğer bir sebep olabilir. Çalışmamızın sonucunda; Estelite Asteria'nın toplam renk değişim değeri klinik kabul edilebilir değer sınırları içerisinde bulunmuştur ($\Delta E_{00} < 1,8$).

Estelite Asteria'dan sonra toplam renk stabilitesi yüksek yani düşük renk değişimi sergileyen materyaller enjekte edilebilen kompozit rezinler olarak tespit edilmiştir. Bunlar sırasıyla G-aenial Universal Injectable (Grup INJ) ($\Delta E_{00}=2,55$) ve G-aenial Universal Flo (Grup UF) ($\Delta E_{00}=3,05$) 'dur (Tablo 6). Enjekte edilebilen kompozit rezinlerin inorganik doldurucu oranları (Ağırlıkça %69, Hacimce %50) diğer geleneksel estetik kompozit rezin materyallere oranla düşük olmasına rağmen toplam renk stabiliteyi diğer iki ana grup olan Ceram X (Grup X) ($\Delta E_{00}=3,49$) ve Essentia (Grup E) ($\Delta E_{00}=6,36$)'dan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 6). Bunun sebebinin bu kompozit rezinlerin monomer yapı ve içerikleriyle ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Kompozit rezinlerin renk stabilitesinde bir diğer önemli faktör de monomer yapısı ve içeriği olarak görülmektedir¹³³. Kompozit materyallerde farklı türde monomerler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan 4 oligomer; birçoğunun organik matriksinde esas monomer olan BisGMA (bisfenol A diglisil-eter-metakrilat), Bis-EMA (etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilat), UDMA (üretan dimetakrilat) ve TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilat)'dır²³¹.

Ertaş ve ark.¹¹⁶ farklı içeceklerde bekletilen mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerin renklenme düzeylerini değerlendirmişler ve sonuç olarak en düşük ΔE değerlerine rezin matriks yapısında TEGDMA içermeyen Filtek Z250 ve Filtek P60'ın sahip olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmanın sonucunda TEGDMA'nın hidrofilik yapısından ötürü renklenmeden sorumlu olabileceğini belirtmişlerdir.

Sideridou ve ark.²⁴⁹, TEGDMA ve Bis-GMA monomerleri tarafından su emiliminin UDMA' dan daha yüksek olduğunu belirtmişler ve TEGDMA'nın polimer ağının daha heterojen olmasından ötürü aralarındaki en yüksek su emilimine sahip olan monomer olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Bis-GMA'nın rijit ağ oluşumuna yol açması nedeni ile ana monomer içeriği Bis-GMA olan kompozit rezinlerin, TEGDMA içeren kompozit rezinlere göre daha az; UDMA ve Bis-EMA içeren kompozit rezinlere göre ise daha fazla su emilimi gösterdiğini ifade etmişlerdir.

UDMA monomerinin, Bis-GMA'ya göre de renklenmeye karşı daha dirençli olduğu bilinmektedir. Bunun, UDMA monomerinin düşük çözünürlük ve su emilimi göstermesi ile görünür ışıkla yeterli derecede polimerize olabilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir²³¹.

Çalışmamızda kullandığımız enjekte edilebilen kompozit rezinler olan G-aenial Universal Injectable ve Universal Flo'nun her ikisi de UDMA monomeri içermektedir. Ayrıca ikisi de hidrofilik bir monomer olan Bis GMA içermemektedir.

Universal Injectable ve Universal Flo aynı doldurucu oranlarına sahip olmalarına rağmen yine de aynı doldurucu ve monomer içeriklerine sahip değildirler. Universal Injectable kompozitin renk stabilitesinin Universal Flo'dan daha başarılı olmasının sebebi TEGDMA monomeri içermemesinden kaynaklı olabilir. Universal Flo ise TEGDMA içermektedir. Ayrıca Universal Injectable kompozit ana monomer olarak Bis EMA'ya sahiptir. Bis EMA ve UDMA gibi hidrofobik iki monomer sayesinde renk stabilitesinin Universal Flo'ya göre daha üstün olması akla gelmektedir.

Silanizasyon için kullanılan silanın yapısı, kompozit materyallerin çözücü absorpsiyonu ve çözünürlüğü üzerinde bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir²⁵⁰.

Karadaş ve Demirbuğa²⁵¹'nın yedi farklı bulk fill rezin kompozit ve nanokompozitin yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesini değerlendirdikleri bir çalışmada Universal Flo kompozitinin çoğu materyale göre daha iyi renk stabilitesi göstermesini materyalin yeni bir silanizasyon tekniği kullanılarak üretilmesine bağlamışlardır, ve bunun materyalin hidrolitik stabilite ve dayanıklılığını iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kullandığımız enjekte edilebilen iki kompozit materyal de firmanın farklı bir silanlama tekniğiyle ürettiği materyallerdir. "Kapsamlı silan kaplama teknolojisi" adı verilen teknik ile gelişmiş rezin monomer yapısına doldurucuların daha homojen ve yoğun dağıtılmasını sağladığını belirtmişlerdir²⁵². Bu da bu iki enjekte edilebilen kompozit rezin materyalin doldurucu oranların düşük olmasına rağmen Essentia ve CeramX 'e oranla daha iyi bir renk dayanımı göstermelerine katkı sağlamış olabilir.

Çalışmamızda kullandığımız Essentia Enamel, Estelite Asteria ve Ceram.X kompozit rezinlerinin doldurucu içerikleri sırasıyla ağırlıkça %81, %82 ve %79'dur. Her üç materyal de hidrofobik UDMA rezini içermektedir. Bu nedenle bu kompozit rezin

materyallerin renk değişimlerdeki farklılıklar doldurucu oranları veya UDMA varlığı ile açıklanamaz.

Korkut ve Türkmen²⁵³,in maksiller ön bölge estetik restorasyonları 4 yıl takip ettikleri bir klinik çalışmasında Essentia ve Ceram X kompozitleri ile yapılan restorasyonların Asteria ile yapılanlara göre daha düşük renk dayanımı gösterme sebebini Essentia ve CeramX 'in rezin matrislerinde bulunan önceden polimerize edilmiş doldurucu partikülleri ile açıklamışlar ve doldurucu partikülleri ile rezin matrisi arasında zayıf çapraz bağlantı olabileceğini bildirmişlerdir.

Abdul-Kareem ve ark.²⁵⁴,nın farklı solüsyonlarda bekletilen mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerin renk stabilitelelerini değerlendirdikleri bir çalışmasında en düşük renk stabilitesini nanohibrit kompozit rezin olan Essentia'nın gösterdiğini tespit etmişler ve bunun sebebini de Essentia'nın prepolimerize doldurucu içeren rezin yapısıyla açıklamışlardır. Essentia, rezin matrisi ile kompozitteki rezin içeriğini artırabilen, dolayısıyla su emilimi ve sonuç olarak renklenme duyarlılığını artırabilen prepolimerize rezin doldurucuları içermektedir²⁵⁴.

Çalışmamızın toplam renk stabilitesi açısından en başarısız materyali Essentia Enamel olmuştur. Essentia ağırlıkça %81 oranında doldurucu içermesine rağmen bir polikromatik nanohibrit bir kompozittir. Mine tabakası olarak direkt kompozit veneer restorasyonların en dış tabakası olarak uygulanmaktadırlar. Mine tabakasını taklit edecek şekilde yüksek translüsent ve parlaktır. En dış tabakada oral ortama maruz kalmaktadır. Bu yüzden çalışmamıza dahil edilen farklı tür bir kompozit rezin materyaldir.

Salgado ve ark.²⁵⁵ rezin kompozitlerin translüsentliğinin renk stabilitesi üzerindeki etkisini inceledikleri bir çalışmalarında kullanılan tüm kompozit rezinlerin yüksek translüsentliğe sahip tonlarında düşük renk stabilitesi sergilendiğini gözlemlemiş ve rezin materyallerin translüsentliğinin renk stabilitesini etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız Essentia Enamel'in belirgin şekilde düşük renk stabilitesi göstermesinin sebeplerinden biri de bu çalışma ile uyumlu olarak yüksek translüsent tonda olması olabilir. Üretici translüsensideki bu farklılığı mine tonlarında daha fazla nanodoldurucu içerik ve prepolimerize doldurucular kullanarak sağlamaktadır²⁵⁶.

