



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ



RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI SOLÜSYONLARDA BEKLETİLEN KOMPOZİT  
REZİNLERDE İLAVE POLİMERİZASYON İŞLEMİNİN RENK  
DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

Dt Bahattin YAŞIN

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğretim Üyesi Şeyhmus BAKIR

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

2022





TÜRKİYE CUMHURİYETİ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ



RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM  
DALI

**FARKLI SOLÜSYONLARDA BEKLETİLEN KOMPOZİT  
REZİNLERDE İLAVE POLİMERİZASYON İŞLEMİNİN RENK  
DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

Dt. Bahattin YAŞIN

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğretim Üyesi Şeyhmus BAKIR

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

2022







TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**BEYAN**

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

06 / 01 / 2022

Bahattin YAŞIN



## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyuncaengin bilgi ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, her anlamda desteğini hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şeyhmus BAKIR’a,

Eğitimim süresince hem klinik hem akademik anlamda bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Öğr. Üyesi Elif Pınar BAKIR’a,

Bu süreçte beraber çalışmış olduğum tüm mesai arkadaşlarıma, öğrenci kardeşlerime,

Uzmanlığa beraber başladığım ve bu süreci beraber göğüslediğim eş kıdemlilerim Hazal, Abdurrahman ve Adem’e

Bu süreçte hep yanımda olan ve desteğini esirgemeyen kuzenim Hüseyin ZAMUR’a,

Hayatıma kattığı tüm güzelliklerle beraber, uzmanlık eğitimim boyunca sevgisini ve sabrını esirgemeyen, her konuda desteğini hissettiğim sevgili eşim Mira’ya,

Hayatımın her döneminde arkamda duran, varlıklarıyla beni güçlendiren, sabır ve anlayışlarıyla beni bu günlere getiren canım annem, babam ve kardeşlerime

SONSUZ TEŞEKKÜR EDERİM

Dt. Bahattin YAŞIN



## **İÇİNDEKİLER**

|                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ONAY</b>                                                | <b>i</b>    |
| <b>BEYAN</b>                                               | <b>iii</b>  |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                                            | <b>v</b>    |
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                                         | <b>vii</b>  |
| <b>ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ</b>                         | <b>xiii</b> |
| <b>TABLolar VE GRAFİKLER DİZİNİ</b>                        | <b>xv</b>   |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>                      | <b>xvii</b> |
| <b>ÖZETLER</b>                                             | <b>1</b>    |
| <b>ÖZET</b>                                                | <b>1</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>                                            | <b>3</b>    |
| <b>1 GİRİŞ VE AMAÇ</b>                                     | <b>5</b>    |
| <b>2 GENEL BİLGİLER</b>                                    | <b>6</b>    |
| <b>2.1 Diş Hekimliğinde Kompozit Rezinler</b>              | <b>6</b>    |
| <b>2.2 Kompozit Rezinlerin Yapısı</b>                      | <b>7</b>    |
| <b>2.3 Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması</b>           | <b>9</b>    |
| 2.3.1 İnorganik Partikül Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma | 10          |
| 2.3.1.1. Megafil Kompozitler                               | 10          |
| 2.3.1.2. Makrofil Kompozitler                              | 11          |
| 2.3.1.3 Midifil Kompozitler                                | 11          |
| 2.3.1.4. Minifil Kompozitler                               | 11          |
| 2.3.1.5. Mikrofil Kompozitler                              | 11          |
| 2.3.1.6. Hibrit Kompozitler                                | 12          |
| 2.3.1.7. Nanofil Kompozitler                               | 13          |
| 2.3.2 Vizközitelerine Göre Sınıflandırma                   | 14          |
| 2.3.2.1. Kondanse Olabilen Kompozitler                     | 14          |
| 2.3.2.2. Akışkan Kompozitler                               | 15          |



|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.3 Polimerizasyon Şekillerine Göre Sınıflandırma                   | 15        |
| 2.3.3.1. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Kompozitler                  | 15        |
| 2.3.3.2. Işık ile Polimerize Olan Kompozitler                         | 16        |
| 2.3.3.3. Hem Kimyasal Hem de Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler | 16        |
| 2.3.4 Farklı Özellikteki Kompozitler ve Yeni Gelişmeler               | 17        |
| 2.3.4.1. Ormoserler                                                   | 17        |
| 2.3.4.2. Siloranlar                                                   | 17        |
| 2.3.4.3. Bulk-Fill Kompozit Rezinler                                  | 18        |
| 2.3.4.4. İyon Salabilen Kompozitler                                   | 18        |
| 2.3.4.5. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Rezinler                     | 18        |
| 2.3.4.6. Giomerler                                                    | 19        |
| 2.3.4.7. Nanoseraamik Kompozitler                                     | 19        |
| <b>2.4 Kompozit Rezinlerde Başarıyı Etkileyen Faktörler</b>           | <b>19</b> |
| 2.4.1 Kompozit Rezinlerde Termal Özellikler                           | 19        |
| 2.4.2 Kompozit Rezinlerde Su Emilimi                                  | 20        |
| 2.4.3 Kompozit Rezinlerde Çözünürlük                                  | 20        |
| 2.4.4 Kompozit Rezinlerde Renk Stabilesi                              | 20        |
| 2.4.5 Kompozit Rezinlerde Yüzey Sertliği                              | 21        |
| 2.4.6 Kompozit Rezinlerde Mikrosızıntı                                | 21        |
| 2.4.7 Kompozit Rezinlerde Polimerizasyon Mekanizması                  | 21        |
| 2.4.7.1. Polimerizasyon Büzülmesi                                     | 23        |
| 2.4.7.2. İlave Polimerizasyon İşlemi                                  | 23        |
| 2.4.7.3. Polimerizasyonda Kullanılan Işık Kaynakları                  | 24        |
| 2.4.7.3.1. Quartz-tungsten-halojen ışık kaynaklar (QTH)               | 24        |
| 2.4.7.3.2. Light-Emitting-Diode Işık Kaynakları (LED)                 | 25        |
| 2.4.7.3.3. Plazma ark ışık kaynakları (PAC)                           | 25        |



|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.7.3.4. Lazer ışık kaynakları                                       | 25        |
| 2.4.8 Kompozit Rezinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri                    | 26        |
| <b>2.5 Diş Hekimliğinde Renk Kavramı</b>                               | <b>29</b> |
| 2.5.1 Restorasyonlarda Reklenme Nedenleri                              | 30        |
| 2.5.1.1. İçsel renkleşme nedenleri                                     | 31        |
| 2.5.1.2. Dışsal renkleşme nedenleri                                    | 32        |
| 2.5.2 Diş ve Restorasyonların Rengini Belirlemede Kullanılan Yöntemler | 33        |
| 2.5.2.1. Spektrofometre                                                | 39        |
| 2.5.2.2. Kolorimetre                                                   | 39        |
| 2.5.2.3. Spektroradyometre                                             | 40        |
| 2.5.2.4. Dijital kamera ile görüntüleme                                | 40        |
| <b>3. GERE VE YÖNTEM</b>                                              | <b>41</b> |
| <b>4. BULGULAR</b>                                                     | <b>46</b> |
| <b>5. TARTIşMA</b>                                                     | <b>53</b> |
| <b>6. SONU VE ÖNERİLER</b>                                            | <b>62</b> |
| <b>7. KAYNAKLAR</b>                                                    | <b>63</b> |
| <b>8. ÖZGEçMİş</b>                                                     | <b>75</b> |
| <b>9. ORİJİNALLİK RAPORU</b>                                           | <b>76</b> |



## ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

### ŞEKİLLER

**Şekil 1.** Kompozit rezinlerin organik matriksinde en çok kullanılan monomerlerin yapısal formülleri

**Şekil 2.** Mikrofil ve makrofil kompozitlerde partikül büyüklüklerinin geometrik kıyaslaması

**Şekil 3.** Kompozit rezinlerde partikül büyüklüklerine göre sınıflandırma

**Şekil 4.** Munsell'in hue dairesi

**Şekil 5.** Munsell'in Renk sistemi

**Şekil 6.** Value skalası

**Şekil 7.** Soldan sağa doğru doygunluğu artan kromatik skala

### RESİMLER

**Resim 1.** Görsel olarak renk seçimi

**Resim 2.** VITA klasik renk skalası

**Resim 3.** Spektrofometre cihazıyla dişte renk seçimi

**Resim 4.** Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyalleri

**Resim 5.** Çalışmada kullanılan plastik kalıplar ve LED cihazı

**Resim 6.** Super Snap bitirme ve parlatma seti

**Resim 7.** Çalışmada kullanılan Etüv cihazı

**Resim 8.** Çalışmada kullanılan spektrofometre cihazı

**Resim 9.** Şarapta bekletilecek örneklerin 100 gözenekli plastik kalıba yerleştirilmiş ve üzerine solüsyon eklenmiş hali

**Resim 10.** Çalışmada kullanılan renklendirici solüsyonlar



## TABLÖLAR VE GRAFİKLER DİZİNİ

### TABLÖLAR

**Tablo 1.** İnorganik partikül büyüklüklerine göre sınıflandırılan kompozitlerin partikül büyüklükleri ve yüzdeleri

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri

**Tablo 3.** Çalışmada kullanılan cihazlar

**Tablo 4.**  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerindeki faktörlerin etkisine ilişkin analiz sonucu

**Tablo 5.**  $\Delta E$  değerleri bakımından kompozit grupları arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

**Tablo 6.**  $\Delta E$  değerleri bakımından solüsyon grupları arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

**Tablo 7.** Renklenme değerlerinin Tamhane's Çoklu karşılaştırma testine göre sonuçları

**Tablo 8.**  $\Delta E$  değerleri bakımından ışık grupları arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

**Tablo 9.** Kompozit gruplarında  $\Delta E$  değerleri bakımından solüsyonlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

**Tablo 10.** Renklenme değerlerinin Tamhane's Çoklu karşılaştırma testine göre sonuçları

**Tablo 11.** 3M Kompozit solüsyon gruplarında  $\Delta E$  değerleri bakımından ışıklar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

### GRAFİKLER

**Grafik 1.** Çoklu karşılaştırma test sonuçlarının grafiksel gösterimi

**Grafik 2.**  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Işıklar Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucunun Grafiksel Gösterimi



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|           |   |                                                |
|-----------|---|------------------------------------------------|
| °C        | : | Santigrat Derece                               |
| %         | : | Yüzde işareti                                  |
| >         | : | Büyüktür                                       |
| <         | : | Küçüktür                                       |
| mm        | : | Milimetre                                      |
| cm        | : | Santimetre                                     |
| ml        | : | Mililitre                                      |
| µl        | : | Mikrolitre                                     |
| µm        | : | Mikrometre                                     |
| Nm        | : | Nanometre                                      |
| µg        | : | Mikrogram                                      |
| pH        | : | Ortamdaki hidrojen iyonlarının konsantrasyonu  |
| Bis-GMA   | : | Bisfenol-A Glisidil Metakrilat                 |
| UDMA      | : | Üretan Dimetakrilat                            |
| TEGDMA    | : | Trietilen Glikol Dimetakrilat                  |
| HEMA      | : | Hidroksietil Metakrilat                        |
| p         | : | İstatistiksel anlamlılık                       |
| CIE       | : | International Commission on Illumination       |
| ΔE        | : | Renk Değişikliği                               |
| L*        | : | CIE sistemi Renk Değeri Koordinatı             |
| a*        | : | CIE Lab Renk Sistemi, Kırmızı-Yeşil koordinatı |
| b*        | : | CIE Lab Renk Sistemi, Sarı-Mavi Koordinat      |
| UV        | : | Ultraviyole                                    |
| Bulk-fill | : | Filtek Bulk Fill kompoziti                     |
| LED       | : | Light-emitting diode                           |
| PAC       | : | Plazma Ark                                     |
| QTH       | : | Kuartz-tungsten-halojen                        |
| Z250      | : | Filtek Z250 kompoziti                          |



## ÖZETLER

### FARKLI SOLÜSYONLARDA BEKLETİLEN KOMPOZİT REZİNLERDE İLAVE POLİMERİZASYON İŞLEMİNİN RENK DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

**Öğrencinin Adı ve Soyadı:** Dt. Bahattin YAŞIN

**Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi Şeyhmus BAKIR

**Anabilim Dalı:** Restoratif Diş Tedavisi

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmamızda farklı doldurucu içeriğe sahip kompozit rezinlerin standart ve ilave polimerizasyon işlemlerinden sonra çeşitli renklendirici solüsyonların içerisinde bekletilerek renklenme miktarlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmamızda Filtek™ Z250 (3M ESPE), G-aenial Anterior (GC) ve Neo Spectra™ ST HV (Dentsply Sirona) olmak üzere farklı içeriğe sahip üç çeşit kompozit rezin kullanılmıştır. İki mm derinliğinde 8mm çapında kalıplar kullanılarak ve her bir grup için 10 adet (n:10) olacak şekilde toplamda 240 adet kompozit rezinden örnekler hazırlandı. Örneklerin polimerizasyonu LED ışık cihazı (Woodpecker Led-G, Çin) kullanılarak 20 sn süreyle yapıldı. Bitirme ve cila işlemleri Super-Snap (Shofu, JAPONYA) bitirme diskleriyle yapıldıktan sonra örneklerin yarısına ilave polimerizasyon işlemi gerçekleştirildi. Daha sonra bütün örnekler distile su içerisinde 24 saat süreyle 37°C’de etüvde (Mikrotest MST 55, Ostim Ankara) bekletildi. Distile sudan çıkarılan örneklerin ilk renk ölçümü spektrofotometre cihazıyla [VITA Easysshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)] yapıldı. İlk ölçümden sonra 100 gözenekli plastik kaplara yerleştirilen örneklerin üzerine poşet çay (Lipton, Rize, Türkiye), filtre edilmiş kahve (Nescafe Classic, Nestle, Türkiye), klorheksidin içerikli gargara (Kloroben gargara, % 0.12 klorheksidin glukonat, Drogan, Ankara, Türkiye) ve kırmızı şarap (Buzbağ Klasik, öküzgüzü-boğazkere, %13 alkol, 2021 Elazığ, Türkiye) eklendi. Bir hafta sonra örnekler etüv cihazından çıkarıldıktan sonra distile suda yıkandı ve ikinci ölçümler yapıldı.

**Bulgular:** Solüsyon gruplarının sebep olduğu renkleşme değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ( $p<0,05$ ). En fazla renk değişikliğine sebep olan solüsyonun şarap olduğu ve bunu sırasıyla kahve ve çayın takip ettiği izlendi. Kompozit gruplarının sebep olduğu renkleşme değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamakla birlikte ( $p>0,05$ ), en düşük renk değişikliği sergileyen kompozit rezin materyalinin mikrohibrit esaslı Filtek™ Z250 olduğu belirlendi. Standart ve ilave polimerizasyonun sebep olduğu renkleşme değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamakla birlikte ( $p>0,05$ ), ilave polimerizasyon işleminin materyallerin renk değiştirme miktarını olumlu yönde etkilediği tespit edildi.

**Sonuç:** Bu çalışmanın bulgularına göre; kullanılan renklendirici solüsyonlar içerisinde kompozit rezinlerde en fazla renklenmeye neden olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu bunu sırasıyla kahve, çay ve klorheksidin içerikli gargara şeklinde olduğu görülmüştür. Bununla beraber ilave polimerizasyon işleminin kompozit rezinlerde renklenmeyi azalttığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** renklendirici solüsyonlar, ilave polimerizasyon, renk stabilitesi

# **EFFECT OF ADDITIONAL POLYMERIZATION PROCESS ON COLOR CHANGE IN COMPOSITE RESINS HOLD IN DIFFERENT SOLUTIONS**

**Student's Surname and Name:** Dt. Bahattin YAŞIN

**Adviser of Thesis:** Assist. Prof. Dr. Şeyhmus BAKIR

**Department:** Restorative Dentistry

## **ABSTRACT**

### **SUMMARY**

**Aim:** In this study, it was aimed to compare the amount of coloration of composite resins with different filler content by keeping them in various coloring solutions after standard and additional polymerization processes.

**Materials and Methods:** Three types of composite resins with different contents were used in our study: Filtek™ Z250 (3M ESPE), G-aenial Anterior (GC) and Neo Spectra™ ST HV (Dentsply Sirona). A total of 240 composite resin samples were prepared, 10 (n:10) for each group, using molds with a depth of 2 mm and a diameter of 8 mm. The polymerization of the samples was carried out for 20 seconds using a LED curing device (Woodpecker Led-G, China). After finishing and polishing was done with Super-Snap (Shofu, JAPAN) finishing discs, additional polymerization was performed on half of the samples. Then, all samples were kept in distilled water for 24 hours at 37°C in an oven (Microtest MST 55, Ostim Ankara). The first color measurement of the samples extracted from distilled water was made with a spectrophotometer device [VITA Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)]. After the first measurement, the samples placed in 100-mesh plastic containers were placed on bags of tea (Lipton, Rize, Turkey), filtered coffee (Nescafe Classic, Nestle, Turkey), mouthwash containing chlorhexidine (Chloroben mouthwash, Drog-san, Ankara, Turkey) and red wine (Buzbağ). Classic, öküzgözü-boğazkere, 2021 Elazığ, Turkey) was added. One week later, the samples were removed from the vacuum furnace, washed in distilled water, and the second measurements were made.

**Results:** A statistically significant difference was found between the coloration values caused by the solution groups ( $p < 0.05$ ). It was observed that the solution causing the most color change was wine, followed by coffee and tea, respectively. Although there was no statistically significant difference between the coloration values caused by the composite groups ( $p > 0.05$ ), it was determined that the composite resin material with the lowest color change was the microhybrid-based Filtek™ Z250. Although there was no statistically significant difference between the coloration values caused by standard and additional polymerization ( $p > 0.05$ ), it was determined that the additional polymerization process affected the color change amount of the materials positively.

**Conclusion:** According to the findings of this study; Among the coloring solutions used, it was observed that the solution causing the most coloration in composite resins was red wine, followed by coffee, tea and mouthwash containing chlorhexidine, respectively. However, it was concluded that the addition polymerization process reduces the coloration of the composite resins.

**Keywords:** coloring solutions, additive polymerization, color stability.

## 1 GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüz toplumunda estetik bilincinin artmasıyla beraber hastalar hekimlerden daha uzun ömürlü ve estetik ihtiyaçları karşılayan tedaviler talep etmeye başlamışlardır. Bu taleplerin karşılanması amacıyla kompozit rezinler diş hekimliği pratiğinde daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Kompozit rezinlerin özellikleri ve başarısızlık nedenleri konusunda çalışmalar yapılarak, bu materyallerin daha iyi tanınabileceği ve daha iyi tedavilerin yapılabilmesi düşünülmektedir. Yapılan estetik restorasyonlarda klinik başarı; kullanılan materyalin doldurucu ve rezin matriks yapısı, cilalanabilirliği ve renk uyumu gibi birçok faktöre bağlıdır. Aynı zamanda yapılan kompozit rezinler için renk stabilitesinin çok iyi olması gerekmektedir. Aksi takdirde restorasyonlarda belirli bir zamandan sonra renklenmeler ortaya çıkmakta ve yenilenme ihtiyacı oluşmaktadır. Bu anlamda hastaların en fazla şikayetçi olduğu bölgeler ön dişlere yapılan estetik restorasyonlardır (1).

Kompozitin rezinlerinin su emilimi, yüzey sertliği ve pürüzlülüğü, polimerizasyon yöntemi, bitirme ve parlatma işlemleri renk stabilitesini etkileyen faktörlerdir. Aynı zamanda hastanın hijyen ve tüketim alışkanlıkları da renk stabilitesini etkilemektedir (2).