Grup, içecek ve zamanın renk değişimine etkisi incelendiğinde, çalışmamızda *distile su (kontrol) solüsyonunda* bekletilen 5 farklı kompozit örnek grubun 1, 7 ve 14.günde sergilemiş oldukları renk değişim değerlerine bakıldığında tüm değerler klinik kabul edilebilir eşik değer sınırları içerisinde bulunmuştur ($\Delta E_{00} < 1,8$). Bu da distile suyun renklendirme etkisinin nispeten düşük ve kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda *çay solüsyonunda* bekletilen 5 farklı grubun 1, 7 ve 14.günde sergilemiş oldukları renk değişim değerlerine bakıldığında en düşük renk değişim değerini Estelite Asteria 1.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=1,33$). En büyük renk değişim değerini ise Essentia 14.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=11,67$). Estelite Asteria ($\Delta E_{00}=1,33$) ve G-aenial Universal Injectable'ın ($\Delta E_{00}=1,36$) 1.gündeki renk değişimi dışındaki tüm renk değerleri klinik kabul edilebilir eşik değer sınırlarını aşmıştır ($\Delta E_{00} > 1,8$) (Tablo 6). Kısacası çay solüsyonunda bekletilen tüm gruplarda 7. ve 14. günde kabul edilemez değerler gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda *kahve solüsyonunda* bekletilen 5 farklı grubun 1, 7 ve 14.günde sergilemiş oldukları renk değişim değerlerine bakıldığında en düşük renk değişim değerini Asteria 1.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=1,68$). En büyük renk değişim değerini ise Essentia 14.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=16,73$). Bu değer aynı zamanda çalışma boyunca belirlenen en yüksek renk değişim değeridir. Asteria'nın 1.gün ($\Delta E_{00}=1,68$) göstermiş olduğu renk değişimi dışındaki tüm renk değerleri klinik kabul edilebilir eşik değer sınırlarını aşmıştır ($\Delta E_{00} > 1,8$). Kısacası kahve solüsyonunda bekletilen tüm gruplarda 7. ve 14. günde kabul edilemez değerler gözlemlenmiştir.

Malekipour ve ark.²⁵⁷ universal bir kompozit materyali çeşitli içeceklerde (kahve, çay, kola, limonata, distile su) 1,7 ve 14 gün beklettikleri bir renk çalışmalarında 14.günün sonunda kompozit rezini en çok çay ve kahvenin renklendirdiğini tespit etmişlerdir. Bunu da kahve ve çayın farklı polaritelerde sarı renklendirici pigmentler içermesi ile açıklamışlardır.

Çalışmamızda *kola solüsyonunda* bekletilen 5 farklı grubun 1, 7 ve 14.günde sergilemiş oldukları renk değişim değerlerine bakıldığında en düşük renk değişim değerini Asteria 1.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=0,31$). En büyük renk değişim değerini ise Essentia 14.gün'de göstermiştir ($\Delta E_{00}=4,19$). Essentia grubunun renk değişim değerleri 3 zaman diliminde de klinik kabul edilebilir eşik değer sınırlarını aşmıştır ($\Delta E_{00} > 1,8$).

Ayrıca CeramX grubunun 14.gün değeri ($\Delta E_{00}=2,36$) bu sınırı aşan değerdir. Bunun dışında diğer tüm renk değerleri klinik kabul edilebilir eşik değer sınırları içerisinde ($\Delta E_{00}<1,8$).

Gregor ve ark.²⁵⁸ nanoseramik esaslı Ceram X kompozitinin (yapısında metakrilat modifiye polisiloksan, Ba, Al Borasilikat cam mevcut), asidik meyve suyundan oldukça etkilendiği bulunmuş ve bunun meyve suyunun polisiloksan bileşenlerine olası asidik saldırısından kaynaklı olduğu düşünülmüştür. Çalışmamızla uyumlu olarak meyve suyu gibi kolanın da asidik yapısının nanoseramik yapıdaki Ceram X'in renk değişimine etkisi olmuş olabilir.

Garoushi ve ark.²⁵⁹ kahve ve çay solüsyonlarında bekletilen örneklerin ΔE değerlerinin, klinik olarak kabul edilemez değer olan $\Delta E_{ab}=3,3$ ' den yüksek bulunmuşken, kolada bekletilen örneklerin renklerinin hemen hemen ilk ölçüm değerlerine yakın olduklarını bildirmişlerdir.

Çalışmamızın renk değerlendirme sonuçlarına göre doldurucu oranları en düşük olan enjekte edilebilen üniversal kompozitlerin her ne kadar toplam renk stabiliteyi doldurucu oranı en yüksek olan supra nano hibrit kompozit Asteria'ya göre düşük olsa da diğer doldurucu oranları yüksek olan Ceram X One ve Essentia'ya göre yüksek bulunmuştur. Buna göre inorganik doldurucu oranı yüksek olan kompozit rezinlerin renk stabilitesi de yüksek olur şeklindeki ilk hipotezimiz **kısmen reddedilmiştir**.

Yüzey pürüzlülüğü açısından bakıldığında, literatürde farklı çeşit bitirme ve polisaj sistemlerinin kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüklerine etkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur^{137, 260}. Piyasada birçok bitirme ve polisaj sistemi seçeneği olmasına rağmen mevcut araştırmamızda ön bölgede kullanılabilen farklı türdeki kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırmak için standart tek bir polisaj sistemi kullanılmıştır. Bu aşamayı uygularken operatör faktörünü elimine edebileceğimiz bir polisaj cihazı tercih edilmiştir. Burada önemli olan, kompozit rezinlerin matriks ve doldurucu içeriklerinin polisaj sonrası yüzey pürüzlülükleri üzerinde etkili bir fark ortaya koyup koyamayacağını tartışmaktır. Sonuçlar farklı yüzey bitim ve polisaj sistemlerinde farklılıklar gösterebilir.

Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında gruplar arasında yüzey pürüzlülük değerlerinin ortancaları arasında anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır($p=0,021$). Bu

farklılığın sebebi ise Universal Flo grubunun ortanca değerinin (0,114), Universal Injectable grubunun ortanca değerinden (0,076) yüksek çıkmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 7). Kompozit rezin gruplarının yüzey pürüzlülükleri arasındaki tek farklılık bundan ibarettir. Diğer kompozit rezinler arasında benzer yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Alkhadim ve ark.²⁶¹'nin standart bir polisaj uyguladıkları dört farklı kompozit rezinin (Z250XT, IPS Empress-Direct, G-aenial, Vitescence, ve Ceram X) polisaj sonrası yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları bir çalışmada bu materyallerin yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilemediği bildirilmiştir.

Göztaş ve ark.²⁶²'nin bir nanofil ve dört nanohibrit kompozitin polisaj sonrası yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları bir çalışmada bu materyallerin yüzey pürüzlülükleri arasında anlamlı bir farklılık tespit etmişler ve bunu da kompozit rezinlerin doldurucu içerik ve yoğunluklarının farklı olması ile açıklamışlardır. Ayrıca nanohibrit kompozitler içerisinde düşük oranda doldurucu içeren kompozitlerin daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Kompozit rezinlerin farklı büyüklük ve sertlik derecelerinde inorganik dolduruculara ve rezin matrislere sahip olmaları; farklı yüzey özellikleri göstermelerine neden olmaktadır. Polisaj sonrasında, küçük boyutlu doldurucu içeren rezinler, büyük boyutlu doldurucu içeren rezinler ile kıyaslandığında daha düzgün yüzeyler göstermektedir²⁶³. Ancak, yüzey pürüzlülüğünün sadece doldurucuların büyüklüğüne bağlı olmadığını bildiren çalışmalar da vardır²⁶⁴. Bununla birlikte, kullanılan polisaj sistemlerinin de sonuçta elde edilen yüzey pürüzlülüğü üzerinde anlamlı etkisi görülmektedir. Literatürdeki sonuçlar kullanılan materyal ve sistemlere göre değişiklik göstermektedir.

Üçtaşlı ve ark.²⁶⁰'nin akışkan ve tepilebilir kompozitlerin bir alüminyum oksit aşındırıcı sistem ile polisajı sonrası yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdığı bir çalışmada akışkan ve tepilebilir kompozitler arasında doldurucu oran farklılığına rağmen benzer yüzey pürüzlülüğü gösterdiğini gözlemlemişler ve bunun sebebini de kullanılan alüminyum oksit aşındırıcının sertliğinin kompozit rezinlerin formülündeki çoğu doldurucu partikülden sert olmasıyla açıklamışlardır. Bu sistemin, doldurucu partiküllerini düzleştirme ve daha yumuşak rezin matrisini eşit oranda aşındırma özelliğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız 600 gritlik

silikon karbit zımpara kağıdının sert yapısı ve cihazın sisteminin standart dönme mekanizması materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin benzer çıkmasında etkili bir faktör olmuş olabilir.

Enjekte edilebilir bir kompozit rezin olan G-aenial Universal Injectable, viskositesine rağmen ağırlıkça %69 gibi yüksek bir doldurucu oranına sahiptir. Bu oran Universal Flo için de geçerlidir. Ancak formülasyonu, tam kapsamlı silan kaplama teknolojisi sayesinde rezin matrisine daha güçlü bir şekilde bağlanan ultra ince baryum parçacıklarına (150nm) dayanmaktadır. Ayrıca bu ürün üretici firma tarafından G-aenial Universal Flo'nun sonrasında piyasaya sürdüğü daha iyi özellikli enjekte edilebilir kompozit olarak belirtilmiştir. Burada Universal Injectable 'ın daha gelişmiş bir silanizasyon sistemi ile rezin ve doldurucu partikül bağlantısının güçlendirilmesi ve daha ince formda doldurucu partiküllere (150nm) sahip olması bu materyalin yüzey pürüzlülüğünün Universal Flo'ya oranla daha az çıkmasında etki göstermiş olabilir.

Günümüzde nanoteknolojinin diş hekimliği alanında kullanılması ile geliştirilen yeni nesil kompozit rezinlerin bitirme ve cila işlemleri sonrası 0,2 µm'dan düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilebilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız standart 600 gritlik silikon karbit polisaj kağıdının polisaj sonrası tüm kompozit rezin gruplarında 0,2 µm'dan düşük Ra değeri oluşturduğu tespit edilmiştir (0,096 ila 0,117 µm arasında). Polisaj sonrası tüm kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülük değerleri klinik kabul edilebilir sınırlar içerisinde (Ra<0,2 µm).

Farklı bitim ve polisaj sistemlerinin bugün halen birbirilerine kesin bir üstünlüğü olduğu kanıtlanamamıştır. Ayrıca araştırmamızda kullandığımız sistem deneysel bir sistemdir. Buna rağmen kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülükleri üzerinde klinik olarak kabul edilebilir sonuç elde edilmiştir.

Tüm kompozit rezin gruplarının AFM cihazından elde edilen yüzey topografya görüntüleri incelendiğinde sonuçlarla benzer şekilde beş gruptaki tüm görüntüler de genellikle periodik, orta düzensizlikte, sıg tepeler benzer şekilde gözlenmiştir.

Çalışmamızın yüzey pürüzlülük sonuçlarına göre, kompozit rezinlerin polisaj sonrası yüzey pürüzlülük değerleri arasında anlamlı bir fark ortaya çıkmayacağı yönündeki ikinci hipotezimiz Universal Injectable ve Universal Flo kompozitlerin arasında oluşan anlamlı fark nedeniyle **kısmen reddedilmiştir**.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma birtakım sınırlamalar içermektedir;

- Ağız içerisinde restorasyonlar; çiğneme kuvvetleri ve diş fırçalama gibi mekanik kuvvetler ile farklı sıcaklık derecelerinde solüsyonlara ve tükürüğün protein ve enzimlerine maruz kalabilmekte ve bu durumun kompozit rezinlerin renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini etkileyebileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla çalışmamızda ağız ortamı tamamen simüle edilememiştir. Bu nedenle, kompozit rezin materyallerin bu özelliklerinin daha farklı süre ve sıcaklıklarda hatta farklı kuvvetler altında değişip değişmediğini inceleyen kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.
- Çalışmada kullanılan örnekler standart kalıp kullanılarak, düz yüzey oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Bu materyallerin ağız içerisinde anterior bölgede kullanıldığı zaman, polisaj cihazı ile polisajı yapılamayacağı için yüzey pürüzlülük değerlerinde farklılıklar oluşması söz konusu olabilir. Bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
- İçeceklerde bekletilme süresi 14 gündür. Daha farklı içecek ve zaman dilimlerinde bekletilmenin klinik performansı farklı şekilde taklit edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca içeceklerde bekletilme sonrası yüzey pürüzlülüklerinin de ele alınabileceği karşılaştırmalı çalışmalara da ihtiyaç vardır. Bu yüzden yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi arasında bir korelasyon kurulamamıştır.
- Yüzey pürüzlülüğü ölçüm aşamasında kullanılan AFM cihazının kullanımı maliyetli ve zaman alıcıdır. Bu da çalışmanın akış hızını etkilemektedir.

Bu in vitro çalışmanın sınırları dahilinde şu sonuçlara varılabilir;

- 1) Kompozit rezin materyallerin renk stabilitesi, sadece inorganik doldurucu oranından değil aynı zamanda doldurucu içeriği ve türünden, organik matriks içeriği ve yapısından ve bunların birbirine olan bağlantısından da etkilenmektedir.
- 2) Kompozit rezin materyallerin renk stabilitesi, renklendirici içecekler ve bekletilme sürelerinden etkilenmektedir.
- 3) İçeceklerde bekletilme periyodu arttıkça kompozit rezin materyallerin renk değişimi artmaktadır.

- 4) Çalışmamızda kullandığımız materyalleri en çok renklendiren içecek kahvedir. Daha sonra bunu sırasıyla çay, kola ve distile su takip etmektedir.
- 5) Çalışmamızda kullandığımız kompozit rezin materyaller içerisinde en iyi renk stabilitesini gösteren Estelite Asteria olmuştur. En kötü renk stabilitesi gösteren materyal Essentia Enamel'dir.
- 6) Çalışmamızda kullandığımız tüm kompozit rezin materyalin polisaj sonrası yüzey pürüzlülükleri klinik kabul edilebilir değer sınırları içerisinde dir.
- 7) Universal Injectable (Grup INJ) hem renk stabilitesi hem de polisaj sonrası yüzey pürüzlülüğü seviyesi açısından Universal Flo (Grup UF)'a oranla daha başarılı bir materyal olarak gözlemlenmiştir.
- 8) Bu çalışma, test ettiğimiz enjekte edilebilen kompozitlerin geliştirilebilmesi için farklı çeşit materyal ve özelliklerle karşılaştırıldığı kapsamlı in vitro ve in vivo çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

7. KAYNAKÇA

1. Roberson Theodore M. HHO, Swift Edward J. Jr. Sturdevant's Art And Science Of Operative Dentistry. Ankara: Güneş Tıp Kitapevleri; 2011.
2. Celik C. Güncel Kompozit Rezin Sistemler. Türkiye Klinikleri Journal Of Medical Sciences. 2017;3:128-37.
3. Hosoya Y, Shiraishi T, Odatsu T, Nagafuji J, Kotaku M, Miyazaki M, Et Al. Effects Of Polishing On Surface Roughness, Gloss, And Color Of Resin Composites. J Oral Sci. 2011;53(3):283-91.
4. Watanabe T, Miyazaki M, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, Ando S. Influence Of Polishing Duration On Surface Roughness Of Resin Composites. Journal Of Oral Science. 2005;47(1):21-5.
5. Ozel E, Korkmaz Y, Attar N, Karabulut E. Effect Of One-Step Polishing Systems On Surface Roughness Of Different Flowable Restorative Materials. Dental Materials Journal. 2008;27(6):755-64.
6. Barutçigil Ç, Yıldız M. Intrinsic And Extrinsic Discoloration Of Dimethacrylate And Silorane Based Composites. J Dent. 2012;40 Suppl 1:E57-63.
7. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color Stability Of Dental Composites As A Function Of Shade. J Prosthet Dent. 1998;79(4):372-7.
8. Mundim FM, Garcia Lda F, Cruvinel DR, Lima FA, Bachmann L, Pires-De-Souza Fde C. Color Stability, Opacity And Degree Of Conversion Of Pre-Heated Composites. J Dent. 2011;39 Suppl 1:E25-9.
9. Terry D, Powers J. A Predictable Resin Composite Injection Technique, Part I. Dentistry Today. 2014;33:96, 8-101.
10. EU C. Restoratif Diş Tedavisi Akıl Notları. In: Erdemir U, Editor. Ankara: Güneş Tıp Kitapevi; 2020. P. 115-29.
11. Dayangaç G. Kompozit Rezin Restorasyonlar. Ankara: Güneş Kitapevi; 2000. 2-20 P.
12. Hervás-García A, Martínez-Lozano MA, Cabanes-Vila J, Barjau-Escribano A, Fos-Galve P. Composite Resins. A Review Of The Materials And Clinical Indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2006;11(2):E215-20.
13. Bowen RL. Properties Of A Silica-Reinforced Polymer For Dental Restorations. J Am Dent Assoc. 1963;66:57-64.
14. Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, Et Al. Development And Status Of Resin Composite As Dental Restorative Materials. Journal Of Applied Polymer Science. 2019;136(44):48180.

15. Rueggeberg FA. From Vulcanite To Vinyl, A History Of Resins In Restorative Dentistry. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2002;87(4):364-79.
16. Nayir Y. İçeceklerin Ve Repolisaj Tekniklerinin Anterior Kompozit Rezin Materyallerin Renk Stabilitesi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi [Uzmanlık Tezi]. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi; 2019.
17. Sakaguchi RL, Powers JM. Chapter 9 - Restorative Materials—Composites And Polymers. *Craig's Restorative Dental Materials (Thirteenth Edition)*. Saint Louis: Mosby; 2012. P. 161-98.
18. Ritter Andre V. BLW, Walter Ricardo. *Sturdevant's Art And Science Of Operative Dentistry*. China: Elsevier; 2019.
19. Floyd CJ, Dickens SH. Network Structure Of Bis-GMA-And UDMA-Based Resin Systems. *Dental Materials*. 2006;22(12):1143-9.
20. Anusavice KJ, Phillips RW, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science Of Dental Materials*. 12th Ed. Ed. United States: St. Louis, Mo. : Elsevier/Saunders, C2013.; 2013.
21. Maghaireh GA, Taha NA, Alzraikat H. The Silorane-Based Resin Composites: A Review. *Oper Dent*. 2017;42(1):E24-E34.
22. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes In Dental Composites. *Dental Materials*. 2005;21(1):68-74.
23. Chen MH. Update On Dental Nanocomposites. *J Dent Res*. 2010;89(6):549-60.
24. Restorasyonlar DBK. Quintessence Yayıncılık. Ankara; 2011.
25. Lung CYK, Matinlinna JP. Aspects Of Silane Coupling Agents And Surface Conditioning In Dentistry: An Overview. *Dental Materials*. 2012;28(5):467-77.
26. Ünlü N, Çetin,A.R.,. Kompozit Rezin Materyallerin İçeriklerindeki Yeni Gelişmeler. *Turkiye Klinikleri J Dental Sci*. 2008;14(3).
27. Pehlivan N, Karacaer Ö. Diş Hekimliğinde Kullanılan Kompozit Rezinlerin Güçlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*. 2014;31(3).
28. Velo Mmdac, Coelho Lvbf, Basting Rt, Amaral Flbd, França Fmg. Longevity Of Restorations In Direct Composite Resin: Literature Review. *RGO-Revista Gaúcha De Odontologia*. 2016;64(3):320-6.
29. Lutz F, Phillips RW. A Classification And Evaluation Of Composite Resin Systems. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 1983;50(4):480-8.
30. Burgess JO, Walker R, Davidson JM. Posterior Resin-Based Composite: Review Of The Literature. *Pediatr Dent*. 2002;24(5):465-79.