Kompozit rezinlerle ilgili yapılan renk stabilite çalışmaları incelendiğinde çay, kahve, kola, meyve suyu ve kırmızı şarap gibi renklendirici solüsyonların kullanıldığı ve farklı düzeylerde renklenmeye neden oldukları görülmüştür. Ağız içerisinde kullanılan dental materyallerin bu renklendirici özellikte olan sıvılara maruz kaldıktan sonra renk stabilitelerini korumaları çok önemlidir (3).

Çalışmamızın amacı; renklendirici solüsyonların içerisinde bekletilen birbirinden farklı içerikte kompozit rezinlerin standart ve ilave polimerizasyon işlemleri sonrası renklenme düzeylerinin değerlendirilmesidir.

## 2 GENEL BİLGİLER

Estetik diş hekimliği alanında ilk kullanıma sunulan materyaller silikat simanlardır. 1878 yılında Fletcher tarafından geliştirilen bu simanlar; alümina silika, cam tozu ve fosforik asit likidi karışımından elde edilmiştir. Antikaryojenik olmalarına rağmen, özellikle pulpaya zarar vermeleri ve ağız sıvılarında çözünmeleri gibi dezavantajlara sahip olmaları, bu materyalin günümüzde kullanımını kısıtlayan en önemli faktör olmuştur (4).

Silikat simanların sahip olduğu bu dezavantajları elimine etmesi için 1940'lı yıllarda kimyasal olarak polimerize edilebilen akrilik rezinler üretilmiştir. Akrilik rezinlerin yapılarındaki metilmetakrilat monomerleri oda ısısında polimetilmetakrilat zincirlerini meydana getirir. Bu materyal yüksek polimerizasyon büzülmesine bağlı mikrosızıntı ve bakteri penetrasyonu sonucunda oluşan sekonder çürükten sorumlu tutulmaktadır. Kompozit rezinlerin yağınlaşmasıyla kullanımı sınırlanan akrilik rezinler, son yıllarda daha çok protetik işlemlerde tercih edilmektedir (5).

### 2.1 Diş Hekimliğinde Kompozit Rezinler

Diş hekimliğinde adeziv uygulamalar, Buonocore'nin 1955 yılında mine yüzeyini asitle pürüzlendirme çalışmalarıyla başlamıştır. Doldurucu içermeyen akrilik rezinlerin fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla yapılan araştırmalar sonucunda, Bis-GMA monomerini (Bisfenol A glisidil dimetakrilat) içeren kompozit rezin materyaller üretilmiştir (6).

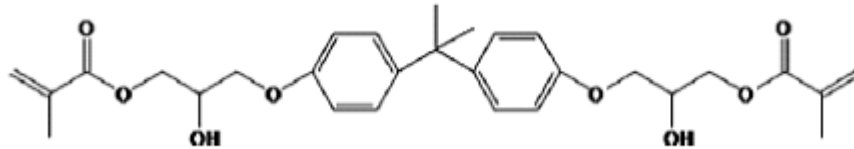
İki pat halinde kullanılmaya başlanan geleneksel kompozit rezinlerin çalışma zamanının kısa olması, tek seferde uygulama zorunluluğunda olması ve hava kabarcıkları içermesine bağlı direncin düşük olması klinik başarı şansını azaltmıştır. Günümüzde tek pat halinde kullanıma sunulan kompozit rezinler ortalama 460nm dalga boyunda görünür ışıkla polimerize olabilmektedir. Diş ile benzer renkte olabilen, düşük ısı iletimine sahip olan ve civa içermeyen kompozit rezinler; mine ile dentin gibi dişin sert dokularına mikromekanik olarak bağlanabilmektedir. Kompozit rezinler, minimal kavite preperasyonu sayesinde kalan diş dokularına yeterli destek sağlaması ve tek seansta bitirilebilmesi nedeniyle restoratif diş hekimliğinde en fazla tercih edilen materyallerden biri olmuştur (7).

## 2.2 Kompozit Rezinlerin Yapısı

Kompozit rezinler; organik matriks, inorganik doldurucular ve bağlayıcı ara fazların (silan) yanı sıra başlatıcı ve hızlandırıcı sistemleri de ihtiva etmektedir. Organik matriks fazın içerisinde monomerler, foto-başlatıcılar, ko-monomerler, ultraviyole ışınlarını absorbe ediciler, foto-stabilizatörler ve renk pigmentleri bulunmaktadır. Kompozit rezinin yapısındaki organik matriks miktarı artıkça polimerizasyon büzülmesi artmakta, ısı iletkenliği ise azalmaktadır (5).

Organik matriks yapısında yer alan monomerlerin içerisinde en fazla metilmetakrilat bulunmaktadır. Bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA); günümüzde kompozit rezinlerin yapısında en fazla yer alan monomer olup, rezin yapısının ortalama %20'sini oluşturmaktadır. Bu yapı Bisfenol A ile glisidil metakrilatın bir araya gelmesiyle oluşur. Fenil grupları Bis-GMA molekülüne rijiditeyi sağlarken, hidroksil grupları hidrojen bağları oluşturmaktadır. Bu molekülün en önemli özellikleri; düşük oranda polimerizasyon büzülmesine sahip olması, hızlı bir şekilde sertleşme göstermesi ve renksiz olmasıdır. Vizkozite ve sertliğin fazla olması ile renk stabilitesinin yetersiz olması ise Bis-GMA molekülünün olumsuz özellikleri arasında yer almaktadır (5).

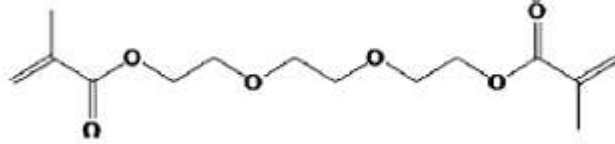
Kompozit rezinleri uygun kıvama getirerek akışkanlığını artırmak ve yapıya daha çok doldurucu katmak amacıyla rezin matrikslere birçok madde eklenmiştir. Bunlar difonksiyonel karbon çift bağları içeren molekül ağırlıkları düşük olan bis-etilen glikol dimetakrilat (Bis-EMA) ya da trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) bileşikleridir. Bununla birlikte, monomerlerin içerisine plak birikimini engellemek amacıyla flor ve antimikrobiyel ürünler de eklenebilmektedir (8).



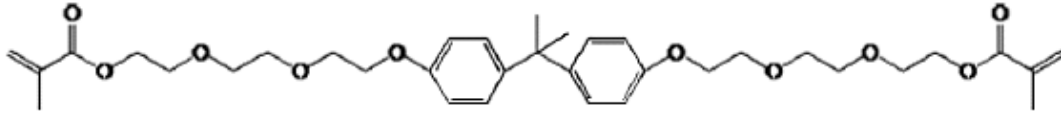
Bis-GMA (Bis Fenol A-Glisidil Dimetakrilat)



UDMA (Üretan Dimetakrilat)



TEGDMA (Trietilen Glikol Dimetakrilat)



Bis-EMA (Bis Fenol A Etilen Glikol Dimetakrilat)

**Şekil 1.** Kompozit rezinlerin organik matriksinde en çok kullanılan monomerlerin yapısal formülleri

Kompozit rezinlerin yapısında, organik matriks içerisine dağılmış halde değişik şekil ve boyutlarda inorganik doldurucu partiküller bulunmaktadır. Bu dolduruculu partiküllerden bazıları; kuartz, zirkonyum, kolloidal silika, baryum, borosilikat cam, stronsiyum, lityum alüminyum silikat, çinko ve yitriyum cam, stonsiyum, alüminyum silikat ve baryum alüminyum silikattır. Bu dolduruculu partiküller kompozit rezinlerine bazı özellikler kazandırır. Örneğin; radoopasite özeliğini kazandıran baryum, stronsiyum, çinko ve yitriyumdur. Silika partikülleri ise yapının mekanik özelliklerini sağlamlaştırır ve ışığı geçirerek yayılmasını sağlamaktadır. Böylece kompozit rezine, minenin doğal yapısına benzeyen yarı şeffaf bir özellik kazandırmaktadır. Saf silikanın nonkristalin ve kristalin olmak üzere iki formu mevcuttur. Kristalin formlarının çok sert olması kompozit rezinin bitirme ve cilalama işlemlerini zorlaştırır. Bundan dolayı günümüzde üretilen kompozit rezinler silikanın nonkristalin formundadır (5).

Monomerin akıcılığı, partikülün boyutu ve miktarı; kompozit rezinlerdeki organik matriks ile doldurucu partiküllerden oluşan karışımın akıcılığını belirler. Doldurucu partiküller ile monomer yüzeyleri arasında oluşan sürtünme de bu akıcılığı etkiler. Doldurucu partiküllerin yüzey alanı büyüdüğünde karışımın akıcılığı da o oranda azalır. Partikülün boyutu kompozit rezinin bitirme ve cilalama işlemleri yapıldıktan sonraki yüzey pürüzlülüğünü de belirler. Kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde partikülün büyüklüğü, miktarı ve biçimi önemlidir. Partikül oranının yüksek olmasıyla organik matriks oranı azalır. Bununla beraber kompozit rezinin sertliği ve dayanıklılığı artmakta; ısısal genleşme katsayısı, su emilimi ve polimerizasyon büzülmesi ise azalmaktadır (7).

Kompozit rezinlerde organik polimer matriksiyle inorganik matriks arasındaki bağlantıyı sağlayan ara faz (organik silisyum bileşiği içeren silanlar), resin yapının uzun süre bozulmadan devam etmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda kompozit materyaline daha iyi fiziksel, mekanik ve estetik özellikler kazandırmakta, restorasyon üzerinde oluşan kuvvetleri inorganik dolduruculardan organik matrikse aktarmada rol almaktadır (7). Silan ajanı oluşturduğu bu yapıyla organik matriks ile doldurucu partikül arayüzünde suyun geçişine engel olarak hidrolitik dengeyi sağlamaktadır. Böylelikle resinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltırken su ve tükürüğün kompozit resinin içerisine geçişini önlemektedir. Bağlayıcı fazın eksik olduğu durumlarda ara faz doldurucu yüzeylerden ayrılarak resin kütlesinin dayanıklılığını azaltmaktadır (7,9).

### **2.3 Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması**

Kompozit resinler sahip oldukları birçok özellik nedeniyle farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır:

- İnorganik doldurucunun partikül büyüklüğü ve yüzdesine göre,
- Polimerizasyon şekillerine göre,
- Vizkozitelerine göre,
- Farklı özellikteki kompozitler ve yeni gelişmeler (Ormoserler ve Bulk-fill kompozitler gibi).

Doldurucu partiküllerin büyüklüğü kompozit rezinlerin birçok özelliğini belirlemektedir. Bunlar; estetik, parlatılabilme, polimerizasyon derinliği ve polimerizasyon büzülmesi gibi özelliklerdir. Bundan dolayı günümüzde kompozit rezinlerin sınıflandırılmasında genellikle doldurucu büyüklüğü esas alınarak yapılmaktadır. Aynı zamanda kompozit rezinin doldurucu büyüklüğü ve yüzdesi materyalin dayanıklılığı ve parlatılabilirliği hakkında da fikir vermektedir (10).

**Tablo 1.** İnorganik partikül büyüklüklerine göre sınıflandırılan kompozitlerin partikül büyüklükleri ve yüzdeleri

| Kompozit Rezinler | İnorganik partikül büyüklüğü | İnorganik doldurucu partikül yüzdesi (%) |
|-------------------|------------------------------|------------------------------------------|
| Megafil           | 50-100µm                     | 70-80                                    |
| Makrofil          | 10-100µm                     | 70-80                                    |
| Midifil           | 1-10µm                       | 70-80                                    |
| Minifil           | 0.1-1µm                      | 75-85                                    |
| Mikrofil          | 0.01-0.1µm                   | 35-60                                    |
| Hibrit            | 0.04-1µm                     | 75-80                                    |
| Nanofil           | 0.005-0.01µm                 | 85-90                                    |

### 2.3.1 İnorganik Partikül Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma

Kompozit rezinler inorganik partikül büyüklüklerine göre megafil, makrofil, midifil, minifil, mikrofil, nanofil ve hibrit şeklinde sınıflandırılmaktadır (Tablo 1 ve Şekil 3).

#### 2.3.1.1. Megafil Kompozitler

Megafil kompozitlerde inorganik doldurucu partiküller ortalama olarak 50-100µm büyüklüğündedir. İnsert olarak adlandırılan cam partiküllerin (0.5-2µm), oklüzal bölgelerdeki temas alanları gibi aşırı kuvvette maruz kalan ve aşınan

bölgelerde kullanılması önerilmekte ve bunlar mega dolduruculu partiküller olarak değerlendirilmektedir (5).

#### **2.3.1.2. Makrofil Kompozitler**

Doldurucu partikül büyüklükleri ortalama 10-100µm olan makrofil kompozitler, ilk olarak 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. Makrofil kompozitlerin içeriğinde bulunan kuartz ve cam partikülleri ise bu kompozitlerin inorganik doldurucu yapısını oluşturur (Şekil 2). Makrofil kompozitlerde bulunan bu inorganik doldurucular yapı olarak çok sert ve büyük olduklarından organik yapıya göre daha az aşınmaktadır. Resinin yapısında oluşan bu aşınma yüzey pürüzlülüğü ve renklenme gibi durumları ortaya çıkarmaktadır. Makrofil kompozitlerin en büyük dezavantajları bitirme ve parlatma aşamalarının zor olmasıdır. Aynı zamanda çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılıkları da düşüktür (5,11).

#### **2.3.1.3 Midifil Kompozitler**

Doldurucu partikül büyüklükleri ortalama 1-10µm olan midifil kompozitler, makrofil kompozitlere göre daha iyi cilalanabilme özeliğine sahiptir. Midifil kompozitlerin makrofil kompozitlere göre bazı avantajları vardır. Ancak Midifil kompozitler de makrofil kompozitlere benzer dezavantajlara sahip olduğundan günümüzde çok tercih edilmemektedir (5).

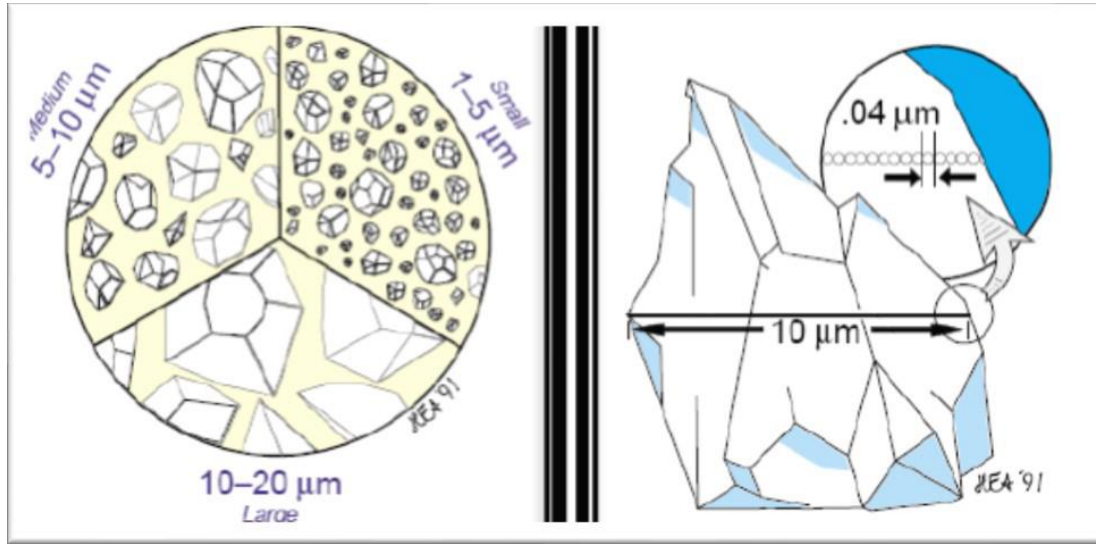
#### **2.3.1.4. Minifil Kompozitler**

Doldurucu partikül büyüklükleri ortalama 0,1-1µm olan minifil kompozitler, makrofil kompozitlere göre daha fazla doldurucu partikül içermektedir. Minifil kompozitlerin yapısında bulunan doldurucu partiküller küçük oldukları için daha düzgün bir resin yüzeyin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Bundan dolayı bu kompozitler daha iyi estetik özellik kazanmış, aşınmaya karşı daha yüksek dirence sahip olmuş ve daha radyopak bir materyal haline gelmiştir. En büyük dezavantajı ise çiğneme kuvvetlerine karşı direncinin zayıf olmasıdır (5,11).

#### **2.3.1.5. Mikrofil Kompozitler**

Doldurucu partikül büyüklükleri ortalama 0,01-0,1µm olan mikrofil kompozitler, inorganik doldurucu olarak yapılarında kollaidal silika partiküllerini bulundurmaktadır (Şekil 2). Birçok mekanik özellikleri makrofil kompozitlere

benzemekte ancak sıkışma dayanımları daha iyidir. Doldurucu partiküllerin aşınma hızları organik matriksin aşınma hızına yakın olduğundan bitirme ve parlatma işlemleri iyi yapılabilir. Partikül oranındaki azalmaya bağlı olarak monomer oranının artması rezinin su absorpsiyonunu da artırmıştır. Buna ek olarak ısıl genleşme katsayısı yükselmiş ve elastisite modülü de düşmüştür. Mikrofil kompozitlerin çigneme kuvvetlerinin yoğunlaştığı alanlarda kullanılmaları önerilmez. Başlıca kullanıldığı alanlar ise sınıf III ve çok küçük sınıf IV restorasyonlar, labial veneerler ve servikal bükülmenin yoğun olduğu sınıf V servikal defektlerdir (11,12).



**Şekil 2.** Mikrofil ve makrofil kompozitlerde partikül büyüklüklerinin geometrik kıyaslaması

#### 2.3.1.6. Hibrit Kompozitler

Hibrit kompozitler doldurucu partikül büyüklükleri birbirinden farklı olan iki kompozit rezinin karışımıyla oluşmaktadır. Hibrit kompozitler her iki kompozit rezinin özelliklerini taşıırken türünün belirlenmesinde ise yüzdesi en fazla olan kompozit rezine göre adlandırılmaktadır. Örneğin mikro partiküllerin oranı daha fazlaysa mikrohibrit, nano partiküllerinin oranı daha fazlaysa nanohibrit olarak adlandırılır.

İnorganik doldurucu olarak kollodial silika ve ağır metaller içeren cam partiküller organik matriksin içerisine katılmıştır. Bununla beraber toplam ağırlığın %75-80'ini doldurucu partiküller, yaklaşık olarak %15-20'sini de kollodial silika

oluşturmaktadır. Ortalama 1-3µm büyüklüğünde olan inorganik doldurucu partiküller daha büyük partiküller içerisine geliş güzel bir şekilde serpiştirilmiştir. Bu şekilde hibrit kompozitlerde daha düzgün bir restorasyon yüzeyi oluşturulmuştur. Özellikle estetik açıdan önemli olan ön bölgelerde, sınıf III, sınıf IV, sınıf V restorasyonlar ve labial veneerlerde hibrit kompozitlerin kullanımı önerilmektedir (5).