31. Randolph LD, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Filler Characteristics Of Modern Dental Resin Composites And Their Influence On Physico-Mechanical Properties. *Dental Materials*. 2016;32(12):1586-99.
32. Riva Y, Rahman S. *Dental Composite Resin: A Review* 2019. 020011 P.
33. Mitra S, Wu D, Holmes B. An Application Of Nanotechnology In Advanced Dental Materials. *Journal Of The American Dental Association* (1939). 2003;134:1382-90.
34. Mahmoud SH, El-Embaby AE, Abdallah AM, Hamama HH. Two-Year Clinical Evaluation Of Ormocer, Nanohybrid And Nanofill Composite Restorative Systems In Posterior Teeth. *J Adhes Dent*. 2008;10(4):315-22.
35. Spiller MS. *Dental Composites: A Comprehensive Review*. Albany, NY. 2012;12212.
36. Demirci M, Tuncer S, Öztaş E, Tekçe N, Uysal Ö. A 4-Year Clinical Evaluation Of Direct Composite Build-Ups For Space Closure After Orthodontic Treatment. *Clinical Oral Investigations*. 2015;19(9):2187-99.
37. Cetin AR, Unlu N. One-Year Clinical Evaluation Of Direct Nanofilled And Indirect Composite Restorations In Posterior Teeth. *Dental Materials Journal*. 2009;28(5):620-6.
38. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review And Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(6):Ze18-24.
39. Eakle WS, Hatrick CD. *Dental Materials: Clinical Applications For Dental Assistants And Dental Hygienists: Elsevier Health Sciences; 2015*.
40. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization Shrinkage And Elasticity Of Flowable Composites And Filled Adhesives. *Dental Materials*. 1999;15(2):128-37.
41. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Effect Of Flowable Composite Lining On Microleakage And Internal Voids In Class II Composite Restorations. *Journal Of Adhesive Dentistry*. 2007;9(2).
42. Shaalan OO, Abou-Auf E, El Zoghby AF. Clinical Evaluation Of Flowable Resin Composite Versus Conventional Resin Composite In Carious And Noncarious Lesions: Systematic Review And Meta-Analysis. *J Conserv Dent*. 2017;20(6):380-5.
43. Lee IB, Son HH, Um CM. Rheologic Properties Of Flowable, Conventional Hybrid, And Condensable Composite Resins. *Dent Mater*. 2003;19(4):298-307.
44. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical Properties And Wear Behavior Of Light-Cured Packable Composite Resins. *Dental Materials*. 2000;16(1):33-40.

45. Ferracane JL. Current Trends In Dental Composites. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1995;6(4):302-18.
46. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light Curing In Dentistry And Clinical Implications: A Literature Review. *Brazilian Oral Research*. 2017;31.
47. Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G. Comparison Of Light Transmittance In Different Thicknesses Of Zirconia Under Various Light Curing Units. *The Journal Of Advanced Prosthodontics*. 2012;4:93-6.
48. Gorgen VA, Guler C. Residual Monomer In Dentistry: A Literature Review [Diş Hekimliğinde Artık Monomerler: Bir Literatür Derlemesi]. *Medicine Science*. 2015;4(1):2024-38.
49. Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Topçu FT, Demir F. Diş Hekimliğinde Bulk Fill Kompozit Rezinler. *Selcuk Dental Journal*.6(2):229-38.
50. Ölmez A, Kisbet S. Kompozit Resin Restorasyonlarda Bitirme Ve Polisaj İşlemlerindeki Yeni Gelişmeler. *Acta Odontologica Turcica*. 2012;30(2):115-22.
51. Zorba YO, Bayindir YZ, Barutcugil C. Direct Laminate Veneers With Resin Composites: Two Case Reports With Five-Year Follow-Ups. *J Contemp Dent Pract*. 2010;11(4):E056-62.
52. Dietschi D, Devigus A. Prefabricated Composite Veneers: Historical Perspectives, Indications And Clinical Application. *Eur J Esthet Dent*. 2011;6(2):178-87.
53. Düzyol M, Düzyol E, Akgül N, Seven N. Resin Esaslı Anterior Lamina Venerler Ve Güncel Yapım Yöntemleri. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*.8(1):1575-82.
54. Recen D, Önal B, Turkun LS. Direkt Ve Indirekt Yöntemle Yapılan Kompozit Resin Laminate Veneer Restorasyonların Klinik Değerlendirilmesi: 1 Yıllık Kontrol.
55. Bağış B, Bağış Y. Porselen Laminate Veneerlerin Klinik Uygulama Aşamaları: Klinik Bir Olgu Sunumu. 2006.
56. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain Veneers: A Review Of The Literature. *Journal Of Dentistry*. 2000;28(3):163-77.
57. Erkun Hf, Güngör Mb, Yılmaz H. Porselen Laminate Veneerler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.170-83.
58. Bilgiç R, Akgül N, Topal T, Karahan T. Anterior Diastema Vakalarının Direk Kompozit Restorasyonla Estetik Rehabilitasyonu: Olgu Sunumu. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.2017(2017).
59. Fahl N. The Direct/Indirect Composite Resin Veneers: A Case Report. *Practical Periodontics And Aesthetic Dentistry*. 1996;8:627-38.

60. Cangül S. Dört Farklı Laminate Veneer Restorasyon Materyalinin Bağlanma Direncinin Değerlendirilmesi. 2015.
61. Korkut B, Yanıkoğlu F, Günday M. Direct Composite Laminate Veneers: Three Case Reports. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2013;7(2):105-11.
62. Geštakovski D. The Injectable Composite Resin Technique: Minimally Invasive Reconstruction Of Esthetics And Function. *Clinical Case Report With 2-Year Follow-Up*. *Quintessence Int*. 2019;50(9):712-9.
63. Coachman C, Arbeloa L, Mahn G, Sulaiman T, Mahn E. An Improved Direct Injection Technique With Flowable Composites. A Digital Workflow Case Report. *Operative Dentistry*. 2020;45.
64. Aykor A. Diş Aşınmalarına Restoratif Ve Estetik Yaklaşım. İstanbul: Quintessence Yayıncılık; 2016.
65. Ritter A, Fahl N, Vargas M, Maia R. The Direct-Indirect Technique For Composite Restorations Revisited. *Compendium Of Continuing Education In Dentistry (Jamesburg, NJ : 1995)*. 2017;38:E9-E12.
66. Gomes G, Perdigão J. Prefabricated Composite Resin Veneers—A Clinical Review. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2014;26(5):302-13.
67. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation Of Visual And Instrument Shade Matching. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 1998;80(6):642-8.
68. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental Color Matching Instruments And Systems. Review Of Clinical And Research Aspects. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2:E2-16.
69. Müdürp Lu R, Lıvrak Tbç, Nalçacı A. Renk Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Ve Cihazlar. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2018;21:61-9.
70. Igiel C, Weyhrauch M, Wentaschek S, Scheller H, Lehmann KM. Dental Color Matching: A Comparison Between Visual And Instrumental Methods. *Dent Mater J*. 2016;35(1):63-9.
71. Sengez G, Dörter C. Estetik Diş Hekimliğinde Renk Seçimi. *Selcuk Dental Journal*. 2019.
72. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş Hekimliğinde Renk Seçimi. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*. 2009;33(4):52-8.
73. Pérez MM, Pecho OE, Ghinea R, Pulgar R, Della Bona A. Recent Advances In Color And Whiteness Evaluations In Dentistry. *Curr Dent*. 2019;1(1):23-9.
74. Kahramanoğlu E, Özkan YK. Diş Hekimliğinde Estetik Ve Renk. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2013;16(4):339-47.