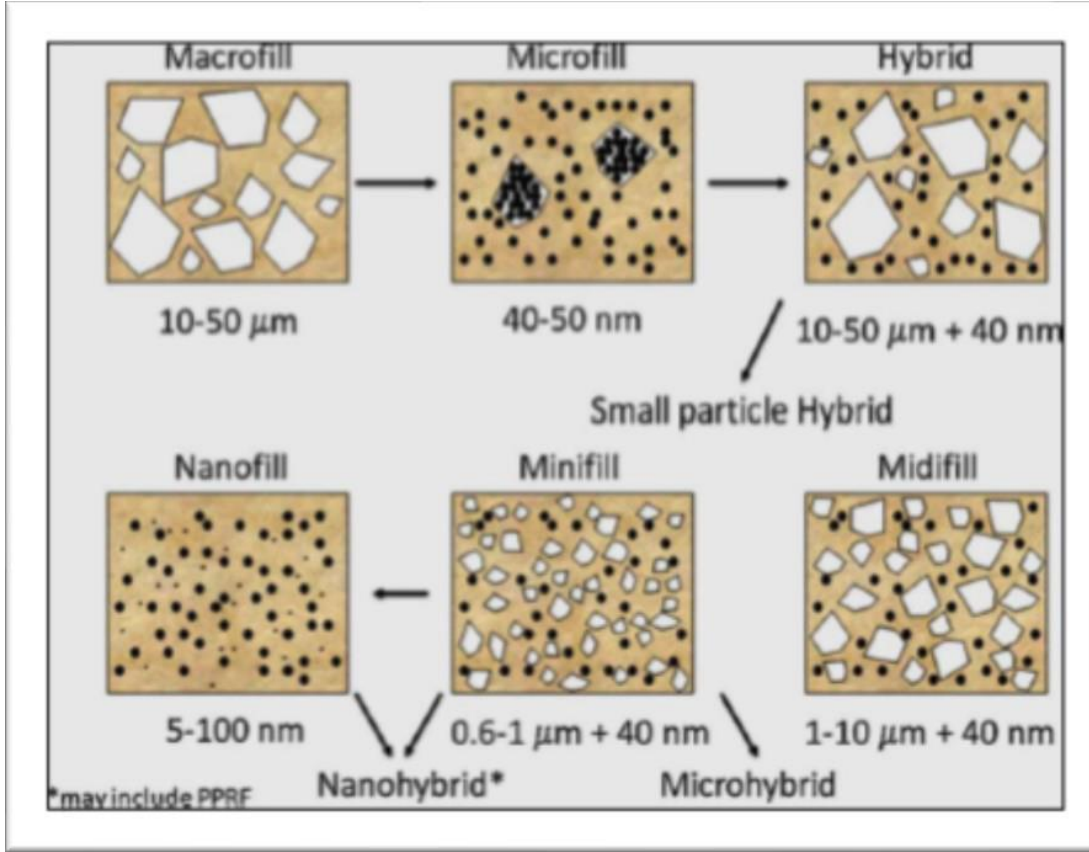
Partikül boyutu küçük olan kompozit rezinlerde monomer matriksinin içerisine doldurucu partiküllerin eklenmesi nedeniyle viskozitenin artması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. İnorganik doldurucu olarak daha önceden polimerize edilmiş mikrofil kompozit parçacıkları organik matriksin içerisine eklenerek viskozite sorunu çözülmeye çalışılmıştır. Bu yapının içerisinde yer alan partiküller, büyüklüğü 1-20µm arasında olacak şekilde öğütülmüştür. İnorganik doldurucu partiküllerde yapılan bu değişikliklerle oluşan kompozitlere heterojen kompozitler denilmektedir (5).

#### **2.3.1.7. Nanofil Kompozitler**

Doldurucu partikül büyüklükleri ortalama 0,005-0,01µm olan nanofil kompozitler, diğer kompozitlerin organik yapılarına benzer polimerik yapılardan oluşmaktadır. İnorganik yapısı ise nano boyutlu silika ve zirkonyum kökenli doldurucu partiküllerden oluşmaktadır. Bu partiküller, organik matriks içerisinde dağılarak nano kompozitleri meydana getirmekte ve nanofil kompozitlerin daha iyi estetik ve fiziksel özellikte olmasını sağlamaktadır (13).

Doldurucu partiküller boyut olarak görünür ışığın dalga boyundan daha küçük oldukları için ışığı absorbe edememektedir. Bundan dolayı saçılım ya da absorpsiyon benzeri etkileşimler oluşmamaktadır. Nano teknolojinin dental alanda kullanımı kompozit rezinlerin aşınma dirençlerini artırmıştır. Nanofil kompozitlerin dayanıklılıkları hibrit kompozitlere yakinken, estetik ve yüzey özellikleri ise mikrofill kompozitlere yakındır (13).

Geleneksel ve mikrofill kompozitlere alternatif olarak nanofill kompozitler piyasaya çıkmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda yüzey pürüzlüğü dışında birçok özelliklerinin mikrofill kompozitlere benzer olduğu ortaya çıkmıştır (14,15).



Şekil 3. Kompozit rezinlerde partikül büyüklüklerine göre sınıflandırma

### 2.3.2 Viskozitelerine Göre Sınıflandırma

Kompozit rezinler viskozitelerine göre kondanse olabilen ve akışkan kompozitler olarak sınıflandırılmaktadır.

#### 2.3.2.1. Kondanse Olabilen Kompozitler

Kompozit rezinler için kullanılan kondanse sözcüğü viskozitenin yüksek olması ve yüzey yapışkanlığının düşük olması anlamına gelmektedir. Kondanse olabilen kompozitlerde düzgün bir restorasyon yüzeyinin elde edilmesi için kondensasyon işleminde amalgam kadar olmasa da belirli bir kuvvetin uygulanması gerekmektedir. Sınıf I ve sınıf II kaviteler için tavsiye edilen bu kompozitler, hacimce %66-70 oranında dimetakrilat esaslı doldurucular içermektedir. Doldurucu partikül boyutu olarak hibrit kompozitlerden daha büyük partüküller içermektedir. Bu durum kondanse olabilen kompozitler için bitirme ve polisaj işlemleri sonrası yüzey pürüzlüğü riskini oluşturmaktadır. Bu kompozitlerin el aletlerine yapışmaması, kolay uygulanabilmesi, düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi, iyi bir

polizmerizasyon derinliği oluşturması ve aşınma hızının dūřuk olması gibi avantajları bulunmaktadır (16).

#### **2.3.2.2. Akışkan Kompozitler**

Akıřkan kompozitler, partikūl būyūklūkleri 0.04-1μm arasında deđiřen dūřuk viskoziteli hibrit kompozitlerdir. Akıřkan kompozitler ađırlıkça %45-67 gibi dūřuk bir oranda doldurucu partikūl bulundurduđu için bu kompozitlerin çiđneme kuvvetlerine karřı ařınma dirençleri dūřuk kalmıřtır. Sōz konusu kompozitler, kavite duvarlarına iyi uyum sađlamakla birlikte kondanse olabilen kompozitlerin altında stres kırıcı olarak da kullanılmaktadır. Doldurucu partikūl oranları daha dūřuk olan 1. jenerasyon akıřkan kompozitler genellikle pit ve fissūrleri ōrtmek amacıyla kullanılmaktadır. Daha yūsek oranda doldurucu içeren 2. jenerasyon akıřkan kompozitler ise sınıf I, II, III, V gibi kavitelerde kullanılmaktadır. Ayrıca akıřkan kompozitler amalgam, kompozit ve kronlarda oluřan kenar kırıklarının tamirinde, servikal bōlgede oluřan abfraksiyon vakalarında ve minede oluřan defektlerde de kullanılmaktadır (5).

#### **2.3.3 Polimerizasyon şekillerine Gōre Sınıflandırma**

Kompozit rezinler polimerizasyon şekillerine gōre; kimyasal olarak polimerize olanlar, ışık ile polimerize olanlar ve hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olanlar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

##### **2.3.3.1. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Kompozitler**

Kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerde baz ve katalizōr yapılarının bir araya getirilmesiyle polimerizasyon işlemleri gerçekleşmektedir. Bu kompozitlerde başlatıcı olarak benzoil peroksit, aktivatōr olarak da tersiyer amin yer almakta ve bunlara “otopolimerizan kompozitler” de denilmektedir (17).

Benzoil peroksit ile amin reskiyonu sonucu serbest radikaller oluşmakta ve polimerizasyon işlemi başlamaktadır. Kompozit rezinlerde polimerizasyon işlemi esnasında kenardan merkeze doğru bir būzūlme meydana gelmektedir. Bu durum marjinal kenarlarda stres birikimine neden olmaktadır. Yapının içerisinde bulunan tersiyer amin ağız ortamında kimyasal olarak değişikliğe uğrayıp kahverengi amin renklenmesi oluşurmaktadır. Ultraviyole ışığı ve nem gibi dışsal etkenlerle kompozit

rezinlerde meydana gelen bu renklenmeler artabilmektedir. Bu kompozitlerin en önemli dezavantajlarından biri çalışma sürelerinin kısa olmasıdır (5,18).

### **2.3.3.2. Işık ile Polimerize Olan Kompozitler**

Işık ile polimerize olan kompozitler 1972 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Tek pat halinde piyasaya sunulan bu kompozitlerin polimerizasyon işlemi için ilk zamanlarda ultraviyole ışığı kullanılmıştır. Fakat hasta ve hekimlerin sağlığı üzerinde zararlı etkileri olduğu için terkedilmiş ve yerine görünür ışık kullanılmaya başlanmıştır. Görünür mavi ışığın dalga boyu 420-470nm'dir. Rezinin yapısında başlatıcı olarak kamforokinon, hızlandırıcı olarak da alifatik amin bileşikleri kullanılmıştır (5). Kamforokinon en sık kullanılan fotobaşlatıcı olup 400-500nm dalga boyundaki görünür mavi ışığın emilimini sağlamaktadır. Rezinin içerisinde ağırlıkça %0,2 gibi çok az miktarda bulunmaktadır. Kamforokinon 468nm dalga boyunda en iyi absorpsiyonu sağlamaktadır (18).

Görünür ışık ile polimerize olan kompozitler kimyasal olarak polimerize olan kompozitlere göre daha iyi polimerizasyon dönüşüm oranına sahiptir. Bu kompozitlerin polimerizasyon süresini kontrol edebilme gibi bir avantajı vardır. Ayrıca dayanıklılık, renk stabilitesi ve kırılma dirençleri gibi fiziksel özellikleri daha iyi olup yapısında daha az gözenek bulundurur (10).

### **2.3.3.3. Hem Kimyasal Hem de Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler**

Hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan kompozit rezinlerde polimerizasyon işlemi ışık ile başlayıp kimyasal yolla devam etmektedir. Bu kompozitlerde kimyasal yolla polimerizasyon işlemi normalde yavaş olmakta fakat rezinde bulunan fotokimyasallar ilave bir polimerizasyon sağlamaktadır.

En çok kullanıldığı yerler; derin kaviteler, polimerizasyonun tam olduğuna şüphe duyulan alanlar, 2mm'den daha kalın kompozit uygulamalar ve ulaşılması zor olan interproksimal alanlardır. Ayrıca akışkan kıvamda olduğu için yapıştırma malzemesi olarak da kullanılmaktadır (5,9).

### **2.3.4 Farklı Özellikteki Kompozitler ve Yeni Gelişmeler**

Son zamanlarda güncel gelişmelerle beraber ormoserler, siloranlar, bulk-fill kompozitler, iyon salabilen kompozitler, fiberle güçlendirilmiş kompozitler, giomerler ve nanoseramikler üretilmeye başlanmıştır.

#### **2.3.4.1. Ormoserler**

Saf organik modifikasyonlu seramiklerin üretilme amaçları geleneksel dimetakrilat içeren kompozit rezinlerin birçok dezavantajlarının bulunmasıdır. Ormoserlerde monomerlerin molekül yapılarının büyük olması sayesinde polimerizasyon büzülmesi azaltılmış ve rezinin aşınma direnci artırılmıştır. Organik faz, inorganik faz ve polisiloksan yapılarından oluşan ormoserlerin inorganik iskeletini ise silisyum dioksitler oluşturmaktadır. Çapraz bağlantılı organik ve inorganik ağ yapısına sahip matriksin içerisinde doldurucu partiküller yer almaktadır (19,20).

Ormoserlerdeki esneklik modülü ve ısısal genleşme gibi özellikleri silisyum dioksitler belirlemektedir. Bu yapılar doldurucu olarak özel cam, seramik ve büyük oranda silikadan oluşmaktadır. Ormoser esaslı kompozitlerin en büyük avantajları kuvvetlere karşı yüksek aşınma direncine sahip olmaları, ön ve arka grup dişler olmak üzere tüm ağız bölgelerinde kullanılabilir olmalarıdır. Ayrıca ormoserlerin mine ve dentin dokularına çok iyi adezyon sağlamaları, biyo uyumlu olmaları, kolay kullanıma sahip olmaları, iyi kondanse olabilmeleri ve estetik özelliklerinin iyi olması gibi avantajları da bulunmaktadır (20,21).

#### **2.3.4.2. Siloranlar**

Kompozit rezinlerdeki eksiklikleri gidermek ve mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla siloranlar geliştirilmiştir. Siloranlar, yapılarında siloksan ve oksiran bulunduran hibrit monomer bir sisteme sahiptirler. Dimetakrilat monomerlerde serbest radikallerin polimerizasyonu yerine siloranların halka açılımı gerçekleşmektedir. Siloranlar hidrofobik yapıya sahip oldukları için yapılarında dışsal etkenlere bağlı oluşan renklemeler daha az görülmektedir. Ayrıca su emilimleri, çözünürlük ve difüzyon gibi özellikleri metakrilat esaslı kompozit rezinlere göre daha iyi olmaktadır. Bununla beraber restorasyonda kenar

renklenmesi, kenar sızıntısı, postoperatif hassasiyet, tüberkül kırığı ve sekonder çürük gibi klinik problemler ciddi oranda azalmaktadır (22,23).

#### **2.3.4.3. Bulk-Fill Kompozit Rezinler**

Son zamanlarda piyasaya giren yeni nesil bir nanohibrit kompozit olan bulk-fill kompozit rezinler yapılarında baryum camı, karmaoksit, proakrilat, ytterbiyum triflorid ve zirkonyum/silika gibi partiküller bulundurmaktadır. Bu kompozitlerin en önemli özelliği diğer kompozit rezinlerden farklı olarak 4mm kalınlığındaki rezinin tek seferde polimerize edilebilmesidir. Tek tabaka şeklinde uygulama ile tedavi süresi kısalmakta ve hasta-hekim konforu artmaktadır. Bulk-fill kompozitlerin inorganik yapısında bulunan ytterbiyum ve baryum partikülleri rezinin radyoopasite özeliğini artırmakta ve ışık etkisinin daha derin bölgelere ulaşmasını sağlamaktadır (24,25).

#### **2.3.4.4. İyon Salabilen Kompozitler**

İyon salabilen kompozitlerin (smart ve antibakteriyel kompozitler) yapılarında flüorür, hidroksil ve kalsiyum gibi fonksiyonel iyonlar bulunmaktadır. Bu iyonlar mikroorganizmaları ve onların ürettikleri asitleri etkilemekte ve restorasyona komşu dişin sert dokularında demineralizasyonu engellemektedir. Rezinin yapısından dışarı salınan iyon oranı restorasyon yüzeyinin ph değerine bağlıdır. Dental plağın birikimi sonucu azalan ph ortamında iyon salınımı artmakta, artan ph ortamında ise iyon salınımı azalmaktadır (26).

#### **2.3.4.5. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Rezinler**

Fiber ile güçlendirilmiş kompozitler, rezin matriksinde fiber bulunduran ve birçok yerde kullanım alanına sahip olan malzemelerdir. Everx Posterior (GC Europe, Leuven) piyasada kısa fiber ile güçlendirilmiş kompozit olarak bulunmakta ve stresi dentin ile benzer oranında absorbe edebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı geniş sınıf II kavitelerin restorasyonlarında kullanılabilir. Fiberin en büyük avantajı ise restorasyonlarda başarısızlığa neden olan çatlak gibi durumların oluşumuna engel olmak ya da oluşmuş çatlağın ilerlemesini durdurmaktır (27).

#### **2.3.4.6. Giomerler**

Yakın zamanda piyasaya giren hibrit kompozit esaslı olan giomerler, yapılarında S-PRG (ön reaksiyon ile hazırlanmış cam iyonomer tozları) bulundurmaktadır. Bu molekülün kullanılma amacı giomerlerin yapılarında stabil şekilde cam iyonomer üretmektir. Giomerlerin florür salabilme ve depolayabilme gibi fonksiyonları da mevcuttur. Yapılan in vitro çalışmalarda giomere komşu dentin yapısında remineralizasyonun olduğu görülmüştür. Ayrıca asit ve plak oluşumunu engeleyen bir tabaka oluşturup bakterilerin yapışmasına engel olmaktadır (28). Giomerler klinik olarak değerlendirildiğinde Beautifil ve Beautiful II materyalleri sınıf I, sınıf II ve sınıf V restorasyonlarda kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır (29).

#### **2.3.4.7. Nanoseramik Kompozitler**

Nanoteknoloji adezyon, estetik ve mekanik gibi özellikler açısından daha üstün restoratif materyaller üretmek amacıyla diş hekimliği alanında yakın zamanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu alandaki güncel gelişmelerden biri olan nanoseramikler, yapılarında nano doldurucu ile geleneksel cam partiküllerine ek olarak nanoseramik partikülleri bulundurmaktadır. Nanoseramik partiküller, organik matriksin içerisinde homojen olarak yer almakta ve polisiloksan omurgasından oluşmaktadır. Seramiklerin aşınmaya ve çizilmeye karşı dirençleri iyi olmakla birlikte korozyona karşı dayanıklılıkları da çok iyi olmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı diş hekimliği alanı dışında endüstriyel ve teknik uygulamalar için de kullanılmaktadır (30).

### **2.4 Kompozit Rezinlerde Başarıyı Etkileyen Faktörler**

Kompozit rezinlerin başarısını etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler şöyle sıralanabilir; termal iletkenlik, su emilimi, çözünürlük, renk stabilitesi, yüzey sertliği, mikrosızıntı, polimerizasyon büzülmesi ve bitirme ile parlatma işlemleri (5).

#### **2.4.1 Kompozit Rezinlerde Termal Özellikler**

Kompozit rezin materyalleri düşük termal iletkenliğe sahiptir. Sıcaklığın yayılması, restorasyondan pulpanın içerisine doğru ısı akışı şeklinde olmaktadır. Bundan dolayı termal yayılma özeliği vital dokular için önemli hale gelmektedir. Kısa süreli (30-60sn) hafif ısı artışları (37-42°C) pulpa dokusu için kalıcı hasar

oluşturmazken uzun süreli daha şiddetli oluşan ısı artışları pulpal dokuda geri dönüşü olmayan hasarlara neden olabilmektedir (31).

Yiyecek ve içecekler ağız içerisinde belirli bir dereceye kadar ısı ve sıcaklık (0°C- 67°C) artışına neden olabilmektedir. Ağız içerisinde oluşan bu ısı değişimleri diş dokusu ile restorasyon arasındaki bağlantıyı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Kullanılan restoratif materyal ile diş dokusu arasında oluşan ısısal genleşme katsayı farkından dolayı restorasyon kenarlarında mikro sızıntı oluşabilmektedir (31).

#### **2.4.2 Kompozit Rezinde Su Emilimi**

Emilim olayı (absorbsiyon), moleküllerin katı bir maddenin içerisine difüzyon yoluyla katılmasıdır. Dental materyallerin su emilimleri mekanik özelliklerini etkilemektedir (31). Kompozit rezinlerin ağız içerisinde su absorpsiyonuna karşı dirençli olmaları, klinik olarak daha uzun ömürlü olmalarını sağlamaktadır. Kompozit rezinlerin yapısında yer alan hidrofilik monomerlerin oranı, bu materyallerin su emilim miktarını belirler (32). Hidrofilik yapıda olan monomerler su emilimiyle hidrolitik dejenerasyona uğrayarak ağız ortamına açılmaktadır. Böylelikle doldurucu partikülle resin matrisi arasındaki bağlantının kopmasına neden olur. Bu bağlantının kopmasıyla kompozit rezinin mekanik özellikleri bozulur (33).