75. Karaman T, Altıntaş E, Yıldırım Tt, Bozoğlan A. Yaş Ve Cinsiyete Göre Maksiller Santral Diş Rengi Dağiliminin Spektrofotometre İle Ölçülmesi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2018;28(3):358-64.
76. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. Fundamentals Of Color: Shade Matching And Communication In Esthetic Dentistry: Quintessence Publishing Company Illinois; 2004.
77. Kurt M, TURHAN BAL B, Bal C. Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. Türkiye Klinikleri Dishekimligi Bilimleri Dergisi. 2016;22(2).
78. Dancy WK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color Measurements As Quality Criteria For Clinical Shade Matching Of Porcelain Crowns. J Esthet Restor Dent. 2003;15(2):114-21; Discussion 22.
79. Joiner A, Luo W. Tooth Colour And Whiteness: A Review. Journal Of Dentistry. 2017;67:S3-S10.
80. Westland S, Luo W, Ellwood R, Brunton P, Pretty I. Colour Assessment In Dentistry. Annals Of The BVMA. 2007;4:1-10.
81. Wee A, Lindsey D, Kuo S, Johnston W. Color Accuracy Of Commercial Digital Cameras For Use In Dentistry. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 2007;97(3):178.
82. Sarikaya I, Güler Au. Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi. 2009;15(2):118-29.
83. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability And Accuracy Of Four Dental Shade-Matching Devices. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 2009;101(3):193-9.
84. Kim J-C, Yu B, Lee Y-K. Influence Of Surface Layer Removal Of Shade Guide Tabs On The Measured Color By Spectrophotometer And Spectroradiometer. Journal Of Dentistry. 2008;36(12):1061-7.
85. Johnston WM. Color Measurement In Dentistry. J Dent. 2009;37 Suppl 1:E2-6.
86. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional Visual Vs Spectrophotometric Shade Taking For Porcelain-Fused-To-Metal Crowns: A Clinical Comparison. Journal Of Prosthetic Dentistry. 2004;92(6):577.
87. Trakyalı G. Diş Rengi Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi.34(1):1-10.
88. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual And Spectrophotometric Shade Analysis Of Human Teeth. Journal Of Dental Research. 2002;81(8):578-82.
89. Agrawal VS, Kapoor S. Color And Shade Management In Esthetic Dentistry. Universal Res J Dent. 2013;3:120-7.

90. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A Clinical Evaluation Of The Individual Repeatability Of Three Commercially Available Colour Measuring Devices. *British Dental Journal*. 2007;203(12):675-80.
91. Da Silva JD, Park SE, Weber H-P, Ishikawa-Nagai S. Clinical Performance Of A Newly Developed Spectrophotometric System On Tooth Color Reproduction. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2008;99(5):361-8.
92. Odaira C, Itoh S, Ishibashi K. Clinical Evaluation Of A Dental Color Analysis System: The Crystaleye Spectrophotometer®. *Journal Of Prosthodontic Research*. 2011;55(4):199-205.
93. Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan C, Feilzer A. Data Comparison Between Two Dental Spectrophotometers. *Operative Dentistry*. 2012;37(1):12-20.
94. Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O, Weber HP. Reproducibility Of Tooth Color Gradation Using A Computer Color-Matching Technique Applied To Ceramic Restorations. *J Prosthet Dent*. 2005;93(2):129-37.
95. Ragain JC. A Review Of Color Science In Dentistry: Colorimetry And Color Space. *J Dent Oral Disord Ther*. 2016;4(1):1-5.
96. Wee AG. Description Of Color, Color Replication Process And Esthetics. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 2006;4:712.
97. Sproull RC. Color Matching In Dentistry. Part I. The Three-Dimensional Nature Of Color. *Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(5):453-7.
98. Uluçam SH, Acar Ö. *Esthetic Analyses In Dentistry*. 2019.
99. Kuehni RG. The Early Development Of The Munsell System. *Color Research & Application: Endorsed By Inter- Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society For Color, Color Science Association Of Japan, Dutch Society For The Study Of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society Of Australia, Centre Français De La Couleur*. 2002;27(1):20-7.
100. Cochrane S. The Munsell Color System: A Scientific Compromise From The World Of Art. *Studies In History And Philosophy Of Science Part A*. 2014;47:26-41.
101. Chang J-Y, Chen W-C, Huang T-K, Wang J-C, Fu P-S, Chen J-H, Et Al. Evaluating The Accuracy Of Tooth Color Measurement By Combining The Munsell Color System And Dental Colorimeter. *The Kaohsiung Journal Of Medical Sciences*. 2012;28(9):490-4.
102. Çetin C, Eroğlu E, Küçükeşmen CH, Özişçi Ö. CIE L* A* B* Color Analyses Of Anterior Maxillary Teeth According To Gender And Localization. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2019;10(4):448-53.
103. Waseem-Ul-Ayoub DRR. *Color: Its Science And Esthetics-A Review*. 2015.

104. Salim S, Feroze Raheem D, Kumar GA, Ch T, Mustafa M, Dayalan N. Mastering The Art Of Esthetics Dentistry. 2019.
105. Rajan N, Rajan A, Singh G, Jindal L. Shade Selection–Basic For Esthetic Dentistry: Literature Review. International Journal Of Contemporary Research And Review. 2020;11(09).
106. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Luengo MCL, Vicente P, Galindo P, Casado AMM. Comparison Of The Cielab And CIEDE2000 Color Difference Formulas. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 2016;115(1):65-70.
107. Westland S. Review Of The CIE System Of Colorimetry And Its Use In Dentistry. Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry. 2003;15:S5-S12.
108. Robertson AR. The CIE 1976 Color- Difference Formulae. Color Research & Application. 1977;2(1):7-11.
109. Pérez Mdel M, Ghinea R, Rivas MJ, Yebra A, Ionescu AM, Paravina RD, Et Al. Development Of A Customized Whiteness Index For Dentistry Based On CIELAB Color Space. Dent Mater. 2016;32(3):461-7.
110. Üren A. Üç Boyutlu Renk Ölçme Yöntemleri. Gıda. 1999;24(3).
111. Rosenstiel S, Land M, Fujimoto J. Color Science, Esthetic And Shade Selection. Contemporary Fixed Prosthodontics: Elsevier, St. Louis; 2016. P. 624-6.
112. Özat P. Diş Rengi Eşleştirmesinde Bulanık Mantık Yönteminin Kullanımı: SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2011.
113. Poggio C, Ceci M, Beltrami R, Mirando M, Wassim J, Colombo M. Color Stability Of Esthetic Restorative Materials: A Spectrophotometric Analysis. Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica. 2016;2(1):95-101.
114. Brook A, Smith R, Lath D. The Clinical Measurement Of Tooth Colour And Stain. International Dental Journal. 2007;57(5):324-30.
115. Lee Y-K, Powers JM. Comparison Of CIE Lab, CIEDE 2000, And DIN 99 Color Differences Between Various Shades Of Resin Composites. International Journal Of Prosthodontics. 2005;18(2).
116. Ertas E, Gueler AU, Yucel AC, Koepuelue H, Gueler E. Color Stability Of Resin Composites After Immersion In Different Drinks. Dental Materials Journal. 2006;25(2):371-6.
117. Johnston W, Kao E. Assessment Of Appearance Match By Visual Observation And Clinical Colorimetry. Journal Of Dental Research. 1989;68(5):819-22.
118. Biçer Azy, Karakiş D, Doğan A. Termal Siklusun Indirekt Kompozit Rezin Materyallerinin Renk Stabilitesi Üzerine Etkisi. Acta Odontologica Turcica. 2014;31(1):13-7.

119. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility And Acceptability Thresholds For Colour Differences In Dentistry. *Journal Of Dentistry*. 2014;42(6):637-44.
120. Cortez R, Luna DA, Margulis D, Mejia E. Natural Pigments: Stabilization Methods Of Anthocyanins For Food Applications: Stabilization Of Natural Pigments.... *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*. 2016;16.
121. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 Color- Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, And Mathematical Observations. *Color Research & Application: Endorsed By Inter- Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society For Color, Color Science Association Of Japan, Dutch Society For The Study Of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society Of Australia, Centre Français De La Couleur*. 2005;30(1):21-30.
122. Çarıkçioğlu B. Reçetesiz Satılan Farklı Beyazlatma Ürünlerinin Renklendirilmiş Nano Ve Mikrohibrit Kompozitlerin Renk Değişimi Üzerine Etkisi *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.31(1):27-33.
123. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, Dündar A, Yılmaz B. Color Of Bulk- Fill Composite Resin Restorative Materials. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2018;30(2):E3-E8.
124. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency Thresholds For Dental Materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-74.
125. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color Difference Thresholds In Dental Ceramics. *Journal Of Dentistry*. 2010;38:E57-E64.
126. Schneider LFJ, Ribeiro RB, Liberato WF, Salgado VE, Moraes RR, Cavalcante LM. Curing Potential And Color Stability Of Different Resin-Based Luting Materials. *Dental Materials*. 2020;36(10):E309-E15.
127. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual And Instrumental Shade Matching Using CIELAB And CIEDE2000 Color Difference Formulas. *Dental Materials*. 2016;32(1):82-92.
128. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Et Al. Color Difference Thresholds In Dentistry. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2015;27:S1-S9.
129. Cabadağ ÖG, GÖNÜLOL N. The Effects Of Food Simulating Liquids On Surface Roughness, Hardness, And Solubility Of Bulk Fill Composites. 2019.
130. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The Influence Of One-Step Polishing Systems On The Surface Roughness And Microhardness Of Nanocomposites. *Operative Dentistry*. 2008;33(1):44-50.
131. Guler S, Unal M. The Evaluation Of Color And Surface Roughness Changes In Resin Based Restorative Materials With Different Contents After Waiting In Various

Liquids: An SEM And AFM Study. *Microscopy Research And Technique*. 2018;81(12):1422-33.

132. Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison Of Surface Roughness Of Oral Hard Materials To The Threshold Surface Roughness For Bacterial Plaque Retention: A Review Of The Literature. *Dental Materials*. 1997;13(4):258-69.

133. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects Of Various Finishing Systems On The Surface Roughness And Staining Susceptibility Of Packable Composite Resins. *Dental Materials*. 2003;19(1):12-8.