#### **2.4.3 Kompozit Rezinde Çözünürlük**

Çözünürlük, materyalin yapıdan ayrılarak dağılması ve erimesi olayıdır. Çözünmeyle beraber materyalin mekanik özellikleri de olumsuz yönde etkilenmektedir (33). Kompozitlerin suda çözünme derecelerinin birbirinden farklı olmasında kullanılan rezinin oranı önemli olmaktadır. Yeterli düzeyde polimerizasyonu sağlanmış kompozit rezinlerin sudaki çözünürlükleri önemsizmeyecek kadar az olmaktadır. Fakat yeterli düzeyde polimerizasyon işlemi sağlanamamış kompozit rezinlerin suda çözünürlükleri yüksek olmaktadır. Bununla beraber restorasyonların aşınma dirençleri azalmakta ve erken dönemde renklenmeler ortaya çıkmaktadır (5).

#### **2.4.4 Kompozit Rezinde Renk Stabilitesi**

Kompozit rezinler içsel ve dışsal olmak üzere farklı şekilde renklenmeler göstermektedir. Renk stabilitesi ile rezinin dönüşüm derecesi arasında sıkı bir ilişki

bulunmaktadır. Yeterli düzeyde polimerizasyon işlemi görmemiş kompozit rezinlerin renk stabiliteleri kötüdür (34). Kompozit rezinlerde çözünme ve su emilimi gibi durumlarda matriksin yapısında şişme, yumuşama, oksidasyon ve hidroliz meydana gelmektedir. Böylece kompozitin renk stabilitesi azalmakta ve renklenmeye karşı daha hasas hale gelmektedir (35).

#### **2.4.5 Kompozit Rezinlerde Yüzey Sertliği**

Kompozit rezinlerin çiğneme kuvvetleri ve ağız sıvılarına maruz kalması sonucunda rezinde bozulmalar meydana gelebilmektedir. Materyallin bu bozulmalara karşı gösterdiği direnç, sertlik olarak ifade edilir ve restorasyonun uzun süre fonksiyonda kalmasını sağlar (36).

Kompozit rezinin polimerizasyonu sonrasında da çapraz bağlanmanın devam etmesi yüzey sertliğinin daha fazla artmasına neden olmaktadır. Yüzey sertliğini artıran başka bir faktör de rezinin içerisinde bulunan inorganik doldurucu miktarıdır (37).

Kompozit rezinlerde bitirme ve parlatma işlemleri de rezinin yüzey sertliğini etkilemektedir. Kuru bir şekilde yapılan bitirme ve cila işlemlerinde kompozitin yüzeyinde ısı artışına neden olmaktadır. Bu ısı artışı rezinin yapısındaki çapraz bağlantıları artırarak kompozit yüzeyinin sertleşmesini sağlamaktadır (38).

#### **2.4.6 Kompozit Rezinlerde Mikrosızıntı**

Kompozit rezinlerde polimerizasyon işleminden sonra restorasyon ile diş dokusu arasında oluşan aralıktan bakteriler, ağız sıvıları ve bazı moleküllerin geçmesiyle mikrosızıntı durumu ortaya çıkmaktadır. Mikrosızıntının olduğu durumlarda klinik olarak; kenar renklenmesi, marjin bölgelerde kırılmalar, tekrarlayan çürükler ve hassasiyet gibi problemler meydana gelebilmektedir (39).

#### **2.4.7 Kompozit Rezinlerde Polimerizasyon Mekanizması**

Polimerizasyon, monomerlerin kimyasal olarak birbirine bağlanmasıyla daha büyük molekül ağları ya da geniş zincirlerden oluşan polimerlerin meydana getirilmesi işlemidir. Polimerizasyon işleminin aktivasyon, başlangıç, çoğalma ve sonlandırma reaksiyonu olmak üzere dört farklı aşaması mevcuttur. Aktivasyon

aşamasında, polimerizasyon işlemini başlatan serbest radikaller oluşur. Başlangıç aşamasında oluşan serbest radikaller monomerlerle tepkimeye girerek polimer zincirini meydana getirir. Bu oluşan zincirlere yeni monomerlerin eklenmesi ise çoğalma aşamasında olur. Ortamda bulunan monomerlerin tükenmeye başlamasıyla reaksiyonun durduğu evre ise sondlandırma aşamasıdır (40).

Karbon çift bağları dönüşümünün fazla olması başarılı bir polimerizasyon işlemi için gereklidir. Bu şekilde iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip rezin meydana gelir. Reaksiyon dışında kalan karbon çift bağları ise oluşan monomer zincirine pendent olarak katılır ya da ortamda serbet radikal olarak bulunur. Polimerizasyon sonucunda oluşan artık monomerler yumuşak dokuya zarar verebilmektedir. Aynı zamanda rezinin içerisinde kalan artık monomerler zamanla yapının oksidasyona uğramasına ve bozulmasına neden olur (41).

Kompozit rezinlerde en sık kullanılan polimerizasyon yöntemi ışık reaksiyonu olup, ortalama 465nm dalga boyundaki mavi ışığın aktivasyonu ile gerçekleşmektedir. Bu aktivasyonu sağlayan fotosensitizer ise %0,1-1 arasındaki oranlarda organik matrikse katılan kamforokinondur (8). Kamforokinon ve amin yapıları, kompozit rezin materyali ışığı görmediği sürece oda şartlarında oligomer şeklinde stabil olarak kalmaktadır. Fotosensitizer olarak en sık kullanılan yapı kamforokinon olmasına rağmen özel estetik çalışmalar için başka fotosensitizerler de kompozit rezinlerin içerisinde kullanılmaktadır (42). Kamforokinon, polimerize olmamış kompozit rezinlerde hafif sarı renk tonunun oluşmasına neden olur. Polimerizasyon sırasında ise kamforokinondan kaynaklı renk açılmaya başlar. Fakat bu durum diş hekimlerinin renk uyumlandırması sırasında zorlanmalarına neden olmaktadır. Başlatıcı-hızlandırıcı sistemin amacı, yapıyı polimerize etmek ve çapraz bağları oluşturduktan sonra sert bir kitle haline getirmektir (8).

Kompozit rezinlerde polimerizasyon işleminden önce rezinin raf ömrünün uzatılması için, hidrokinon monometil eter gibi inhibitör maddeler rezinin organik matriksine katılmaktadır. Ayrıca kullanılan inhibitörler rezinin sertleşmesinden sonraki süreçte kimyasal yapının uzun süre stabil kalmasını sağlamaktadır. İnhibitör bileşenler, ısı ve ışık gibi çevresel faktörlerin kompozit rezinin kendi kendine polimerize olmasını da önlemektedir (43).

Ultraviyole stabilizatörler, 350nm'den düşük dalga boylarını absorbe ederek renk değişimini önlemektedir. Bununla beraber UV ışığının amin bileşikleri üzerinden kompozit rezinlerde oluşturduğu renklenmeyi de ortadan kaldırır. Bu amaçla kullanılan bileşiklerden bir tanesi 2-hidroksi-4-metoksi benzofenondur (43).

Doğal diş rengini taklit edebilmek amacıyla kompozit rezinin organik matriksine az miktarda organik ve inorganik pigmentler dahil edilmektedir.8 Renk pigmentleri ( titanyum dioksit, alüminyum oksit vb), materyale istenilen renk ve opaklığın elde edilmesi amacıyla eklenmektedir (18).

#### **2.4.7.1. Polimerizasyon Büzülmesi**

Kompozit rezinlerin polimerizasyonunda monomerden polimer yapıya dönüşüm esnasında hacimsel olarak %1,5-3 oranında polimerizasyon büzülmesi meydana gelmektedir. Bu büzülmeyle beraber restorasyonun diş ile birleşim yerinde oluşan stres; dişlerde hassasiyet, restorasyon kenarlarında renklenme ve açıklığa neden olmaktadır. Oluşan bu açıklıklar yeni çürüklerin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Polimerizasyon büzülmesi esnasında genellikle restorasyon ile diş dokusu arasında ayrılma meydana gelmektedir (44).

#### **2.4.7.2. İlave Polimerizasyon İşlemi**

Kompozit rezinlerde ideal mekanik ve optik özellikler elde etmek için polimerizasyon işleminin yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Yetersiz polimerizasyon kompozit rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum; rezinin su emilimini ve reaksiyon dışında kalan monomer yapılarının çözünmesini artırır. Böylelikle kompozit restorasyon daha fazla renklenme gösterir (45).

Polimerizasyon işleminde kullanılan ışık kaynağının etkinliği bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar; cihazdan çıkan ışığın uygun dalga boyu içermesi, yeterli düzeyde ışık çıkışına sahip olması ve belirli bir sertleşme süresinde olmasıdır. Polimerizasyonda kullanılan ışık cihazının, kompozit rezinin içerisindeki fotobaşlatıcıyı aktifleştirecek kadar ışık enerjisi yoğunluğu ve yeterli düzeyde dalga boyu üretmesi gerekmektedir (46).

Kompozit rezinlerinin polimerizasyonunda çoğu zaman materyale ek bir ışık uygulanmaktadır. Bu uygulama polimerizasyon işleminin tam olduğundan emin olmak için yapılmaktadır. Materyalin polimerizasyonu için kullanılan ışık cihazının önerilen süreyle polimerize edildikten sonra ek bir ışık uygulaması yapılmaktadır. Polimerizasyon sonrası materyalde oluşan sertleşmenin aşındırıcı kuvvetlere karşı direnci artırdığı ve yüzey özelliklerinde pozitif etkiler oluşturduğu düşünülmektedir (31).

#### **2.4.7.3. Polimerizasyonda Kullanılan Işık Kaynakları**

Kompozit rezinlerin polimerizasyon işleminde Quartz-tungsten-halojen ışık kaynakları, Light-Emitting-Diode Işık Kaynakları, Plazma ark ışık kaynakları ve lazer ışık kaynakları kullanılmaktadır.

##### **2.4.7.3.1.Quartz-tungsten-halojen ışık kaynaklar (QTH)**

Dış hekimliği alanında polimerizasyon işlemleri için en çok kullanılan QTH ışık kaynaklarıdır. Maliyet olarak diğer cihazlardan daha ucuz olan bu ışık kaynakları 380-520nm dalga boylarında ışık yaymaktadır. Işık şiddetleri ise 400-800 mW/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu cihaz yaklaşık 2mm derinliğindeki kompozit rezini ortalama 40sn gibi bir sürede polimerize etmektedir (18).

QTH ışık cihazları çalışmaları esnasında yüksek ısı oluştururlar. Oluşan ısı zamanla pulpaya da zarar verebilmektedir. Cihazın verimliliğini ve etkinliğini azaltan bu ısıyı elimine etmek için cihazda soğutucu fan kullanılmıştır. Ayrıca kızılötesi ışığı tutan ve görünür ışığın oluşmasını sağlayan filtreler bulunmaktadır. Zamanla özelliklerini kaybeden bu filtreler kızılötesi ışığın pulpa ve yumuşak dokularda ısı oluşturup zarar verebilmektedir. Cihazda bulunan filtre, ampul ve reflektör gibi yapılar zamanla bozulabileceği için belirli periyotlarda kontrol edilmelidir. Halojen ampüllerin kullanım ömürleri ortalama 6 ay olup değiştirilmeleri gerekmektedir. Aynı zamanda belirli periyotlarda radyometre kullanılarak cihazın gücü de ölçülmektedir (47).

#### **2.4.7.3.2. Light-Emitting-Diode Işık Kaynakları (LED)**

LED ışık kaynakları, halojen ışık kaynaklarına alternatif olarak üretilmiş olup görülebilir mavi ışık yayar. Halojen ışık cihazlarına göre daha dar spektral aralıkta ışık üreten bu cihazların dalga boyları ise 450-490nm arasındadır. LED ışık cihazlarının oluşturduğu enerji, fotoaktivatör olarak rezinin yapısında yer alan kamferokinon molekülünü aktif etmek için idealdir. Ayrıca bu cihazlarda üretilen enerjinin tamamına yakını polimerizasyon için kullanılır ve herhangi bir soğutucu fan gerekli değildir. Daha az miktarda ısı oluşturup pulpa ve yumuşak dokularda hasar riskinin düşük olması, ışığın filtre edilmesine gerek olmaması, kablosuz şarj edilebilmesi ve klinik ömürlerinin (10.000 saat) çok uzun olması LED ışık kaynaklarının en önemli avantajlarıdır (48).

LED ışık cihazları, yapılarında fotobaşlatıcı olarak kamferokinon içermeyen kompozit rezinlerin polimerizasyonunda etkili olmazlar. Bundan dolayı bu ışık cihazlarının kullanılacağı zaman kompozit rezinin içeriğini bilmek gerekir (49).

#### **2.4.7.3.3. Plazma ark ışık kaynakları (PAC)**

Plazma ark ışık kaynaklarının dalga boyu halojen lambalara göre daha geniştir. Bu cihazlarda bulunan filtreler mavi ışığın geçişine izin verip diğer renklerdeki ışığın geçişine filtreler sayesinde engel olur. PAC ışık kaynaklarının ürettiği ışık şiddeti 2000 mW/cm<sup>2</sup>'den daha büyüktür. Bu yüksek ışık şiddeti pulpada ısı artışına neden olur ve pulpal hücrelerde hasarlara neden olur. Ayrıca, rezinin polimerizasyonu esnasında diş ile restorasyon yüzeyi arasında polimerizasyon büzülme stresi oluşturma gibi dezavantajları vardır (50,51).

Bu ışık kaynaklarının kullanım süreleri halojen lambalardan daha uzundur. Ayrıca bu cihazların oluşturduğu ışığın dalga boyları kompozit rezin başlatıcısı ve bağlayıcı ajanla uyumsuzdur. Resin polimerizasyonunu bu nedenlerden dolayı tam sağlayamaz (52).

#### **2.4.7.3.4. Lazer ışık kaynakları**

Argon lazerler, 454-514nm dalga boylarında ışın üreterek bağlayıcı ajanlar ile kompozit rezinleri polimerize etmektedir. Ortalama 500nm dalga boylarında enerjiye sahip olan bu cihazlar, kızılötesi ışık dalgaları üretmediğinden pulpa ve yumuşak

dokularda ısı artışına neden olmamaktadır. 1980’li yıllarda kullanılmaya başlanan argon lazerlerin en büyük avantajları ise polimerizasyon için harcanan sürenin kısa olmasıdır. Lazer ışık kaynakları pahalı olduğu için yaygın olarak kullanılmamıştır (53).

#### **2.4.8 Kompozit Rezinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri**

Klinik açıdan başarılı kompozit restorasyonlar için diş hekimliğinde birçok bitirme ve parlatma sistemleri kullanılmaktadır. Piyasaya çıkan bu yeni sistemlerle daha pürüzsüz restorasyon yüzeyleri oluşturup daha az basamak ile kısa sürede restorasyon işlemlerinin bitirilmesi hedeflenmektedir (54).

Kompozit rezinlerde bitirme işlemi, restorasyonların bitim sınırı içerisinde bulunan düzensiz alanların alınmasıyla dişin anatomik formunun oluşturulmasıyla yapılır. Kompozit rezinlerde parlatma aşaması ise bitirme işleminden sonra yüzeyde kalan çizik ve pürüzlülüğün ortadan kaldırılmasıyla mineye benzer pürüzsüz bir yüzey oluşturulması işlemidir (55).

Restorasyon yüzeyinde iyi yapılmış bitirme ve cilalama işlemi, yüzeyde bulunan düzensiz alanların çapının bakteri çapından daha küçük olması ve bakterilerin restorasyon yüzeyine yapışmasını engellemektedir (54). Bakterilerin restorasyon yüzeyine yapışması için kritik yüzey pürüzlülük değerinin 0,2µm Ra olması gerekir. Bitirme ve parlatma aşamasının klinik açıdan birçok faydası mevcuttur. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Restorasyonda yer alan fazlalıkların alınarak düzgün ve parlak yüzeylerin oluşturulması
- Pürüzlü yüzeylerden kaynaklanan restorasyon kırığı riskinin azaltılması
- Parlak yüzeyler oluşturarak restorasyon yüzeyinde plak birikiminin azaltılması
- Yüzeyde oluşabilecek kusurları azaltarak yüzey bozulmasının azaltılması ve korozyonun engellenmesi
- Gıdaların parlatılmış restorasyon üzerindeki hareketin kolaylaştırılması ve daha iyi çiğneme yapılmasının sağlanması

- Parlak yüzeylerin oluşmasıyla doğal dişe benzer şekilde ışığı yansımaları ve restorasyonların daha estetik görünmesi
- Oluşturulan restorasyon yüzeylerinin düzgün olması ve genel ağız hijyeninin etkilili bir şekilde yapılmasına olanak sağlaması (56).

Kaba bitirme işlemleri için, büyük grenli aşındırıcı materyaller kullanılmakta ve restorasyona istenilen form verilebilmektedir. Bu amaçla kullanılan materyaller karbid, çelik, elmas frezler ve abraziv içeren disklerdir. Restorasyonda bulunan fazlalıklar kabaca alınır ve dişe uygun anatomik form oluşturulur. Yiyeceklerin birikimini engellemek ve daha düzgün restorasyon yüzeyleri oluşturmak için rehber olarak diş yüzeyleri esas alınmalıdır (57).

Kaba bitirme işleminden sonra yüzeyde kalan düzensiz ve çizikli alanlar ince bitirme ve düzeltme işlemleriyle giderilmeye çalışılır. Bu işlemler için ince elmas frezler, 18-30 bıçaklı karbid frezler ve partikül büyüklüğü 8-20µm olan aşındırıcı materyaller kullanılır (57). Elmas bitirme frezlerinin aktif yüzeylerinde elmas parçacıkları yer alır. Bu frezler metal şaft, partikül ya da toz içerikli elmas aşındırıcılar ve bunları biraraya getiren metal bağlantı materyallerinden oluşur (55). Klinikte elmas frezleriyle çalışıldığında mutlaka su soğutması olmalıdır (57). Elmas bitirme frezlerinin etkinlikleri yüksektir fakat kesimden geriye çok pürüzlü bir yüzey bırakır. Bundan dolayı bu frezler kullanıldıktan sonra çok bıçaklı karbid frezler, aşındırıcıyla kaplı diskler, parlatma lastikleri ve aşındırıcı oranı düşük olan cila patlarıyla yüzey cilası yapılmalıdır (55). Karbid frezler, bitirme ve konturlama işlemlerinde kullanılmak üzere çeşitli şekillerde üretilmiş ve 8-40 arasında değişen sayıda yivli bıçaklar bulundurulur. Elmas frezlere göre daha az aşındırıcı olan karbid bitirme frezleri gingival marjin bölgesinde daha az hasar oluşturur (55,57)

Farklı renklerde bulunan dental taşların aşındırıcı içerikleri farklılık gösterir. Örneğin alüminyum oksit içeren dental taşlar beyaz, silikon karbid içerenler ise yeşil renklidir. Restorasyonlarda bitirme ve uyumlama amacıyla kullanılan bu taşların kesme ve aşındırma etkinlikleri elmas frezlere göre daha düşüktür (55).

Bitime ve parlatma işlemlerinde kullanılan disk ve şeritler, aşındırıcı partiküllerin bağlayıcı bir maddeyle esnek bir materyale (hafif bir kağıt, polyester ya da metal) yapıştırılması şeklinde üretilmektedir (57). Çok az miktarda aşındırıcı içeren bu diskler kullanıldığı esnada etkinliklerini çabuk kaybeder ve yıpranır. Bundan dolayı tek seferlik kullanımı önerilir. Diskin en çok kaplandığı aşındırıcı madde alüminyum oksittir. Fakat zımpara, kuartz, lal taşı ve silikon karbit ile kaplanan diskler de vardır. Klinik kullanımda en kaba grenli diskten başlanıp en ince grenli disk ile bitirilir. Kaba grenli diskler 55-100µm, ultra ve süper ince grenli diskler ise 7-8µm partikül büyüklüğüne sahiptir (55).