134. Costa JD, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder L. The Effect Of Different Polishing Systems On Surface Roughness And Gloss Of Various Resin Composites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2007;19(4):214-24.

135. Bashetty K, Joshi S. The Effect Of One-Step And Multi-Step Polishing Systems On Surface Texture Of Two Different Resin Composites. *Journal Of Conservative Dentistry: JCD*. 2010;13(1):34.

136. Marghalani HY. Effect Of Finishing/Polishing Systems On The Surface Roughness Of Novel Posterior Composites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2010;22(2):127-38.

137. Antonson SA, Yazici AR, Kilinc E, Antonson DE, Hardigan PC. Comparison Of Different Finishing/Polishing Systems On Surface Roughness And Gloss Of Resin Composites. *Journal Of Dentistry*. 2011;39:E9-E17.

138. İlday Agdnö, Erdem Agdv, Bayindir Yz. Farkli Bitirme Ve Parlatma İşlemlerinin Üç Farkli Resin Materyalin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2008;2008(1):19-24.

139. Çelik N, Sağsöz Ö, Gündoğdu M. Farkli İçeceklerin Posterior Kompozitlerin Renk Değişikliği Ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;27(1):27-33.

140. Atalı PY. Beyazlatma Ajanları Ve Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Resinlerin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Mikrosertlik Üzerine Etkilerinin In-Vitro İncelenmesi. 2011.

141. Albers HF. *Tooth-Colored Restoratives: Principles And Techniques*: PMPH-USA; 2002.

142. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation Of Surface Characteristics Of Dental Composites Using Profilometry, Scanning Electron, Atomic Force Microscopy And Gloss-Meter. *Journal Of Materials Science: Materials In Medicine*. 2007;18(1):155-63.

143. Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Grégoire G. Use Of Two Surface Analyzers To Evaluate The Surface Roughness Of Four Esthetic Restorative Materials After Polishing. *Operative Dentistry*. 2006;31(1):39-46.

144. Paepegaey A-M, Barker ML, Bartlett DW, Mistry M, West NX, Hellin N, Et Al. Measuring Enamel Erosion: A Comparative Study Of Contact Profilometry, Non-Contact Profilometry And Confocal Laser Scanning Microscopy. *Dental Materials*. 2013;29(12):1265-72.
145. Heurich E, Beyer M, Jandt KD, Reichert J, Herold V, Schnabelrauch M, Et Al. Quantification Of Dental Erosion—A Comparison Of Stylus Profilometry And Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM). *Dental Materials*. 2010;26(4):326-36.
146. Bani M, Öztaş N. Cam Iyonomer İçerikli Farklı Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüklerinin Değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*. 2013;30(1):13-7.
147. Tholt B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface Roughness In Ceramics With Different Finishing Techniques Using Atomic Force Microscope And Profilometer. *Operative Dentistry*. 2006;31(4):442-9.
148. Alhabdan AA, El-Hejazi AA. Comparison Of Surface Roughness Of Ceramics After Polishing With Different Intraoral Polishing Systems Using Profilometer And SEM. *J Dent Health Oral Disord Ther*. 2015;2(3):1-11.
149. Türel V. Restoratif Dental Materyallerin Yüzey Mekanik Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25:77-82.
150. Naves LZ, Gerdolle DA, De Andrade OS, Markus Maria Gresnigt M. Seeing Is Believing? When Scanning Electron Microscopy (SEM) Meets Clinical Dentistry: The Replica Technique. *Microscopy Research And Technique*. 2020;83(9):1118-23.
151. Yañez MJ, Barbosa SE. Changes In Particle Area Measurements Due To SEM Accelerating Voltage And Magnification. *Microscopy Research And Technique*. 2003;61(5):463-8.
152. Nazım Ç, Taner İL. Farklı Desensitizerlerin Dentin Tübüllerine Etkisinin İncelenmesi: In Vitro Taramalı Elektron Mikroskop Analizi. *Turkish Journal Of Clinics And Laboratory*. 10(2):184-9.
153. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Karamifar K, Saghiri AM, Neelakantan P, Et Al. Back-Scattered And Secondary Electron Images Of Scanning Electron Microscopy In Dentistry: A New Method For Surface Analysis. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2012;70(6):603-9.
154. Paradella TC, Bottino MA. Scanning Electron Microscopy In Modern Dentistry Research. *Brazilian Dental Science*. 2012;15(2):43-8.
155. Ergün G, Yenisey M. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit (FGK) Sabit Protezlerin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İle Değerlendirilmesi Ve İçeriklerinin Element Analizlerinin (EDS) Yapılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;7(2):73-81.
156. Seitavuopio P. The Roughness And Imaging Characterisation Of Different Pharmaceutical Surfaces. 2006.

157. Binnig G, Quate CF, Gerber C. Atomic Force Microscope. *Physical Review Letters*. 1986;56(9):930.
158. Li P, Oh C, Kim H, Chen-Glasser M, Park G, Jetybayeva A, Et Al. Nanoscale Effects Of Beverages On Enamel Surface Of Human Teeth: An Atomic Force Microscopy Study. *Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials*. 2020;110:103930.
159. Ersöz AE. Farklı Tam Seramik Alt Yapı Materyallerinin Veneerlenmesinde Kullanılan Üst Yapı Seramiğinin Makaslama Kuvvet Dayanımına Karşı Direncinin Karşılaştırılması Ve Liner Ygulamasının Bağlantıya Etkisi: Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2013.
160. Arslan My, Dinçer İtd. Langmuir-Blodgett (LB) Yöntemi Ile Elde Edilen Çeşitli Cds Ve Pb Ince Filmlerinin Fiziksel Özelliklerinin Elektrik Kuvvet Mikroskobu (EKM) Ile Incelenmesi: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı.
161. Vahabi S, Salman BN, Javanmard A. Atomic Force Microscopy Application In Biological Research: A Review Study. *Iranian Journal Of Medical Sciences*. 2013;38(2):76.
162. Ertürk E. Kırmızı Kan Hücreleri Yüzey Morfolojisinin Belirlenmesinde Kullanılan Biyomedikal Ölçüm Yöntemleri: Kantitatif Faz Görüntüleme, AFM, SEM: Namık Kemal Üniversitesi; 2018.
163. Büşra B. Farklı Yüzey Hazırlama Tekniklerinin Minenin Yüzey Özellikleri Ve Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkileri. 2017.
164. Giessibl FJ. Advances In Atomic Force Microscopy. *Reviews Of Modern Physics*. 2003;75(3):949.
165. Hegedüs C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An Atomic Force Microscopy Study On The Effect Of Bleaching Agents On Enamel Surface. *Journal Of Dentistry*. 1999;27(7):509-15.
166. Teixeira EC, Thompson JL, PIASCIK JR, Thompson JY. In Vitro Toothbrush- Dentifrice Abrasion Of Two Restorative Composites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2005;17(3):172-81.
167. Gadegaard N. Atomic Force Microscopy In Biology: Technology And Techniques. *Biotechnic & Histochemistry*. 2006;81(2-3):87-97.
168. Serinsöz F, Ertaş E, Güler E. Ağartma Materyallerinin Çeşitli Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğüne Ve Yüzey Sertliğine Etkilerinin İn Vitro Olarak İncelenmesi.
169. Güler E, Gönüloğlu N, Yücel AÇ, YILMAZ F, Ersöz E. Farklı İçeceklerde Bekletilen Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2013;23(1):24-9.

170. Özdemir E, Agüloğlu S, Değer Y. Ön Dişlerinde Mine Defektleri Bulunan Üç Hastanın Kompozit Ve Porselen Laminate Veneerler Kullanılarak Estetik Rehabilitasyonu (Olgu Raporu). Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2009;26(3):171-6.
171. Kivanç Bh, Arisu Hd. Direkt Kompozit Rezin Venerlerle Diastema Kapatılması: Olgu Raporu. Ado Klinik Bilimler Dergisi. 2009;3(1):285-8.
172. Bağış YH, Müjdeci A. Direkt Kompozit Veneer Tekniği İle Yapılan Restorasyonların Bir Yıllık Klinik Takibi.
173. Gresnigt MMM, Sugii MM, Johanns K, Van Der Made SAM. Comparison Of Conventional Ceramic Laminate Veneers, Partial Laminate Veneers And Direct Composite Resin Restorations In Fracture Strength After Aging. J Mech Behav Biomed Mater. 2021;114:104172.
174. Coelho-De-Souza FH, Gonçaves DS, Sales MP, Erhardt MCG, Corrêa MB, Opdam NJ, Et Al. Direct Anterior Composite Veneers In Vital And Non-Vital Teeth: A Retrospective Clinical Evaluation. Journal Of Dentistry. 2015;43(11):1330-6.
175. Van Dijken JW, Pallesen U. Fracture Frequency And Longevity Of Fractured Resin Composite, Polyacid-Modified Resin Composite, And Resin-Modified Glass Ionomer Cement Class IV Restorations: An Up To 14 Years Of Follow-Up. Clinical Oral Investigations. 2010;14(2):217-22.
176. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. The 5-Year Clinical Performance Of Direct Composite Additions To Correct Tooth Form And Position. Clinical Oral Investigations. 1997;1(1):12-8.
177. Alizadeh Rs, Pirkoca G. Rezin Kompozitlerle Direkt Laminate Veneerler: Bir Vaka Raporu.
178. Frese C, Schiller P, Staehle Hj, Wolff D. Recontouring Teeth And Closing Diastemas With Direct Composite Buildups: A 5-Year Follow-Up. Journal Of Dentistry. 2013;41(11):979-85.
179. Tonga G. Anterior Mine Hipoplazilerinin Kompozit Restorasyonla Tedavisi: Olgu Sunumu. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi.12(4):125-30.
180. Terry D, Powers J. Using Injectable Resin Composite: Part Two. Int Dent Afr. 2014;5:64-72.
181. Surendar S, Abraham A. Diastema Closure Using A Predictable Flowable Resin Composite Injection Technique–A Case Report. Indian Association Of Conservative Dentistry And Endodontics. 2017.
182. Ypei Gia NR, Sampaio CS, Higashi C, Sakamoto Jr A, Hirata R. The Injectable Resin Composite Restorative Technique: A Case Report. Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry. 2021;33(3):404-14.

183. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect Of Surface Roughness On Stain Resistance Of Dental Resin Composites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2005;17(2):102-8.
184. Cabadağ ÖG, Gönüloğlu N, Almasifar L, Misilli T. Gıdaları Taklit Eden Solüsyonların Bulk-Fill Kompozitlerin Renklenmesine Etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*. 2020;16(3):198-204.
185. Ren Y-F, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects Of Common Beverage Colorants On Color Stability Of Dental Composite Resins: The Utility Of A Thermocycling Stain Challenge Model In Vitro. *Journal Of Dentistry*. 2012;40:E48-E56.
186. Catelan A, Briso ALF, Sundfeld RH, Goiato MC, Dos Santos PH. Color Stability Of Sealed Composite Resin Restorative Materials After Ultraviolet Artificial Aging And Immersion In Staining Solutions. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2011;105(4):236-41.
187. Ali SA-H, Alsulaim H, Albarrak M, Farah R. Spectrophotometric Comparison Of Color Stability Of Microhybrid And Nanocomposites Following Exposure To Common Soft Drinks Among Adolescents: An In Vitro Study. *European Archives Of Paediatric Dentistry*. 2021:1-9.
188. Cangül ÖÜS, Adıgüzel Ö, Ünal ÖÜS. Farklı Kahve Türlerinde Bekletilen Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitelerinin İncelenmesi.
189. Saraç D, Saraç Ş, Külünk Ş, Kural Ç, Külünk T. Farklı İnorganik Doldurucu İçerikli Kompozit Rezinlerin Renk Sabitliği Üzerinde Polisaj Yöntemlerinin Ve Yüzey Verniği Uygulamasının Etkisi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2006;23(3):169-75.
190. Güler AU, Güler E, Yücel AÇ, Ertaş E. Effects Of Polishing Procedures On Color Stability Of Composite Resins. *Journal Of Applied Oral Science*. 2009;17(2):108-12.
191. TÜRKÜN LŞ, Türkün M. Effect Of Bleaching And Repolishing Procedures On Coffee And Tea Stain Removal From Three Anterior Composite Veneering Materials. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2004;16(5):290-301.
192. Shetty P, Purayil T-P, Gijnjupalli K, Pentapati K-C. Effect Of Polishing Technique And Immersion In Beverages On Color Stability Of Nanoceramic Composites. *Journal Of Oral Biology And Craniofacial Research*. 2021;11(1):53-6.
193. Bahbishi N, Mzain W, Badeeb B, Nassar HM. Color Stability And Micro-Hardness Of Bulk-Fill Composite Materials After Exposure To Common Beverages. *Materials*. 2020;13(3):787.
194. Andreevski A, Kovacevska I. The Effect Of Every Day Drinks On Composite Restorations Aesthetics: In Vitro Study. *IOSR Journal Of Dental And Medical Sciences (IOSR-JDMS)*. 2020.

195. Sarikaya Is, Dilli Hy. The Effects Of Coffee And Energy Drink On Color Stability Of Hybrid Ceramics. *European Annals Of Dental Sciences*.48(1).
196. Erdemir U, Kaner AO, Eren MM, Ozan G, Yıldız E. Color Stability Of Bulk- Fill Composites Immersed In Different Drinks. *Color Research & Application*. 2018;43(5):785-93.
197. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Doğan A. Farklı İçeceklerde Bekletilen Geçici Restorasyon Materyallerinin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*. 2016;33(2):80-5.
198. Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect Of In-Office Bleaching On Color And Surface Roughness Of Composite Restoratives. *European Journal Of Dentistry*. 2010;4(2):118.
199. Rajkumar K, Kumar S, Mahalaxmi S, Ragavi P, Mageshwaran T. Colour Stability Of Resin Composites After Emersing In Coffee Of Different Temperature— An In Vitrostudy. *SRM University Journal Of Dental Sciences*. 2011;2:91-5.
200. Soliman YA, Mahmoud EM, Gepreel MH, Afifi RR. THE ABILITY OF COFFEE TO STAIN NANOHYBRID COMPOSITE RESINS. *Alexandria Dental Journal*. 2021;46(1) Section (B): Endodontics, Prosthodontics, Fixed Prosthodontics, Conservative Dentistry, Dental Biomaterials):91-5.
201. Faria-E-Silva AL, Fanger C, Nguyen L, Howerton D, Pfeifer CS. Impact Of Material Shade And Distance From Light Curing Unit Tip On The Depth Of Polymerization Of Composites. *Brazilian Dental Journal*. 2017;28(5):632-7.
202. Dikova T, Maximov J, Todorov V, Georgiev G, Panov V. Optimization Of Photopolymerization Process Of Dental Composites. *Processes*. 2021;9(5):779.
203. Lindberg A, Peutzfeldt A, Van Dijken JW. Effect Of Power Density Of Curing Unit, Exposure Duration, And Light Guide Distance On Composite Depth Of Cure. *Clinical Oral Investigations*. 2005;9(2):71-6.
204. Price RB, Fahey J, Felix CM. Knoop Microhardness Mapping Used To Compare The Efficacy Of LED, QTH And PAC Curing Lights. *Operative Dentistry*. 2010;35(1):58-68.
205. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy Dependent Polymerization Of Resin-Based Composite. *Dental Materials*. 2002;18(6):463-9.
206. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree Of Conversion Of Bulk-Fill Compared To Conventional Resin-Composites At Two Time Intervals. *Dental Materials*. 2013;29(9):E213-E7.
207. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The Effect Of Surface Finishing And Storage Solutions On The Color Stability Of Resin-Based Composites. *The Journal Of The American Dental Association*. 2004;135(5):587-94.

208. Aytac F, Karaarslan ES, Agaccioglu M, Tastan E, Buldur M, Kuyucu E. Effects Of Novel Finishing And Polishing Systems On Surface Roughness And Morphology Of Nanocomposites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2016;28(4):247-61.
209. Kemaloglu H, Karacolak G, Turkun LS. Can Reduced- Step Polishers Be As Effective As Multiple- Step Polishers In Enhancing Surface Smoothness? *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2017;29(1):31-40.
210. Jones C, Billington R, Pearson G. The In Vivo Perception Of Roughness Of Restorations. *British Dental Journal*. 2004;196(1):42-5.
211. Heintze S, Forjanic M, Rousson V. Surface Roughness And Gloss Of Dental Materials As A Function Of Force And Polishing Time In Vitro. *Dental Materials*. 2006;22(2):146-65.
212. Chung K-H. Effects Of Finishing And Polishing Procedures On The Surface Texture Of Resin Composites. *Dental Materials*. 1994;10(5):325-30.
213. Değirmeci K, Büyükdere AK. İn Vitro Yöntemlerle Tam Seramiklerin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Translüsensinin Değerlendirilmesi: Derleme. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. (1):13-8.
214. Mathia T, Pawlus P, Wieczorowski M. Recent Trends In Surface Metrology. *Wear*. 2011;271(3-4):494-508.
215. Giacomelli L, Derchi G, Frustaci A, Bruno O, Covani U, Barone A, Et Al. Surface Roughness Of Commercial Composites After Different Polishing Protocols: An Analysis With Atomic Force Microscopy. *The Open Dentistry Journal*. 2010;4:191.
216. Kalantari MH, Ghorraishian SA, Mohaghegh M. Evaluation Of Accuracy Of Shade Selection Using Two Spectrophotometer Systems: Vita Easychade And Degudent Shadepilot. *European Journal Of Dentistry*. 2017;11(2):196.
217. Dozić A, Kleverlaan CJ, El- Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance Of Five Commercially Available Tooth Color- Measuring Devices. *Journal Of Prosthodontics*. 2007;16(2):93-100.
218. Llana C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability Of Two Color Selection Devices In Matching And Measuring Tooth Color. *J Contemp Dent Pract*. 2011;12(1):19-23.
219. Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching Repeatability And Interdevice Agreement Of 2 Intraoral Spectrophotometers. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2012;107(3):178-85.
220. Tsiliagkou A, Diamantopoulou S, Papazoglou E, Kakaboura A. Evaluation Of Reliability And Validity Of Three Dental Color-Matching Devices: University Of Athens; 2016.