Restorasyon bitiminde yüzey parlatma işleminde kullanılan lastikler, ince ya da çok ince aşındırıcı partiküllerin elastik yapılı bir matriks (doğal ya da sentetik lastikler, silikon ya da diğer sentetik elastik polimer) içerisine dahil edilmesiyle üretilir. Yumuşak yapıya sahip olan parlatma lastikleri çabuk aşınmaya uğrar. Elmas frezlerden sonra kullanılması tavsiye edilen bu lastikler aynı zamanda alüminyum oksit içerikli parlatma patlarıyla da kullanılabilir. Farklı şekillerde üretilen parlatma lastikleri, disklerin ulaşamadığı keser dişlerin lingual yüzeyleri ile posterior dişlerin oklüzal yüzeylerinde de kullanılabilirler. Tekerlek, silindirik ve sivri uçlu olmak üzere farklı şekilleri mevcuttur (55).

Lastiklerin yapısında aşındırıcı madde olarak elmas, silikon dioksit, alüminyum oksit, silikon karbid ve zirkonyum oksit bulunur. Restorasyonun bitimi ve anatomik şeklini oluşturmak için alüminyum oksit içeren lastikler, ön polisaj aşamasında ise elmas ya da silikon içeren polisaj lastikleri tercih edilir (55).

Klinikte en fazla kullanılan parlatma patlarının içiğindeki aşındırıcılar alüminyum oksit ya da elmas partikülleridir. Partikül büyüklükleri 1µm ya da daha az olan alüminyum oksit içerikli parlatma patları gliserin esaslıdır. Elmas içerikli patlar da gliserin esaslıdır fakat partikül boyutları alüminyum oksite göre daha büyüktür (1-10µm) (58). Cila pastaları kuru ve susuz bir yüzeyde uygulandığında daha fazla bir aşındırma yapar ancak suyla uygulandığında daha ince bir aşındırma yapar (59).

## 2.5 Diş Hekimliğinde Renk Kavramı

Dişlerin doğal renklerinin belirlenmesi bilimsel kurallara göre yapılmalıdır. Aynı objenin farklı algılanması; görsel algılama farklılığının olması ve gözlemcinin renk seçimi deneyimin subjektif olmasından kaynaklıdır. Işık enerjisiyle objenin fiziksel etkileşimi sonucu renk oluşmaktadır (60). İletici alan saydam, yarı saydam ve opak olarak üç gruba ayrılır. Cisim, üzerine gelen ışığa verdiği tepkiye bağlı olarak bu özellikleri meydana getirir. Işık materyalin içinden geçiyorsa yarı şeffaf ya da şeffaf olarak kabul edilir. Eğer cisim ışığın geçişine engel oluyorsa buna da opak cisim denir (61).

Her ışık kaynağının dalga boyu için ışık spektrumunda belirli bir karşılığı olduğundan rengin belirlenmesinde ışık kaynağı önemlidir. Görünen spektrum, elektromanyetik spektrum içerisinde 380-770nm aralığında yer alır. Bu aralığa görünür ışık spektrumu denilir ve insan gözü ancak ışığın bu aralıktaki dalga boylarını algılar. Yeşil, kırmızı ve mavi-menekşe ışık spektrumunda yer alan temel üç renktir. Mavi, sarı ve kırmızı ise opak pigmentlerin temel renklerini oluşturur (62).

CIE (International Commission on Illumination, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) sisteminde üç çeşit aydınlatıcı kullanılır. Bunlar; parlak ışık (A), güneşten direkt gelen ışık (B) ve ortalama gün ışığı (C) şeklindedir. Renk ölçümü için kullanılan floresanların başarısız bulunmasıyla 1964 senesinde D (D65) tipinde aydınlatıcılar sisteme dahil edilmiştir. Renk ölçümünde C tipindeki aydınlatıcılar halen kullanılmakta olup B tipindeki aydınlatıcılar ise kullanım dışında kalmıştır. A tipi aydınlatıcılar ise günümüzde kullanılan ev tipindeki tipik tungsten aydınlatıcılar olup 2856°K renk ısısındadır. En çok kullanım alanına sahip olan D tipindeki aydınlatıcılar ise D50 ve D65 olmaktadır. Renk ısısı 5000° K değerinde olan D50 aydınlatma ortamı, bulut yoğunluğunun az olduğu bir günde öğlen saatlerindeki doğal gün ışığına benzerdir. D65 aydınlatıcılar ise 6500 °K değerinde renk ısısına sahip olup aydınlıkları ortalama gün ışığı aydınlığına denk gelir. Gün ışığı ortamında yapılması düşünülen çalışmaların hepsinde aydınlatıcı olarak D65 kullanılır (63).

Nesnelerin renginin algılanmasında; belirli bir uyarıcı, bu uyarıcıyı alabilen ve değerlendirebilen bir yapının olması gerekmektedir. Cismin üzerine gelen uyarıcı

ışık yansıyarak göze gelir ve oradan da insan beyinde yer alan görme merkezine geçmektedir (64). Göze gelen ışığı gözün retinasında yer alan rod ve kon algılayıcı hücreler algılar. Rod hücreleri, retinaya ulaşan ışık yoğunluğunu algılayıp cismin parlaklığının belirlenmesinde rol alır ve cismin rengini algılama kabiliyetine sahip değildir. Cismin rengini belirleyen kon hücreleri ise karanlık ortamda işlevleri yoktur. Bundan dolayı karanlık ortamlarda algılama işlevi olan rod hücreleri rol oynar (63).

İnsan gözünde üç çeşit kon hücresi bulunur. Bu konlar mavi, yeşil ve kırmızı renklerinin dalga boylarına denk gelir. Rengin doğru algılanması, ışıkla uyarı alan retina alanının büyüklüğüyle ilişkilidir. Retinaya gelen ışık miktarını belirleyen ise gözbebeğinin ışığa bağlı genişleme ve daralma hareketidir. Yaşlılık, kullanılan ilaçlar ve bazı hastalıklardan kaynaklı olarak gözbebeğinin çalışmasında farklılıklar olabilir. Bununla beraber rengin algılanmasında da değişiklikler görülebilir (65).

Herhangi bir ortamda aynı renkte görünen objelerin başka ışık kaynakları altında farklı görünmesine “metamerizm” denilir. Metamerizmin etkisini azaltmak için klinik ve labaratuvar ortamı arasında standardizasyonu sağlamak gerekir. Işığın rengini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler günün farklı zaman dilimi, farklı mevsimler ve gün içindeki havanın durumudur. Gün ışığı sabah ve akşam saatlerinde daha kırmızıdır. 5500°K renk sıcaklığındaki gün ışığı kırmızı, yeşil ve mavi renklerini eşit miktarda barındırır. Ana renklerin hepsini içeren böyle bir ışık kaynağı beyaz ışığı oluşturur ve ideal ışık kaynağı olarak kabul edilir (66).

### **2.5.1 Restorasyonlarda Reklenme Nedenleri**

Kompozit rezinlerin renk değişikliğine uğraması birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörlere örnek olarak rezinin tam polimerize olmaması, su emilim miktarı, kimyasal reksiyon düzeyi, bitirilen restorasyon yüzeyinin pürüzlülüğü, hastanın beslenme alışkanlıkları ve ağız hijyenidir. Resinin yapısıyla ilgili oluşan renklemelere içsel renklemeler, rezinin uygulanması esnasında hekime bağlı yapılan hatalarla oluşan renklemelere ise dışsal renklemeler denilir (67).

### 2.5.1.1. İçsel renkleşme nedenleri

İçsel renkleşmeler, restorasyonda kullanılan materyalin yapı ve içeriğine bağlı olarak oluşur. Kompozit rezinlerde bulunan organik matriksin içeriği aromatik ya da üretan dimetakrilat oligomerinden oluşur. Kompozitlerin yapısında en fazla bulunan oligomerler; UDMA (üretan dimetakrilat), BisGMA (bisfenol A diglisil-eter-metakrilat), TEGDMA (trietilen glikol dimetakrilat) ve Bis-EMA (etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilat)'dır. Rezinin matriks içeriği, polimerizasyon durumu ve doldurucu içeriği gibi faktörler kompozit materyalinin renkleşmesini etkiler (67).

Tersiyer amin moleküllerinin ağız içerisinde kimyasal değişikliğe uğraması sonucu kimyasal yolla polimerize olan kompozit rezinlerde renkleşmeye neden olur. Oksidasyon, Uv ışığı ve nem gibi durumlar bu renklenmeleri daha da artırır. Kompozit rezinlerde fotobaşlatıcı olarak en fazla kullanılan kamforokinon molekülünde katı ve sarı renkli kromofor bileşeni yer alır. Bu bileşenin rezin yapısında çok kullanılması renklenmeye neden olabilir. Kompozit rezin yeterli sürede ışık ile polimerize edilmediği zaman kamforokinon molekülünün dönüşümü tamamıyla olmaz ve rezinin içerisinde sarı renklenmeye neden olur. Aynı zamanda polimerizasyon sonrası rezinin içerisinde bulunan amin moleküllerinin oksidasyona uğramasıyla sarı renkler kahverengi renge dönüşür ve kompozitte renklenme meydana getirir. Sıcak bir ortamda uzun sürelerde bekletilen kompozit rezinlerde yapısındaki benzoil peroksit'e bağlı renk değişikliği oluşabilir. Rezinlerin monomer içeriklerinde eğer makropartikül ile Bis-GMA miktarları fazla ise rezinde daha fazla renklenme meydana gelir. Fakat mikropartikül oranı fazla olan rezinlerde ise daha az renklenme oluşur (68).

Materyalin renklenmesinde polimerizasyon için ayrılan süre ve kullanılan ışık cihazı da önemlidir. Polimerizasyon aşamasında monomerden polimere dönüşümünün ve boyutsal stabilitenin yüksek olması çözünübilirliği azaltır. Bu durum materyalin daha az renklenmesini sağlar. Aynı zamanda rezinin yapısındaki doldurucu miktarlarının da renklenme üzerinde etkileri vardır. Doldurucu miktarı düşük olan rezinlerin zamanla aşınmaya uğramasıyla doldurucu partiküller matriksten ayrılır ve restorasyon yüzeyinde pürüzlülüğe neden olur. Bu durum kompozitin daha düşük renk stabilitesine sahip olmasına sebep olur (69).

Dışsal etkenlerle oluşan renklemelerin giderilmesi kolay iken, içsel renklemelerin tedavisi restorasyonun yenilenmesiyle mümkün olmaktadır. Aynı zamanda kompozit rezinlerin yapısal bileşenleri geliştirilerek renklenme sorunlarının üstesinden gelinmektedir. Diş hekimliği alanında yeni üretilen materyallerin renklenme düzeyleri değerlendirilerek çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar bilim insanlarının ilgisini çekmektedir (2).

#### **2.5.1.2. Dışsal renkleşme nedenleri**

Kola, kahve, çay ve kırmızı şarap gibi içecekler restorasyon yüzeyinde emilime uğrar ve dış renklemelere neden olur. Hekim kaynaklı uygulama hataları ve eksikliklerine bağlı olarak da restorasyon yüzeyinde dışsal renklemeler olur. Bununla beraber yapılan kompozit restorasyonlarda izolasyonun yeteri kadar sağlanmadığı durumlarda tükürük ve kan gibi sıvılar restorasyon arayüzüne sızarak dışsal renklemeye neden olur (69).

Restorasyondaki yetersiz bitirme ve cilalanma işlemleri, dişlerde renklemeye neden olan maddelerin sık tüketilmesi ve kötü ağız hijyeni dişlerde en çok renklemeye sebep olan dışsal etkenlerdir. Bununla beraber restorasyonda kullanılan rezinin içeriği ve partikül büyüklüğü de renklenme üzerinde etkilidir. Yapılan çalışmalarda şeffaf bant kullanılarak polimerize edilen kompozitlerin yüzeyleri çok düzgün olduğu fakat oklüzalde yapılan düzeltmelerden sonra daha pürüzlü bir yüzey ortaya çıkar. Bundan dolayı son aşama olarak yüzey parlatma işlemi uygulanır. Yetersiz yapılan bitirme ve parlatma işlemleri yüzeyde düzensizliğe, renkleşmeye, plak birikimine, diş eti hasarına ve tekrarlayan çürükler gibi klinik problemlere neden olabilir (67).

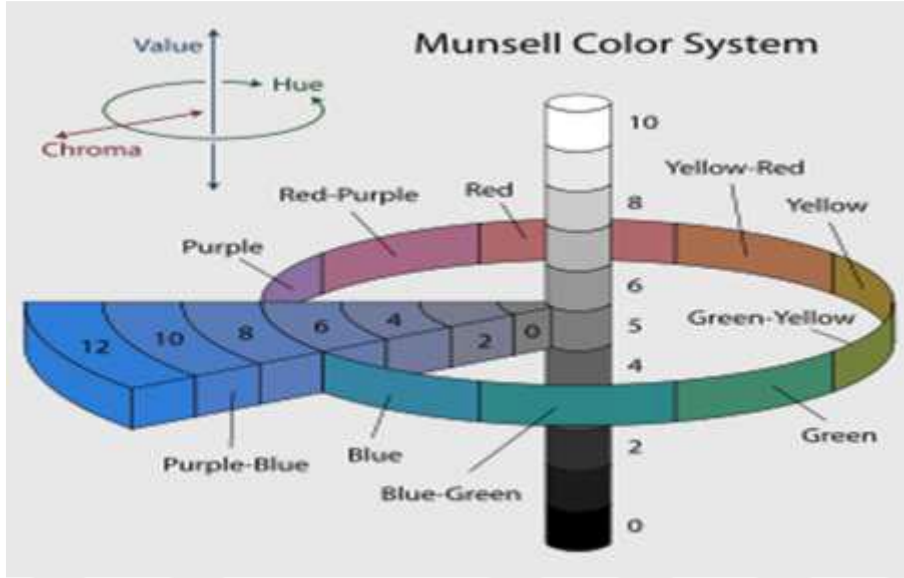
Dışsal etkenlerle boyanan restorasyonların tedavisinde; genellikle periodontal profilaksi, hafif düzeyde mikroabrazyon ya da renklenmiş yüzeylerin alev uçlu karbit bitirme frezleri ve elmas frezlerle düzeltme (makroabrazyon) işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemlerden sonra aşındırıcı disk ve lastikler kullanılmaktadır. Renklenmiş restorasyonlara tekrardan parlatma ve beyazlatma işlemleri uygulanarak rezinin yüzeyindeki lekeler uzaklaştırılmaktadır (70).

### 2.5.2 Diş ve Restorasyonların Rengini Belirlemede Kullanılan Yöntemler

Nesnelerin renginin belirlenmesinde kullanılan birçok farklı sistem vardır. 1905 yılında A.H. Munsell'in bulduğu sistem diş hekimliği alanında renk seçimi için geliştirilmiştir. Uygulamanın kolay olması, esnek ve güvenilir olması bu sistemin renk seçiminde uzun süre kullanılmasına olanak tanımıştır. Amerikalı ressam Munsell ilk kez renkleri üç boyutlu bir bölgede birbirinden bağımsız boyutlarda göstermiştir<sup>71</sup>(Şekil 5). Hue ana rengi, chroma rengin doygunluğunu ve value ise rengin açıklığını temsil eder. Bu sistem uzun süre kullanılmış fakat CIELAB ve CIECAM02 gibi daha iyi modellerin ortaya çıkmasıyla Munsell sisteminin kullanım alanı azalmıştır (72).



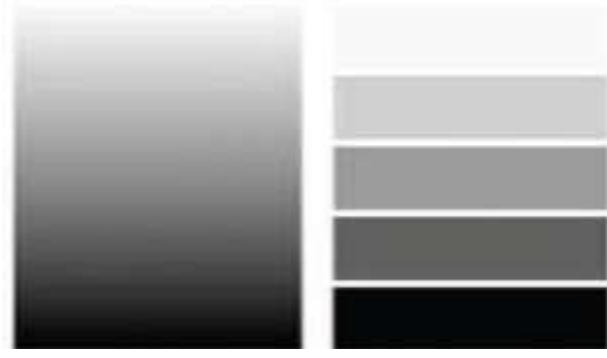
Şekil 4. Munsell'in hue dairesi



Şekil 5. Munsell'in Renk sistemi

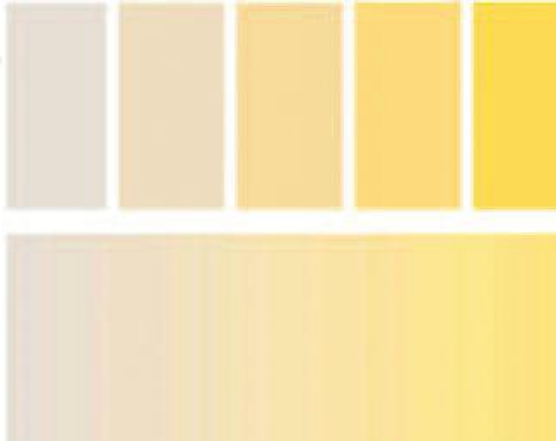
Hue; insan gözünün ayırt edebildiği mavi, mor, yeşil, sarı ve kırmızı gibi ana renkleri tarif etmektedir (Şekil 4). Dış hekimliği alanında Vita'nın renk skalasında ana renkler A, B, C ve D harfleri ile yer almaktadır (62). Mavi, mor, kırmızı, yeşil ve sarı renkleri Munsell'in renk sistemi içerisinde yer alan 5 ara rengi oluşturur. Kırmızı-mor, mavi-yeşil, sarı-kırmızı, mor-mavi ve yeşil-sarı renkler ise ana renklerin arasında yer alan yardımcı renklerdir (59).

Bir rengin açıklık ya da parlaklık derecesi value ile tanımlanır ve siyah-beyaz skala içerisinde gösterilir. Açık renkli cisimler skalanın gri tonlarının az olduğu bölümde yer alırken, koyu renkli cisimler ise skalada gri tonların fazla olduğu tarafta bulunmaktadır (66). Valu, sıfırdan başlayıp ona kadar değerler alır. Siyah renk sıfır değerini alırken beyaz renk 10 değerini alır. Bu aralıkta yer alan değişken gri tonları farklı value'leri meydana getirir. Munsell, saf siyah ve beyaz renkleri ulaşılamaz değerler olarak kabul etmiş ve bu sistemde yalnızca 9 tane value değerini kullanmıştır. Koyu renkler düşük değerde value ile, açık renkler ise yüksek değerde value ile ifade edilmektedir (73) (Şekil 6).



**Şekil 6.** Value skalası

Kroma, bir rengin saflığı ya da doygunluğu anlamına gelir. Belirli bir alandaki rengin miktarını ifade eden kroma aynı zamanda value ile ters orantılıdır. Kromanın artması valuenin azalması anlamına gelir (66). Zayıf olarak adlandırılan renklerin kroma değerleri düşüktür; doymuş ya da güçlü olarak adlandırılan renklerin ise kroma değerleri yüksektir (74) (Şekil 7).



**Şekil 7.** Soldan sağa doğru doygunluğu artan kromatik skala

Munsell'in renk sistemleri konusundaki çalışmalarından sonra CIE kuruluşu 1931 yılında XYZ tristimulus değerini ortaya koymuştur. Bu tristimulus değerleri retinada yer alan temel renkler (kırmızı, yeşil ve mavi) hasas sensörler ile bulunur. Günümüzde en çok kullanılan sistemlerden olan CIELAB sistemi 1976'da kullanılmaya başlanmıştır. Munsell'in sisteminde düzensiz dağılımdan dolayı renklerin birbiriyle olan ilişkilerini ve farklarını bulmak çok zordur (75).

CIE sistemi, temelini Munsell'in renk sisteminden alır. Toplam 3 koordinat olmak üzere her bir renk için bir koordinat bulunur ve bunlara L\*, a\* ve b\* değerleri denilir.

L\*: Bir rengin açıklığını ve koyuluğunu belirleyen L eksenidir. Açık renkli cisimler için L değeri büyüktür, koyu renkli cisimlerin ise L değerleri küçüktür. Saf beyaz için L değeri 100 iken saf siyah için 0'dır.

a\*: a eksenini üzerinde kırmızıdan(+) yeşile(-) değişen kroma değerlerinin koordinatını verir. Bu değerler arttığında kırmızı renge, azaldığında ise yeşil renge yakın olur.

b\*: b eksenini üzerinde sarıdan (+) maviye (-) değişen kroma değerlerinin koordinatını verir. Bu değerler arttığında sarı renge, azaldığında ise mavi renge yakın olur (76,77).

a\* ile b\* koordinatlarında 0 değeri gri ve beyaz gibi nötral renklere dek gelirken, değerlerin (+) veya (-) yönlerde artması ise daha doygun ve yoğun renk olduğu anlamına gelir. Munsell renk sistemindeki value ile CIELAB sistemindeki L\* değeri birbirine dek gelirken, a\* ile b\* değerleri ise hue ve kromayla orantılıdır.  $\Delta E^*$  gözlemcinin uygulama aralığında ve sonrasında belirleyebileceği renk değişimi anlamına gelir (78,79).

İki rengin karşılaştırılması  $\Delta E$  değeriyle yapılır;

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

$$\Delta L^* = L_2 - L_1$$

$$\Delta a^* = a_2 - a_1$$

$$\Delta b^* = b_2 - b_1 \text{ formülüyle hesaplanır (8).}$$

$\Delta E$  formülündeki L1, a1 ve b1 değerleri ilk renk ölçümünde bulunan değerler iken L2, a2 ve b2 değerleri ise ikinci renk ölçümünde bulunan değerlerdir. Renk ölçümü sonrası bulunan  $\Delta E$ 'nin sıfıra eşit olması iki renginin aynı olduğu anlamına

gelir.  $\Delta E$ 'nin 1 değerinden küçük olması görsel olarak fark edilmeyecek renk değişimi olduğunu, 1 ile 2 değerleri arasında olması renk değişiminin çok az farkedileceğini, 2 değerinden fazla olması ise görsel olarak rahatlıkla fark edildiği anlamına gelir. Renk ölçümü konusunda çalışma yapan birçok araştırmacı renk farklılığının klinik olarak görülebileceği kritik bir  $\Delta E$  değeri için görüş birliğine varamamıştır (80,81).

Dental restorasyonların farklı ortamlarda bile doğal diş ile uyumlu görünmesi; klinik ve laboratuvar ortamında aydınlatmayı sağlayan ışık kaynağının standart olmasıyla ilgilidir. Renk seçimi için kullanılacak ışık kaynağı bütün renkleri içermeli, odadaki ışığı örtecek seviyede yoğun olmalı ve dişte bulunan soluk ya da baskın renkleri de gösterebilmelidir. Ortamın aydınlığı ve çevresel etkenler de restorasyonların renk tespitinde önemlidir (66).

Estetik restorasyonların başarılı olarak görülmesinin diğer bir kriteri de doğru rengin seçilmesidir. Dişe en yakın olan rengin seçilmesi için renk seçiminde güvenilir yöntemler kullanmak gerekir. Renk seçimi görsel bir şekilde çıplak göz ile ya da dijital cihazlar (spektrofometre, kolorimetre vb.) kullanılarak yapılmaktadır (82).

Görsel olarak yapılan renk seçimi, kliniklerde en fazla başvuru alan yöntemlerden biridir. Hastanın mevcut dişi ile renk skalasında ki renklerin karşılaştırılmasıyla yapılacak restorasyonun rengine karar verilir (Resim 1 ve 2). Hekimler arasındaki renk algılama farklılığından kaynaklı olarak güvenli ve tutarlı sonuçlar alınmayabilir. Yaşlılık, yorgunluk, değişen duygular, gözün durumu, obje, metamerizm, dişin yüzeyi ve aydınlatma ortamı renk seçimindeki bu tutarsızlığın nedenlerini oluşturur (83). Bunların dışında görsel renk seçiminin; diş hekimiyle teknisyeni arasında oluşan iletişim eksikliği, hekimin kendi seçimi arasındaki tutarsızlıklar, farklı hekimler arasındaki renk seçim farklılıkları ve elde edilen sonuçların CIELAB birimine çevirilmemesi gibi dezavantajları vardır. Bu kadar dezavantajı olmasına rağmen görsel renk seçimi, diş hekimlerinin renk seçiminde en çok kullandığı yöntemdir (84).



**Resim 1.** Görsel olarak renk seçimi



**Resim 2.** VITA klasik renk skalası

İlk olarak üretilen sistematik renk skalası Clark'ın 'Tooth Color Indicator' skalası olup 60 adet seramikten örnek içerir. Daha sonraları ise 1950 yıllarında üretilen 'Vitapan Classical' (VC, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) skalası renk belirlemede çok önemli bir adım olmuştur. Daha sonrasında ise 1990 yılında 'Toothguide 3D-Master (TG, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)' renk sklasının üretimi gibi gelişmeler olmuştur. En son olarak da 'VITA Linear Guide 3D Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) sklası hekimler tarafından kullanılmaya başlanmıştır (85).

Günümüzde diş hekimliği alanında renkleri sayısal değer şeklinde hesaplayıp ölçen cihazlar üretilmiştir. Spektrofotometre, kolorimetre, spektoradyometre ve dijital kameralar bu amaç için kullanılır (86). Bu cihazlar ile yapılan renk ölçümlerinin sonuçları daha tutarlı olup geleneksel yöntemlere kıyasla daha güvenli sonuçlar verir. Cihazların doğru kullanılmaması ve kalibrasyonlarının yeterli düzeyde yapılmaması bu ölçüm cihazlarının yanlış sonuç vermesine neden olur (73).

### 2.5.2.1. Spektrofometre

Spektrofometre cihazları; diş hekimliği alanında en çok kullanılan aletler olup, cisimlerin yüzey renklerini ölçmek amacıyla üretilmiştir (Resim 3). Monokromatör, ışık kaynağı ve algılayıcı parçalardan oluşan bu cihazlar, yapılarında çok fazla sayıda sensör bulundurduğu için insan gözüne göre daha hassas bir şekilde renkleri algılayabilmektedir. Bu sayede spektrofometrelerin metamerizmi ayırt etmeleri mümkün olabilmektedir. Bu aletlerin çalışma prensipleri ise cisimden gelen ışığın cihazdan gönderilen beyaz referans ışığına oranıyla ölçülmektedir (86).

Farklı zaman diliminde tekrar ölçüm yapılabilen ve düşük hata payına sahip olan bu cihazlar, kolorimetrelere göre daha tutarlı sonuçlar vermektedir. Kolorimetre cihazlarının renk ölçümünde genellikle düz yüzeylerde kullanılıyor olması, spektrofotometre cihazlarının kliniklerde daha fazla tercih edilmesine neden olmuştur (8,86).

Spektrofometre ile yapılan renk ölçümü sonuçlarının görsel olarak yapılan renk ölçümüyle karşılaştırılan birçok çalışmanın sonuçlarına göre, cihaz kullanımı ile yapılan ölçümlerin daha doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir olduğu ortaya çıkmıştır (87).



**Resim 3.** Spektrofometre cihazıyla dişte renk seçimi

### 2.5.2.2. Kolorimetre

Kolorimetre cihazının çalışma prensibi, belirli bir ışık kaynağı ve görme açısıyla cisimden dönen ışığı filtre etmesiyle ölçüm yapmasıdır. Cihazda 3 tane sensör yer alır ve bu sensörler gözün retinasında yer alan konik tipteki hücreler ile benzerlik gösterir. Kolorimetre cihazında bulunan sensörler yansıyan ışıktaki mavi, kırmızı ve yeşil renk oranını ölçerek rengin sayısal verilerini oluşturur. Bu cihazların ağız içi kullanımı için özel başlık gerekir ve maliyet ile kullanım kolaylıkları

spektrofotometre ve spektoradyometreye göre daha avantajlıdır. Filtre ömrünün kısa olması ve ölçümün tekrarlanabilme özelliğinin zamanla azalması bu cihazların devazanlajlarındandır (86).

#### **2.5.2.3. Spektoradyometre**

Spektoradyometre cihazlarının tasarlanma amaçları, ışıyım ve parlaklık gibi radyometrik değeri ölçmektir. Bu cihazların çalışma mekanizması cisimlerin renkleri, görünüşleri, parlaklıkları ve dokuları gibi kendine has ışıyım (radyans) değeriinin ölçülmesine dayanır. Radyometrik enerji, görünür spektrumda 5, 10 ya da 20nm aralığında ölçülür (88). Tıp, endüstri, doğa bilimleri ve kimya gibi çeşitli alanlarda kullanılan spektoradyometre cihazları yakın zamanda diş hekimliği alanında dental araştırmalar için kullanılmaya başlamıştır. Bu cihazlar dişin rengini ya da seramik kor yapısının translusensliğini belirlemek amacıyla kullanılır (89).

#### **2.5.2.4. Dijital kamera ile görüntüleme**

Alınan görüntülerde renk belirleme işlemi basit ve pratik olduğu için dijital kamera ile görüntüleme sistemleri son zamanlarda daha popüler hale gelmiştir (88). Dijital kameraların en büyük avantajı rengi alınan cisim için renk görünümünün imaj şeklinde oluşturabilmesidir. Ortamın aydınlanma durumu, görüntünün şekli, görüntüsü alınan dişin yeri, kullanılan kameranın tipi ve özellikleri alınan görüntünün kalitesini etkileyen faktörlerdir (88).

Dijital kameralar sayesinde, ağız içerisindeki birçok yapının morfolojileri, yüzey yapıları ve renk dağılımları gibi özellikler laboratuvara rahatlıkla aktarılmakta ve hekim ile teknisyen arasında daha iyi iletişim kurulmasını sağlamaktadır (90). Dijital fotoğraf makinelerinde görüntünün oluşması CCD'ler (algılayıcı) sayesinde olmakta ve bu algılayıcıların yapısında ışığa duyarlı olan milyonlarca fotosit bulunmaktadır. Birçok rengi içeren bir görüntüyü oluşturabilmek için cihazdaki sensörlerde filtreler kullanılmaktadır. Bu kameralar, ışığın üç temel rengini de tek bir piksel içerisine kayıt edebilmektedir. Genellikle klinik ortamda dijital kameralar renk ölçümü için tek başına yeterli olamamakta ve kameradan alınan görüntünün bağlandığı bilgisayarın da analizinin yapılması gerekmektedir (88).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma; ilave polimerizasyon işleminin farklı doldurucu içeriğine sahip üç değişik kompozit rezinin renk stabilitesine etkisini değerlendirmek üzere planlanmıştır. Çalışmamızda, bir adet mikrohibrit esaslı Filtek™ Z250 kompozit rezin (3M ESPE), bir adet nanohibrit esaslı G-aenial Anterior (GC) kompozit rezin ve bir adet nanoseramik esaslı Neo Spectra™ ST HV (Dentsply Sirona) kompozit rezin materyalinin kullanılması tercih edilmiştir (Tablo 2 ve Resim 4).

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri

| Materyal                            | 3M Filtek™<br>Z250                                                                                                                                                                                                                                                                                    | G-aenial Anterior                                                                                                                                   | Neo Spectra™ ST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Üretici Firma                       | 3M ESPE, St. Paul, MN, USA                                                                                                                                                                                                                                                                            | GC Corporation<br>Tokyo, Japan                                                                                                                      | Dentsply,<br>Konstanz, Almanya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Lot No.                             | NC45379                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2103232                                                                                                                                             | 2101000933                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sınıflandırma                       | Mikrohibrit                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nanohibrit                                                                                                                                          | Nanoseramik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Renk                                | A2                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A2                                                                                                                                                  | A2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| İçerik                              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Bis-GMA (bisfenol-A-glisidil dimetakrilat)</li><li>• Bis-EMA (etoksile bisfenol-A-dimetakrilat)</li><li>• UDMA (üretan dimetakrilat)</li><li>• 10-3500 nm büyüklüğünde Zirkonya ile Silika doldurucular</li><li>• Ortalama partikül boyutları 0,6µm</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>•UDMA (üretan dimetakrilat)</li><li>•Dimetakrilat komonomerleri</li><li>•Stronsiyum</li><li>•Silika</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Metakrilat ile modifiye edilmiş polisiloksan</li><li>• Dimetakrilat reçineleri</li><li>• Etil-4 benzoat</li><li>• Bis iodoniyum heksaflorofosfat</li><li>• Baryum-aluminyum-borosilikat cam</li><li>• İtterbiyum florür</li><li>• Floresans pigmenti</li><li>• UV stabilize edici</li><li>• Stabilize edici</li><li>• Kamforokinon</li><li>• Kompozitin Renge göre demir oksit ve titanyum oksit silikat pigmentleri</li></ul> |
| Doldurucu Oranı (Ağırlıkça/Hacimce) | %82<br>%60                                                                                                                                                                                                                                                                                            | %76<br>%62                                                                                                                                          | %78-80<br>%60-62                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



**3M Filtek™ Z250**



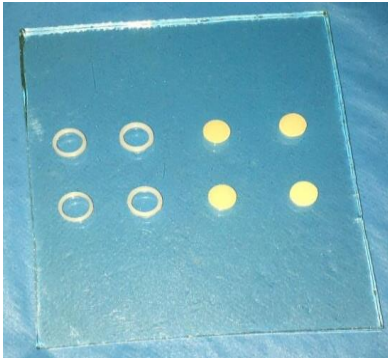
**G-aenial Anterior**



**Neo Spectra™ ST HV**

**Resim 4.** Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyalleri

Çalışmamızın power analizi sonucunda; %95 güven aralığında, %5 duyarlılığa sahip olacak şekilde her bir grup için örnek sayısı 10 (n=10) olarak belirlendi. Test materyalleri, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi kliniğinde tek bir araştırmacı tarafından her bir kompozit rezin için 80 adet olacak şekilde toplamda 240 adet olarak hazırlandı. Materyaller, bir ağız spatülü yardımıyla 2mm derinliğe ve 8mm çapa sahip plastik kalıplara yerleştirilerek kondanse edildi. Ardından şeffaf bant ve iki cam plaka arasında sıkıştırılarak üretici firmaların önerileri doğrultusunda LED ışık cihazı (Woodpecker Led-G, Çin) yardımıyla 20sn süreyle polimerize edildi (Resim 5).



**Resim 5.** Çalışmada kullanılan plastik kalıplar ve LED cihazı

Polimerizasyon işlemi öncesi, ışık cihazının gücü bir radyometre (Hilux, Benlioğlu Dental AŞ, Ankara, Türkiye) vasıtasıyla kontrol edildi. Her bir test materyalinden hazırlanan 80 adet örnek, yirmişerli (n=20) 4 gruba ayrıldı. Çalışmada kullanılan materyallerin bitim ve polisajı için; Super-Snap (Shofu, JAPONYA)

bitirme disk setleri kullanıldı (Resim 6). Polisaj ve bitirme işlemleri üretici firmaların talimatları doğrultusunda, materyallerin polimerizasyonu esnasında ışık cihazına yakın olan üst yüzeylerine yapıldı. Her örnek için yeni bir disk kullanıldı.



**Resim 6.** Super Snap bitirme ve parlatma seti

Her bir gruptaki standart polimerizasyon uygulanmış 20 örnek “standart ışık grubu” olarak ayrıldı. Geriye kalan 20 adet test materyalinin polisajlanan yüzeyleri 20 saniye süreyle ilave polimerizasyon işlemine tabi tutuldu ve “ilave ışık grubu” olarak ayrıldı. Tüm örnekler, musluk suyu altında yıkandı ve daha sonra kurutuldu. Örnekler, renklendirici solüsyonlara yerleştirilme öncesinde distile su içerisinde 24 saat süreyle 37°C’de etüvde (Mikrotest MST 55, Ostim Ankara) bekletildi (Resim 7).



**Resim 7.** Çalışmada kullanılan Etüv cihazı

24 saatin sonunda distile sudan çıkarılan ve kurutulan test örneklerinin ilk renk ölçümleri, spektrofotometre cihazı [VITA Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)] kullanılarak gerçekleştirildi (Tablo 3 ve Resim 8).

**Tablo 3.** Çalışmada kullanılan cihazlar

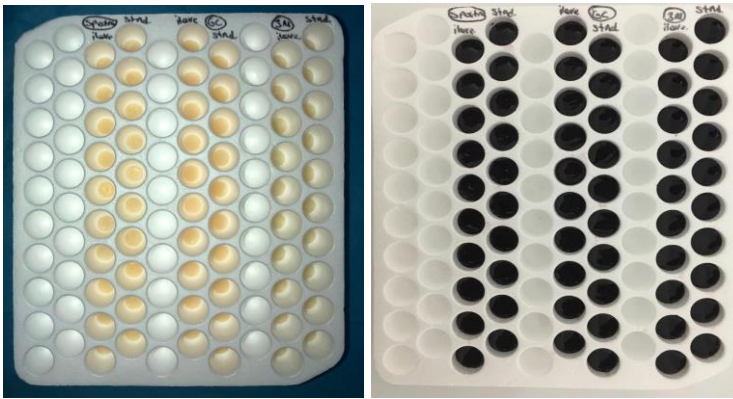
| Cihaz            | Marka                 | Firma                            |
|------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Spektrofotometre | VITA Easyshade V      | VITA Zahnfabrik, Almanya         |
| Etüv             | Mikrotest MST 55      | Mikrotest, Ostim, Ankara Türkiye |
| Led ışık cihazı  | Woodpecker Led-G, Çin | Guilin med. Ins., Çin            |



**Resim 8.** Çalışmada kullanılan spektrofometre cihazı

Ölçüm işleminin güvenilirliği açısından, cihazın ölçüm ucu yüzeye  $90^\circ$  açıyla yerleştirildi. Her bir renk ölçümü üç kez tekrarlandı ve bu ölçüm sonuçlarının ortalaması, CIELAB yöntemine göre  $L0^*$ ,  $a0^*$  ve  $b0^*$  değerleri olarak kaydedildi. Renk ölçümü yapılan örnekler numaralandırıldı. Spektrofotometre cihazı her ölçümde kalibre edildi. İlk ölçümün ardından tüm örnekler numara sırasına göre 100 gözenekli dört farklı plastik kalıba yerleştirildi. Üzerlerine renk değişimini sağlamak üzere poşet çay (Lipton, Rize, Türkiye), filtre edilmiş kahve (Nescafe Classic, Nestle, Türkiye), klorheksidin içerikli gargara (Kloroben gargara, %0.12 klorheksidin glukonat, Drogas, Ankara, Türkiye) ve kırmızı şaraptan (Buzbağ Klasik, %13 alkol, öküzgözü-boğazkere, 2021, Elâzığ, Türkiye) hazırlanmış solüsyonlar ilave edilen örnekler,  $37^\circ\text{C}$ 'de etüv içerisinde 1 hafta süreyle bekletildi (Resim 9 ve 10).

Örneklerin içerisine yerleştirileceği çay solüsyonu, 250ml kaynamış suyun içerisine bir tane poşet çay bırakılarak demlenmesiyle hazırlandı. Örneklerin içerisine yerleştirileceği kahve solüsyonu ise, 2 gramlık kahvenin 200ml kaynamış distile su içerisine eklenip karıştırılması ve 10dk sonra filtre kağıdıyla filtre edilmesiyle hazırlandı. Tüm solüsyonlar her gün taze olarak hazırlandı ve yenilendi.



**Resim 9.** Şarapta bekletilecek örneklerin 100 gözenekli plastik kalıba yerleştirilmiş ve üzerine solüsyon eklenmiş hali.