221. Recen D, Önal B, Türkün LŞ. Deneyimin Kompozit Rezinlerin Renk Seçimi Üzerine Etkisinin Bir Spektrofotometre Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*. 2016;33(1).
222. Moodley D, Patel N, Moodley T, Ranchod H. Comparison Of Colour Differences In Visual Versus Spectrophotometric Shade Matching. *South African Dental Journal*. 2015;70(9):402-7.
223. Hatırlı H, Karaarslan EŞ, Yaşa B, Kılıç E, Yaylacı A. Clinical Effects Of Dehydration On Tooth Color: How Much And How Long? *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2021;33(2):364-70.
224. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects Of Different Drinks On Stainability Of Resin Composite Provisional Restorative Materials. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 2005;94(2):118-24.
225. Lee Y-K, Powers JM. Color Difference Of Four Esthetic Restorative Materials By The Illuminant. *American Journal Of Dentistry*. 2005;18(5):359-63.
226. Luo MR, Cui G, Rigg B. The Development Of The CIE 2000 Colour- Difference Formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed By Inter- Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society For Color, Color Science Association Of Japan, Dutch Society For The Study Of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society Of Australia, Centre Français De La Couleur*. 2001;26(5):340-50.
227. Del Mar Pérez M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study Of The Variation Between CIELAB ΔE^* And CIEDE2000 Color-Differences Of Resin Composites. *Dental Materials Journal*. 2007;26(1):21-8.
228. Miotti L, Santos I, Nicoloso G, Pozzobon R, Susin A, Durand L. The Use Of Resin Composite Layering Technique To Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis. *Operative Dentistry*. 2017;42(2):165-74.
229. Pant DR, Farup I, Editors. Riemannian Formulation Of The CIEDE2000 Color Difference Formula. *Color And Imaging Conference; 2010: Society For Imaging Science And Technology*.
230. Durand LB, Ruiz- López J, Perez BG, Ionescu AM, Carrillo- Pérez F, Ghinea R, Et Al. Color, Lightness, Chroma, Hue, And Translucency Adjustment Potential Of Resin Composites Using CIEDE2000 Color Difference Formula. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2020.
231. Genç G, Toz T. Rezin Kompozitlerin Renk Stabilitesi Ile İlgili Bir Derleme: Kompozit Renklenmelerinin Etyolojisi, Sınıflandırılması Ve Tedavisi. 2017.
232. Tan B, Yap A, Ma H, Chew J, Tan W. Effect Of Beverages On Color And Translucency Of New Tooth-Colored Restoratives. *Operative Dentistry*. 2015;40(2):E56-E65.

233. Köprülü H, Dayangaç B, Gürgan S, Önen A. Farklı Posterior Kompozitlerin Kahve Ve Çay İle Boyanması. A Ü Diş Hek Fak Derg. 1992;19:371.
234. Um Cm, Ruyter I. Staining Of Resin-Based Veneering Materials With Coffee And Tea. Quintessence International. 1991;22(5).
235. Yannikakis Sa, Zissis Aj, Polyzois Gl, Caroni C. Color Stability Of Provisional Resin Restorative Materials. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 1998;80(5):533-9.
236. Bagheri R, Burrow M, Tyas M. Influence Of Food-Simulating Solutions And Surface Finish On Susceptibility To Staining Of Aesthetic Restorative Materials. Journal Of Dentistry. 2005;33(5):389-98.
237. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C. Color Stability Of Microfilled, Microhybrid And Nanocomposite Resins—An In Vitro Study. Journal Of Dentistry. 2010;38:E137-E42.
238. Yamaner İdş. Farkli İçecekler İle Renklendirilmiş Rezin Nano Seramikler Ve Nano Hibrit Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine Beyazlatıcı Ağız Gargaralarının Etkisi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.30(1):93-100.
239. Kumar Ms, Ajay R, Sahib Sm, Chittrarasu M, Navarasu M, Ragavendran N, Et Al. Color Stability Assessment Of Two Different Composite Resins With Variable Immersion Time Using Various Beverages: An In Vitro Study. Journal Of Pharmacy & Bioallied Sciences. 2017;9(Suppl 1):S161.
240. Hasan Ak, Sunarintyas S, Irnawati D. Color Stability Of Visible Light Cured Composite Resin After Soft Drink Immersion. Dent J. 2009;42:123-5.
241. Arregui M, Giner L, Ferrari M, Valles M, Mercadé M. Six-Month Color Change And Water Sorption Of 9 New-Generation Flowable Composites In 6 Staining Solutions. Brazilian Oral Research. 2016;30(1).
242. Ünalın Değirmenci B. Asidik İçeceklerin Yüksek Viskoziteli Universal Bulk-Fill Kompozitlerin Renk Stabilitesi Üzerine Etkileri. 2021.
243. Samra Apb, Pereira Sk, Delgado Lc, Borges Cp. Color Stability Evaluation Of Aesthetic Restorative Materials. Brazilian Oral Research. 2008;22(3):205-10.
244. Genç G, Toz T. Ön Dişlerin Direkt Restorasyonlarında Uygulanan Kompozit Rezinlerin Renk Stabiliteleeri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2014;15(2).
245. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer J-M. Comparison Of The Color Stability Of Ten New-Generation Composites: An In Vitro Study. Dental Materials. 1994;10(6):353-62.
246. Ceci M, Viola M, Rattalino D, Beltrami R, Colombo M, Poggio C. Discoloration Of Different Esthetic Restorative Materials: A Spectrophotometric Evaluation. European Journal Of Dentistry. 2017;11(02):149-56.

247. Yamanel K. Farklı İçeceklerin Diş Rengindeki Restoratif Materyallerin Renk Stabiliteleri Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 2018;9(2):26-31.
248. Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM. Effect Of Finishing And Polishing Procedures On Surface Roughness, Gloss And Color Of Resin-Based Composites. American Journal Of Dentistry. 2004;17(4):262-6.
249. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study Of Water Sorption, Solubility And Modulus Of Elasticity Of Light-Cured Dimethacrylate-Based Dental Resins. Biomaterials. 2003;24(4):655-65.
250. Karabela MM, Sideridou ID. Effect Of The Structure Of Silane Coupling Agent On Sorption Characteristics Of Solvents By Dental Resin-Nanocomposites. Dental Materials. 2008;24(12):1631-9.
251. Karadaş M, Demirbuğa S. Evaluation Of Color Stability And Surface Roughness Of Bulk-Fill Resin Composites And Nanocomposites. Meandros Medical And Dental Journal. 2017;18(3):199.
252. GC America Products, G-ænial Universal Injectable Technical Manual. https://cdn.gceurope.com/v1/pid/Gaenialuniversalinjectable/Manual/MAN_G-Aenial_Universal_Injectable_Technical_Manual_En.Pdf.
253. Korkut B, Türkmen C. Longevity Of Direct Diastema Closure And Recontouring Restorations With Resin Composites In Maxillary Anterior Teeth: A 4- Year Clinical Evaluation. Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry. 2021;33(4):590-604.
254. Abdul-Kareem S, Al-Marouf AG, Fadhil NH. Color Stability Of Different Aesthetic Resin Composite Materials: A Digital Image Analysis. Indian Journal Of Forensic Medicine & Toxicology. 2020;14(1):1211.
255. Salgado VE, Rego GF, Schneider LF, De Moraes RR, Cavalcante LM. Does Translucency Influence Cure Efficiency And Color Stability Of Resin-Based Composites? Dental Materials. 2018;34(7):957-66.
256. Miletic V, Stasic JN, Komlenic V, Petrovic R. Multifactorial Analysis Of Optical Properties, Sorption, And Solubility Of Sculptable Universal Composites For Enamel Layering Upon Staining In Colored Beverages. Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry. 2020.
257. Malekipour MR, Sharafi A, Kazemi S, Khazaei S, Shirani F. Comparison Of Color Stability Of A Composite Resin In Different Color Media. Dental Research Journal. 2012;9(4):441.
258. Gregor L, Krejci I, Di Bella E, Feilzer AJ, Ardu S. Silorane, Ormocer, Methacrylate And Compomer Long-Term Staining Susceptibility Using ΔE And ΔE_{00} Colour-Difference Formulas. Odontology. 2016;104(3):305-9.

259. Garoushi S, Lassila L, Hatem M, Shembesh M, Baady L, Salim Z, Et Al. Influence Of Staining Solutions And Whitening Procedures On Discoloration Of Hybrid Composite Resins. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013;71(1):144-50.
260. Üçtaşlı M, Bala O, Güllü A. Surface Roughness Of Flowable And Packable Composite Resin Materials After Finishing With Abrasive Discs. *Journal Of Oral Rehabilitation*. 2004;31(12):1197-202.
261. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color Shift, Color Stability, And Post-Polishing Surface Roughness Of Esthetic Resin Composites. *Materials*. 2020;13(6):1376.
262. Göztaş Z, Tosun G, Yıldız E, Kahraman K. Nanodoldurucu İçeren Beş Farklı Kompozitin Yüzey Sertliği Ve Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*. 2014;1(2):43-8.
263. Ergücü Z, Türkün L. Surface Roughness Of Novel Resin Composites Polished With One-Step Systems. *Operative Dentistry*. 2007;32(2):185-92.
264. Berger SB, Palialol ARM, Cavalli V, Giannini M. Surface Roughness And Staining Susceptibility Of Composite Resins After Finishing And Polishing. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2011;23(1):34-43.