**Çay**

**Kahve**

**Kırmızı şarap**

**Gargara**

**Resim 10.** Çalışmada kullanılan renklendirici solüsyonlar.

Bir hafta geçtikten sonra solüsyonlardan çıkarılan örnekler, distile suyla yıkandı ve kurutma kağıdıyla kurulandı. Örnekler sıra numaralarına dikkat edilerek ikinci ve son kez renk ölçümüne tabi tutuldu. Son ölçümler de başlangıçtaki gibi her bir örnek için üç kez tekrarlandı ve ortalamaları alınarak kaydedildi. İki ölçüm arasındaki fark ( $\Delta E$  değeri),  $\Delta E^*=[(L1^*-L0^*)^2+(a1^*-a0^*)^2+(b1^*-b0^*)^2]^{1/2}$  formülünden yararlanılarak hesaplandı.

#### 4. BULGULAR

Çalışmamızda elde edilen veriler Lisanslı IBM SPSS 21 paket programı ile analiz edilmiştir (Lisans numarası: 5f551afac84a24ad7a95). Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken; birim sayıları nedeniyle Shapiro Wilk's' ve Kolmogorov Smirnov testlerinden yararlanılmıştır. Sonuçlar yorumlanırken; anlamlılık düzeyi olarak  $p < 0,05$  olması durumunda değişkenlerin normal dağılımdan gelmediği,  $p > 0,05$  olması durumunda ise değişkenlerin normal dağılımdan geldikleri kabul edilmiştir.

Faktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisini belirlemek için; Two Way ANOVA testinden yararlanılmıştır. Anlamlı farklılık bulunan gruplar ve etkileşim düzeyleri belirlenmiştir. Gruplar arası farklılıklar incelenirken; değişkenlerin normal dağılımdan gelmesi nedeniyle Independent T Testi ve One-Way ANOVA'dan yararlanılmıştır. One-Way ANOVA'da anlamlı farklılıklar görülmesi durumunda grupların varyanslarının homojen olduğu durumlarda Tukey HSD ve varyansların homojen olmadığı durumlarda ise Tamhane's Analizlerinden yararlanılmıştır.

$\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerindeki faktörlerin etkisine ilişkin analiz sonucunda (Tablo 4);

- Kompozit grubunun  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).
- Solüsyon grubunun  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).  $\Delta E$  bakımından en düşük değer K. Heksidin solüsyonundadır.
- Işık grubunun  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).
- Kompozit ve Solüsyon gruplarının etkileşim etkisi  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).
- Kompozit ve ışık gruplarının etkileşim etkisi  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).
- Solüsyon ve ışık gruplarının etkileşim etkisi  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

- Kompozit, Solüsyon ve ışık gruplarının üçlü etkileşim etkisi  $\Delta E$  bağımlı değişkeni üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 4.**  $\Delta E$  Bağımlı Değişkeni Üzerindeki Faktörlerin Etkisine İlişkin Analiz Sonucu

| Faktörler                  | P            |
|----------------------------|--------------|
| Kompozit                   | 0,651        |
| Solüsyon                   | <b>0,001</b> |
| Işık                       | 0,124        |
| Kompozit * Solüsyon        | <b>0,012</b> |
| Kompozit * Işık            | 0,667        |
| Solüsyon * Işık            | 0,923        |
| Kompozit * Solüsyon * Işık | 0,994        |

Kompozit gruplarının sebep olduğu renkleşme değerleri arasında ( $\Delta E$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamakla birlikte ( $p>0,05$ ) en yüksek renk değişikliği sergileyen kompozit rezin materyalinin GC olduğu ve bunu Spectra materyalinin izlediği belirlendi (Tablo 5).

**Tablo 5.**  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Kompozit Grupları Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucu

|          |         | $\Delta E$ |       |        |       |        |       | One Way ANOVA |       |
|----------|---------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------|-------|
|          |         | n          | Mean  | Median | Min   | Max    | Sd    | F             | p     |
| Kompozit | 3M      | 80         | 2,991 | 2,536  | 0,165 | 6,922  | 1,68  | 0,327         | 0,722 |
|          | GC      | 80         | 3,213 | 2,983  | 0,159 | 11,547 | 2,113 |               |       |
|          | Spectra | 80         | 3,057 | 2,949  | 0,219 | 6,68   | 1,504 |               |       |
|          | Toplam  | 240        | 3,087 | 2,852  | 0,159 | 11,547 | 1,779 |               |       |

Solüsyon gruplarının sebep olduğu renkleşme değerleri arasında ( $\Delta E$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmekle birlikte ( $p<0,05$ ), en fazla renk değişikliğine sebep olan solüsyonun şarap olduğu ve bunu sırasıyla kahve ve çayın takip ettiği izlendi (Tablo 6).

**Tablo 6.**  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Solüsyon Grupları Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucu

|          |            | $\Delta E$ |       |        |       |        |       | One Way ANOVA |              |
|----------|------------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------|--------------|
|          |            | n          | Mean  | Median | Min   | Max    | Sd    | F             | p            |
| Solüsyon | Çay        | 60         | 2,893 | 2,99   | 0,221 | 6,286  | 1,544 | 24,882        | <b>0,001</b> |
|          | Şarap      | 60         | 4,325 | 4,142  | 0,667 | 11,547 | 1,921 |               |              |
|          | Kahve      | 60         | 3,24  | 2,997  | 0,165 | 7,024  | 1,629 |               |              |
|          | K.Heksidin | 60         | 1,889 | 1,723  | 0,159 | 4,484  | 1,003 |               |              |
|          | Toplam     | 240        | 3,087 | 2,852  | 0,159 | 11,547 | 1,779 |               |              |

Farklılığın hangi solüsyondan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre; şarap solüsyonu diğer tüm solüsyonlara göre anlamlı derecede yüksek renklendirme değerine sahip bulundu ( $p<0,05$ ).

Klorheksidin solüsyonunun, diğer tüm solüsyonlara göre anlamlı derecede düşük renklendirme değerine sahip olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ). Sadece çay solüsyonu ile kahve solüsyonu arasındaki renklendirme değeri farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ( $p>0,05$ ) (Tablo 7).

**Tablo 7.** Renklenme değerlerinin Tamhane's Çoklu karşılaştırma testine göre sonuçları

| I. Solüsyon | II. Solüsyon | P            |
|-------------|--------------|--------------|
| Çay         | Şarap        | <b>0,001</b> |
| Çay         | Kahve        | 0,796        |
| Çay         | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
| Şarap       | Kahve        | <b>0,007</b> |
| Şarap       | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
| Kahve       | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |

Standart ve ilave polimerizasyonun sebep olduğu renkleşme değerleri arasında ( $\Delta E$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamakla birlikte ( $p>0,05$ ), ilave polimerizasyon işleminin materyallerin renk değiştirme miktarını olumlu yönde etkilediği tespit edildi (Tablo 8).

**Tablo 8.**  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Işık Grupları Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucu

|      |          | $\Delta E$ |       |        |       |        |       | Independent T Testi |       |
|------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-------|
|      |          | n          | Mean  | Median | Min   | Max    | Sd    | t                   | p     |
| Işık | Standart | 120        | 3,242 | 3,088  | 0,219 | 11,547 | 1,798 | 1,351               | 0,178 |
|      | İlave    | 120        | 2,932 | 2,587  | 0,159 | 8,461  | 1,754 |                     |       |
|      | Toplam   | 240        | 3,087 | 2,852  | 0,159 | 11,547 | 1,779 |                     |       |

Farklı solüsyonlarda bekletilen her üç kompozit rezin materyalinde de görülen renk değişikliği değerleri arasında ( $\Delta E$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmakla birlikte ( $p<0,05$ ), en fazla renk değişikliğine sebep olan solüsyonun şarap olduğu ve bunu sırasıyla kahve ve çayın takip ettiği izlendi (Tablo 9).

**Tablo 9.** Kompozit Gruplarında  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Solüsyonlar Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucu

| Kompozit | Solüsyon   | ΔE |       |        |       |        |       | One Way ANOVA |       |
|----------|------------|----|-------|--------|-------|--------|-------|---------------|-------|
|          |            | n  | Mean  | Median | Min   | Max    | Sd    | F             | p     |
| 3M       | Çay        | 20 | 2,336 | 2,048  | 0,672 | 4,988  | 1,228 | 22,503        | 0,001 |
|          | Şarap      | 20 | 4,838 | 4,657  | 2,462 | 6,922  | 1,261 |               |       |
|          | Kahve      | 20 | 2,981 | 2,715  | 0,165 | 6,513  | 1,703 |               |       |
|          | K.Heksidin | 20 | 1,808 | 1,745  | 1,158 | 2,734  | 0,463 |               |       |
|          | Toplam     | 80 | 2,991 | 2,536  | 0,165 | 6,922  | 1,68  |               |       |
| GC       | Çay        | 20 | 3,538 | 3,264  | 0,508 | 6,286  | 1,584 | 7,806         | 0,001 |
|          | Şarap      | 20 | 4,303 | 3,822  | 1,532 | 11,547 | 2,532 |               |       |
|          | Kahve      | 20 | 3,64  | 3,394  | 1,109 | 7,024  | 1,86  |               |       |
|          | K.Heksidin | 20 | 1,37  | 1,082  | 0,159 | 4,168  | 1,027 |               |       |
|          | Toplam     | 80 | 3,213 | 2,983  | 0,159 | 11,547 | 2,113 |               |       |
| Spectra  | Çay        | 20 | 2,805 | 2,907  | 0,221 | 5,543  | 1,616 | 9,903         | 0,001 |
|          | Şarap      | 20 | 3,833 | 3,996  | 0,667 | 6,68   | 1,712 |               |       |
|          | Kahve      | 20 | 3,1   | 3,047  | 0,219 | 5,116  | 1,275 |               |       |
|          | K.Heksidin | 20 | 2,489 | 2,691  | 0,723 | 4,484  | 1,09  |               |       |
|          | Toplam     | 80 | 3,057 | 2,949  | 0,219 | 6,68   | 1,504 |               |       |

**3M** kompozit rezin materyalinin renk değişikliği değerleri arasındaki farklılığın hangi solüsyondan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre; şarap solüsyonunun diğer tüm solüsyonlara göre anlamlı derecede yüksek renklendirme değerine sahip olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ). Bununla birlikte klorheksidin solüsyonunun renklendirme değerinin, kahve solüsyonuna kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ). Diğer tüm solüsyonların renklendirme değerleri arasındaki farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ( $p>0,05$ ).

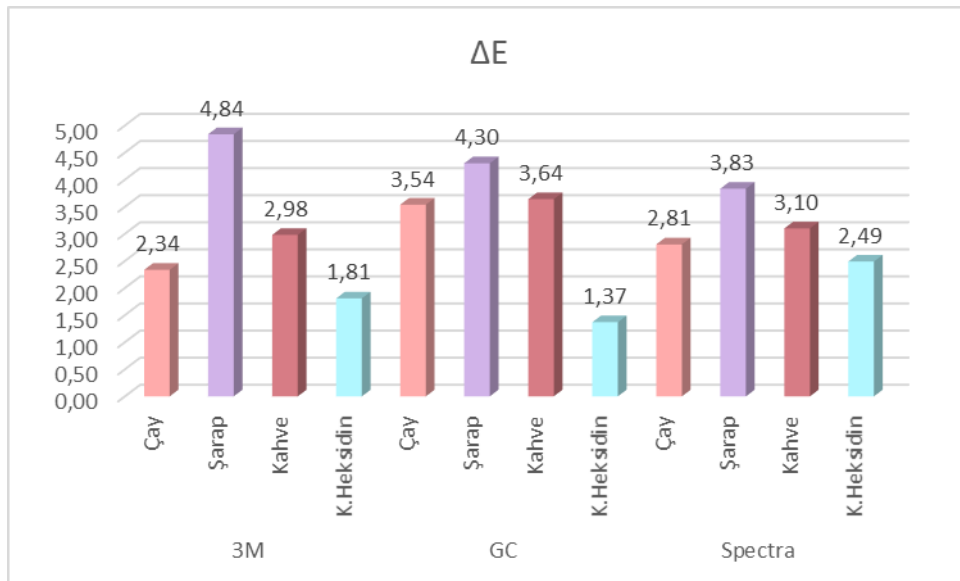
**GC** kompozit rezin materyalinin renk değişikliği değerleri arasındaki farklılığın hangi solüsyondan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre; klorheksidin solüsyonunun diğer tüm solüsyonlara göre anlamlı derecede düşük renklendirme değerine sahip olduğu belirlendi ( $p<0,05$ ). Diğer tüm solüsyonların renklendirme değerleri arasındaki farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildi ( $p>0,05$ ).

**Spectra** kompozit rezin materyalinin renk değişikliği değerleri arasındaki farklılığın hangi solüsyondan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre; sadece şarap solüsyonunun renklendirme değerinin, klorheksidin solüsyonuna kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu tespit

edildi ( $p<0,05$ ). Diğer tüm solüsyonların renklendirme değerleri arasındaki farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ( $p>0,05$ ) (Tablo 10 ve Grafik 1).

**Tablo 10.** Renklenme değerlerinin Tamhane's Çoklu karşılaştırma testine göre sonuçları

| Kompozit | I. Solüsyon | II. Solüsyon | P            |
|----------|-------------|--------------|--------------|
| 3M       | Çay         | Şarap        | <b>0,001</b> |
|          | Çay         | Kahve        | 0,691        |
|          | Çay         | K. Heksidin  | 0,412        |
|          | Şarap       | Kahve        | <b>0,002</b> |
|          | Şarap       | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
|          | Kahve       | K. Heksidin  | <b>0,042</b> |
| GC       | Çay         | Şarap        | 0,836        |
|          | Çay         | Kahve        | 1,0          |
|          | Çay         | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
|          | Şarap       | Kahve        | 0,925        |
|          | Şarap       | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
|          | Kahve       | K. Heksidin  | <b>0,001</b> |
| Spectra  | Çay         | Şarap        | 0,302        |
|          | Çay         | Kahve        | 0,988        |
|          | Çay         | K. Heksidin  | 0,979        |
|          | Şarap       | Kahve        | 0,577        |
|          | Şarap       | K. Heksidin  | <b>0,034</b> |
|          | Kahve       | K. Heksidin  | 0,509        |

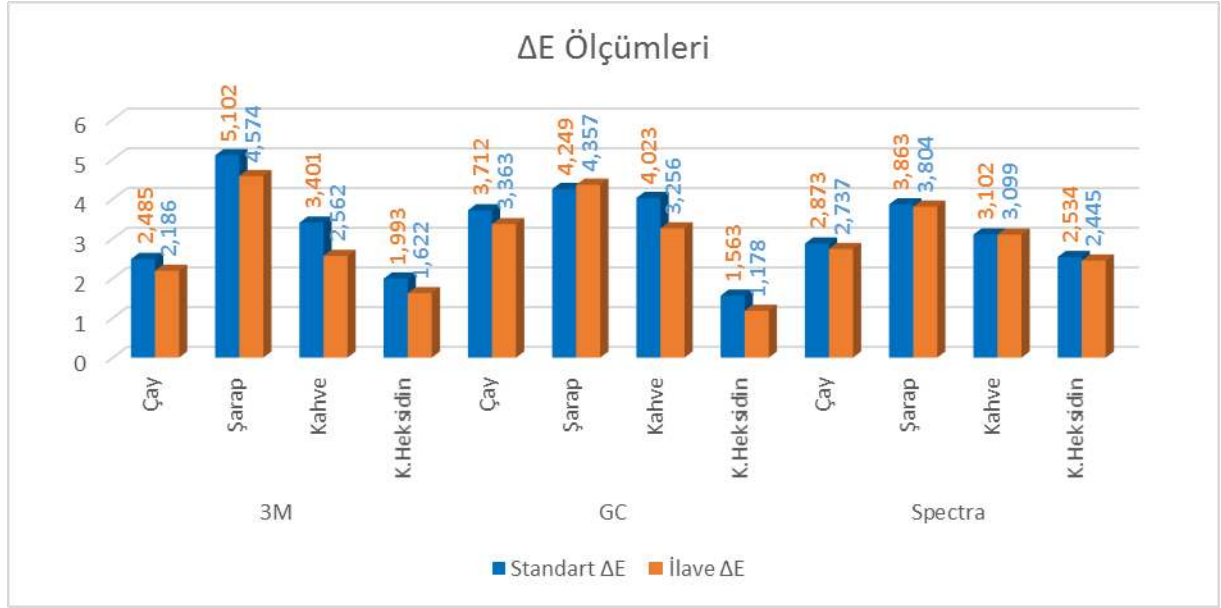


**Grafik 1.** Çoklu karşılaştırma test sonuçlarının grafiksel gösterimi

Farklı solüsyonlarda bekletilen kompozit rezin materyallerine ilave polimerizasyon yapılması durumunda görülen renk değişikliği, standart polimerizasyonla meydana gelen renk değişikliğiyle kıyaslandığında  $\Delta E$  değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığı görüldü ( $p>0,05$ ). Bununla birlikte, bir tek şarap içerisinde bekletilen GC materyalinin ilave polimerizasyon uygulamasıyla renginin daha fazla koyulaştığı izlendi (Tablo 11 ve Grafik 2).

**Tablo 11.** 3M Kompozit Solüsyon Gruplarında  $\Delta E$  Değerleri Bakımından Işıklar Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucu

| Kompozit | Solüsyon   | Işık     | $\Delta E$ |       |        |       |        |       | Independent T Testi |       |
|----------|------------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-------|
|          |            |          | n          | Mean  | Median | Min   | Max    | Sd    | t                   | p     |
| 3M       | Çay        | Standart | 10         | 2,485 | 2,453  | 1,08  | 4,189  | 1,013 | 0,534               | 0,600 |
|          |            | İlave    | 10         | 2,186 | 1,579  | 0,672 | 4,988  | 1,452 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 2,336 | 2,048  | 0,672 | 4,988  | 1,228 |                     |       |
|          | Şarap      | Standart | 10         | 5,102 | 4,919  | 3,08  | 6,922  | 1,273 | 0,933               | 0,363 |
|          |            | İlave    | 10         | 4,574 | 4,347  | 2,462 | 6,607  | 1,256 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 4,838 | 4,657  | 2,462 | 6,922  | 1,261 |                     |       |
|          | Kahve      | Standart | 10         | 3,401 | 3,299  | 0,897 | 5,473  | 1,652 | 1,108               | 0,282 |
|          |            | İlave    | 10         | 2,562 | 2,113  | 0,165 | 6,513  | 1,732 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 2,981 | 2,715  | 0,165 | 6,513  | 1,703 |                     |       |
|          | K.Heksidin | Standart | 10         | 1,993 | 2,09   | 1,158 | 2,734  | 0,543 | 1,914               | 0,077 |
|          |            | İlave    | 10         | 1,622 | 1,584  | 1,315 | 2,275  | 0,284 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 1,808 | 1,745  | 1,158 | 2,734  | 0,463 |                     |       |
| GC       | Çay        | Standart | 10         | 3,712 | 3,747  | 0,508 | 5,88   | 1,619 | 0,482               | 0,635 |
|          |            | İlave    | 10         | 3,363 | 3,051  | 0,994 | 6,286  | 1,615 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 3,538 | 3,264  | 0,508 | 6,286  | 1,584 |                     |       |
|          | Şarap      | Standart | 10         | 4,249 | 3,065  | 1,532 | 11,547 | 3,018 | -0,093              | 0,927 |
|          |            | İlave    | 10         | 4,357 | 3,962  | 1,653 | 8,461  | 2,102 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 4,303 | 3,822  | 1,532 | 11,547 | 2,532 |                     |       |
|          | Kahve      | Standart | 10         | 4,023 | 4,186  | 1,109 | 6,827  | 1,978 | 0,919               | 0,370 |
|          |            | İlave    | 10         | 3,256 | 2,568  | 1,556 | 7,024  | 1,75  |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 3,64  | 3,394  | 1,109 | 7,024  | 1,86  |                     |       |
|          | K.Heksidin | Standart | 10         | 1,563 | 1,162  | 0,581 | 4,168  | 1,086 | 0,831               | 0,417 |
|          |            | İlave    | 10         | 1,178 | 0,895  | 0,159 | 3,505  | 0,983 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 1,37  | 1,082  | 0,159 | 4,168  | 1,027 |                     |       |
| Spectra  | Çay        | Standart | 10         | 2,873 | 3,118  | 1,138 | 4,208  | 1,177 | 0,183               | 0,857 |
|          |            | İlave    | 10         | 2,737 | 2,69   | 0,221 | 5,543  | 2,03  |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 2,805 | 2,907  | 0,221 | 5,543  | 1,616 |                     |       |
|          | Şarap      | Standart | 10         | 3,863 | 4,116  | 1,008 | 6,523  | 1,611 | 0,076               | 0,941 |
|          |            | İlave    | 10         | 3,804 | 3,856  | 0,667 | 6,68   | 1,895 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 3,833 | 3,996  | 0,667 | 6,68   | 1,712 |                     |       |
|          | Kahve      | Standart | 10         | 3,102 | 3,319  | 0,219 | 4,97   | 1,446 | 0,006               | 0,996 |
|          |            | İlave    | 10         | 3,099 | 2,573  | 1,929 | 5,116  | 1,159 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 3,1   | 3,047  | 0,219 | 5,116  | 1,275 |                     |       |
|          | K.Heksidin | Standart | 10         | 2,534 | 2,318  | 1,133 | 4,484  | 1,255 | 0,178               | 0,861 |
|          |            | İlave    | 10         | 2,445 | 2,754  | 0,723 | 3,641  | 0,964 |                     |       |
|          |            | Toplam   | 20         | 2,489 | 2,691  | 0,723 | 4,484  | 1,09  |                     |       |



**Grafik 2.** ΔE Değerleri Bakımından Işıklar Arasındaki Farklılığa İlişkin Analiz Sonucunun Grafikselsel Gösterimi

## 5.TARTIŞMA

Hastaların estetik beklentilerini karşılamak amacıyla yapılan çalışmalar, kompozit rezinlerin diş hekimliği pratiğinde daha fazla kullanım alanı bulmasını sağlamıştır. Kompozit restorasyonların başarı yüzdesini ve klinik ömrünü artırma hedefi doğrultusunda, materyallerin doldurucu içeriği ve hacminde birtakım değişiklikler gerçekleştirilmiş, fiziksel ve mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Bununla birlikte kompozit rezinlerde uzun vadede görülen renklenme problemi, tam olarak önlenememiştir (91).

Kompozit rezinlerde görülen renk değişiklikleri, restorasyonların yenilenmesi sonucunu doğurabilmektedir. Restorasyon yenileme işlemleri ise dişlerde madde kaybının yanı sıra gerek hekim ve gerekse hastalar için iş gücü ve zaman kaybına neden olabilmektedir (92).

Kompozit restorasyonlarda görülen renk değişiminin en önemli nedenlerinden biri, hastaların beslenme alışkanlıklarıdır. Özellikle çay, kahve, kola ve şarap benzeri bazı içecekler dişlerde renklenmeye neden olabilmektedir (92,93). Bu içeceklerin yapısındaki bazı maddeler, renkleşmeden sorumlu tutulmaktadır. Yapılan araştırmalarda sözgelimi; siyah çayda bulunan tannik asit, kahvenin yapısında yer alan melonoidin (sarı renkli moleküller) veya kırmızı şarabın içeriğindeki alkol ve bazı pigmentlerin kompozit rezinlerin polimer ağına afinite gösterdikleri için boyama kabiliyetine sahip olduklarından söz edilmektedir (94). Ayrıca, periodontal hastalıklar ve dişeti problemleri esnasında sıkça kullanılan antiseptik gargaraların içeriğindeki renk faktörleri ve florür de kompozit restorasyonlardaki renk değişiminden sorumlu tutulmaktadır (95). Bu nedenle, özellikle ön bölge restorasyonlar için kullanılacak olan kompozit rezinin türüne karar verilirken, hastaların tüketim alışkanlıklarının göz önünde bulundurulması tavsiye edilmektedir (94).

Kompozit rezinlerde içecek tüketimine bağlı renk değişikliğini test eden araştırmaların birçoğunda genellikle çay, kahve, kola ve şarap gibi renklendirici solüsyonlar kullanılır. Arocha ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, kompozit

rezinlerde en fazla renk değişikliğine neden olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu ve bunu sırasıyla kahve ve siyah çayın izlediği bildirilmiştir (96).

Ülkemizde çay tüketim miktarı, diğer toplumlara kıyasla oldukça yüksek bir orana sahiptir (97). Son yıllarda kahve tüketilen mekan sayısının hızlı bir şekilde artması, toplumumuzun kahve tüketim oranının artmasına yol açmıştır (98).

Ülkemizdeki tüketim alışkanlıkları göz önünde bulundurularak mevcut çalışmamızda solüsyon olarak çay ve kahve kullanılması tercih edildi. Yine, yüksek renklendirme oranına sahip olduğunu düşündüğümüz kırmızı şarap ve klorheksidin içerikli ağız gargaraları da benzer araştırma sonuçlarıyla kıyas yapılabilmesi için çalışmamıza dahil edildi.

Kompozit rezinlerin renklenmeye karşı gösterdiği direnç; rezin matriksin yapısına ve su emilim miktarına, doldurucu partiküllerin boyutu ve içeriğine, rezinin matriks-doldurucu bağlantısının devamlılık durumuna ve ayrıca materyalin yüzey özellikleri ile bitirme ve cila işlemlerinin başarısı gibi birçok faktöre bağlıdır (99). Bu görüşten hareketle biz de çalışmamızda; bir adet mikrohibrit (3M Filtek™ Z250), bir adet nanohibrit (G-aenial Anterior, GC) ve bir adet nanoseramik (Neo Spectra™ ST HV, Dentsply Sirona) içeriğe sahip üç farklı kompozit rezin materyalinin renk stabilitesini değerlendirildi.

Kompozit rezinlerde renk stabilitesi ve su emilimini değerlendiren araştırmalarda, renklenme miktarının su emilim oranı ve solüsyonda bekletilme süresiyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Suyun, renk pigmentleri ile rezin matriksi arasında aracı rolü oynadığı bildirilmiştir (100). Yapılan çalışmalar kompozit rezinlerin renk değiştirebilmesi için genellikle solüsyon içerisinde bir hafta kadar bekletilmesinin yeterli olduğunu göstermiştir (101). Yapılan araştırmalarda kompozit rezin örneklerinin renklendirme solüsyonuna konulmadan önce bir hafta süreyle distile su içerisinde ve ardından 2-3 hafta süreyle renklendirici solüsyonda bekletilmesi tavsiye edilmiştir. Benzer çalışmalarda ise, yaklaşık 3 saat süreyle renklendirici solüsyonda bekletilen örneklerin 21 saat süreyle distile su içersine bırakılmasının ardından renk ölçümü yapılmasının uygun olacağı ifade edilmiştir (100). Yapılan bu işlemin amacının, kompozit rezinin yapısında yer alan reaksiyona

girmemiş maddelerin uzaklaşması ve polimerizasyon sonrası rezinin sertleşmesini sağlamak olduğu bildirilmiştir (102).

Nasim ve arkadaşları ise, farklı sürelerde renklendirici solüsyonlarda bekletilen kompozit rezinlerde en yüksek renk değiştirme periyodunun ilk bir haftalık zaman dilimi olduğunu açıklamışlardır (67). Biz de çalışmamızda, renk değişimini tespit etmek amacıyla kompozit rezin örneklerinin bir gün süreyle distile suda kaldıktan sonra, benzer şekilde bir haftalık zaman periyodunca renklendirme solüsyonunda bekletilmesi uygun görülmüştür.

Araştırmacıların bir kısmı test örneklerinin oda sıcaklığında bekletilmesini önerirken, büyük çoğunluğu 37°C’de tutulmasını tercih etmiştir (100). Yara Khalid ve arkadaşları, örneklerin 37°C’de etüvde bekletilmesini tavsiye etmiş, etüv cihazının fan sirkülasyonu sayesinde dengeli bir şekilde sıcaklık dağılımı oluşturduğunu belirtmişlerdir (103).

İnsanlarda ağız içi ortalama sıcaklık değerinin yaklaşık 36,4°C olduğu bilindiğinden, bizim çalışmamızda örneklerimiz 37°C’de etüv cihazı içerisinde bekletilmiştir.

Kompozit rezinlerde ışık uygulaması sonrasında yeterli düzeyde polimerizasyonun sağlanması için rezinin en fazla 2mm kalınlıkta olması gerektiği, aksi halde rezinin yeterli düzeyde polimerize olamadığı bildirilmiştir (104). Yapılan araştırmalar, kompozit rezinlerde yetersiz polimerizasyonun materyalin renklenmesini arttırdığı, ilave polimerizasyon işleminin ise azalttığı tespit edilmiştir (1,100,105)

Bu görüşten hareketle yapılan araştırmalarda ilave ışık uygulanması amacıyla, polimerizasyon işleminden sonra matriks bandının çıkarılarak tekrardan ışık uygulanması veya örnekler polimerize edildikten sonra alt yüzeye ya da hem alt hem de üst yüzeye ilave ışık uygulanması önerilmektedir. Bununla birlikte, kompozit yüzeyinin fiziko-mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla, bitirme ve cila işlemlerinin ardından ilave ışık uygulanabileceği bildirilmiştir (106,107). Biz de çalışmamızda, 2mm kalınlığındaki plastik kalıplara yerleştirdiğimiz kompozit

örneklerini üretici firmaların talimatları doğrultusunda LED ışık cihazıyla (Woodpecker Led-G, Çin) 20sn süreyle polimerize edildi. Materyallerin üst yüzeylerinde bitirme ve cila işlemlerini gerçekleştirdikten sonra, örneklerin yarısının cilalı yüzeylerine ise 20sn süreyle ilave ışık uygulandı.

Yapılan birçok çalışmada kompozit rezinler için en düzgün yüzeyin şeffaf bant kullanılarak oluşturulduğu bildirilmiştir (108). Fakat şeffaf bant kullanılarak oluşturulan pürüzsüz yüzeyler, restorasyonlarda oklüzal uyumlama yapıldığında genellikle pürüzlü hale gelmektedir. Bundan dolayı polimerizasyondan sonra kompozit rezinlerin yüzeylerinde bitirme ve cila işlemlerinin yapılması önerilmektedir. Aksi halde kompozit rezinlerin yüzeylerinde tam polimerize olmamış monomerleri barındıran oksijen inhibisyon tabakası oluşmakta ve böylece diş eti iltihabı, sekonder çürük, plak artışı ve renklenmeler meydana gelebilmektedir. Renklenmeye karşı hassas olan oksijen inhibisyon tabakası aynı zamanda sitotoksik etkilidir (109). Patel ve arkadaşları, kompozit rezinlerde yapılacak cila işlemlerinin daha düzgün ve pürüzsüz yüzeyler oluşturarak daha az renk değiştireceğini vurgulamışlardır (94). Bu amaçla, birçok çalışmada alüminyum oksit içerikli diskler kullanılmıştır (108,110). Biz de çalışmamızda; kompozit rezin yüzeyinde oksijen inhibisyon tabakasının oluşumunu engellemek ve daha düzgün yüzeyler oluşturmak amacıyla, örneklerin her iki yüzeyine de şeffaf bantlar yerleştirerek polimerizasyon işlemini gerçekleştirdik. Aynı zamanda, polimerizasyon esnasında standart bir ışık mesafesi oluşturmak amacıyla da bütün örneklerde materyal üzerine cam lamel yerleştirerek ışık uygulandı. Takiben tüm örneklerin bitirme ve cila işlemlerini, alüminyum oksit içerikli diskler kullanılarak tamamlandı.

Diş hekimliğinde restorasyonlarda renk ölçümü görsel yöntemlerle ya da renk ölçüm cihazları kullanılarak yapılmaktadır. Görsel ölçümle renk seçiminde; ortamın aydınlatma durumu, hastanın renk ölçümü esnasında giydiği elbise, yaptığı makyaj, diş hekiminin göz yorgunluğu veya metamerizm benzeri nedenler güvenilir ölçüm yapılmasına mani olabilmektedir. Bununla birlikte, görsel yöntemlerle yapılan renk seçiminde tutarsız sonuçlar alınma ihtimali renk ölçüm cihazlarının kullanımını artırmıştır. Bu cihazlar sayesinde tekrarlanabilir, tutarlı ve daha güvenilir renk ölçümleri yapmak mümkündür (111).

Spektrofometre cihazlarının uzun süre tutarlı ölçümler yapabilmesi ve standartlara uygun sonuçlar verebilmesi en büyük avantajlarıdır. Bu özelliklerinden dolayı diş hekimliğinde renk ölçümü amacıyla en sık kullanılan cihazlar olmuştur (87, 112).

Müdüroğlu ve arkadaşları, renk ölçümünde kullanılan cihazların başarısını değerlendirdikleri bir araştırmanın sonucunda; spektrofotometre cihazının kolorimetre cihazına kıyasla daha güvenilir ölçümler yapabildiğini ifade etmişlerdir. Bunun nedeni olarak da kolorimetre cihazlarının spektral yansımayı kaydedememesi ve cihazda bulunan filtrenin zamanla etkinliğini kaybetmesi gösterilmiştir (113)

Renk değişiminin tespiti için kullanılan ölçüm cihazların tutarlılık ve performanslarıyla ilgili yapılan in vivo (114) ve in vitro (115,116) çalışmalarında ‘Vita EasyShade’ spektrofometre cihazının başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da örneklerde meydana gelen renk değişimi tespitini; 400-700nm aralığındaki renkleri ölçebilmesi, tekrar ölçümlere izin vermesi, güvenilir sonuçlar sağlaması ve  $L^*$   $a^*$   $b^*$  değerini vita skalasındaki karşılığıyla birlikte vermesi nedeniyle Vita Easyshade V (Vita Easyshade V, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) spektrofometre cihazı kullanılarak yapılması tercih edildi.

Spektrofometre cihazıyla standart ölçümlerin yapılabilmesi için ortam şartlarının standardizasyonun önemli olduğu, sözgelimi ölçümün yapıldığı ortamın aydınlatma durumu ile zeminin renginin elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olabildiği belirtilmiştir (117,118).

Biz de bu görüşten hareketle, örneklerin renk ölçümlerini karanlık oda şartlarında, floresan gün ışığı lamba aydınlatması altında ve beyaz zeminde gerçekleştirdik. Böylece, zemin ve aydınlatma şartlarının sonuçlar üzerindeki etkisi elimine edilmeye çalışıldı. Tüm ölçümler, cihazın ucu örnek üzerine 90 derecelik açıyla yerleştirilerek aynı kişi tarafından yapıldı. Aynı zamanda, her örnek için ölçüm yapılmadan önce cihazın kullanım talimatlarına uyularak kalibrasyonu gerçekleştirildi.

Restoratif materyallerde meydana gelen renk değişikliğinin hesaplanmasında genellikle, CIE Lab ile CIEDE 2000 sistemleri kullanılmaktadır. Konuyla ilgili yapılan birçok araştırmada; CIE Lab sisteminin daha sık kullanıldığı ve renk farklılıklarını tespit etme konusunda daha başarılı olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte literatürde, CIEDE 2000 sisteminin çok daha küçük renk farklılıklarını tespit etmedeki başarısından söz edilmektedir (119,120). Bizim çalışmamızda kompozit rezin materyallerindeki renk değişiminin analizi CIEDE 2000 sistemi kullanılarak yapıldı.

Materyallerde meydana gelen renk değişikliği ilk ölçüm ile son ölçüm arasında oluşan farkın ( $\Delta E$ ) matematiksel olarak hesaplanmasıyla belirlenmektedir. İnsan gözü, renk farklılıklarını ( $\Delta E$ ) belirli bir eşik değerine kadar algılayabilme kapasitesine sahiptir. Yapılan çalışmalarda, klinik olarak algılanabilecek renk farklılığının ( $\Delta E$ ) sınır değeri konusunda, farklı fikirler ortaya atılmıştır. Klinik ortamında gözle görülebilen renk değişimi için kritik  $\Delta E$  değerinin 3.3 (121) ya da 3.7 (122) olması gerektiğini düşünen araştırmalar bulunmaktadır. Johnston ve Kao'nun renk değişikliğiyle ilgili yaptıkları bir araştırmanın sonucunda;  $\Delta E$  değerinin 1'den küçük olması durumunda değişimin algılanamayacağı, 1-2 değerleri arasında olması halinde gözlemcilerin değişimi kısmen fark edebileceği, 2'den büyük olması durumunda ise bütün gözlemcilerin renk değişikliğini fark edebileceği ifade edilmiştir (123). Ragain ve Johnston'un yaptığı bir çalışmaya göre, diş hekimlerinin klinik olarak 1.78 değerindeki  $\Delta E$  renk farklılığını saptayabildikleri oysa hastalar için bu değerin 2.69 olduğu bildirilmiştir (124).

Paravina ve arkadaşları yaptıkları bir araştırmada; klinik olarak renk stabilitesinin başarısız kabul edilebilmesi için  $\Delta E$  değerinin CIE Lab sisteminde 3.7'den, CIEDE 2000 sisteminde ise 3.1'den daha büyük olması gerektiğini vurgulamışlardır (125).

CIEDE 2000 sistemini kullandığımız çalışmamızda da renk değişim analizinde benzer şekilde  $\Delta E$  değerinin 3.1'den büyük olduğu değerler klinik olarak başarısız kabul edilmiştir.

Reis ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, kompozit rezinlerin renk değişiminde, materyalin yapısının ve organik matriks doldurucu miktarının önemli olduğunu ifade etmişlerdir (126). Kompozit restorasyon uygulamalarında, bitirme ve cila işlemlerinin tam olarak yapılamadığı ulaşım güçlüğü yaşanan ara yüzeylerde renklenme meydana gelme sebebinin, genellikle organik matriksle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bununla birlikte, üretan dimetakrilat (UDMA) içerikli kompozit rezinlerin trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) içerikli rezinlere kıyasla renklenme direncinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (127).

Lainovic ve arkadaşlarının iki mikrohibrit (Filtek Z250, Gradia Direct) ve iki nanohibrit (Filtek Z550, Tetric EvoCeram) kompozit rezin kullanarak yaptıkları yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi çalışmalarında; nanohibrit yapısındaki kompozitlerin mikrohibrit yapıdaki kompozitlere kıyasla daha fazla pürüzlü olduğu ve daha fazla renklenmeye uğradığı bildirilmiştir. Bu duruma nanohibrit yapıdaki kompozitlerde büyük doldurucu yapıların bulunması, cilalanma esnasındaki yüzey düzensizliği ve defektlerin sebep olabileceği düşünülmüştür (128).

Ertaş ve arkadaşları; su, kola, çay ve kırmızı şarap solüsyonlarının içerisine yerleştirilen mikrohibrit ve nanohibrit yapısına sahip kompozit rezinlerin renklenme seviyesini inceledikleri bir araştırmanın sonucunda, matriks içeriğinde TEGDMA bulundurmayan Filtek Z250 ve Filtek P60 mikrohibrit kompozit rezin materyallerinin en az renklenmeye (en düşük  $\Delta E$ ) uğradığı bildirmişlerdir (69).

Benzer solüsyonlarla gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda da mikrohibrit yapılı Filtek Z250 kompozit materyalinin diğer kompozitlere kıyasla daha az renklenme sergilediği tespit edilmiştir. Filtek Z250 kompozit rezinlerde renk stabilitesinin daha başarılı olmasının, TEGDMA yapısının hidrofobik UDMA ile yer değiştirilmesinden kaynaklandığı kanaatindeyiz.

Güler ve arkadaşlarının farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezin örneklerinin renk stabiliteilerini karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada; kırmızı şarabın meydana getirdiği renklenme miktarı tüm gruplarda klinik olarak kabul edilebilir düzeyin ( $\Delta E > 3.1$ ) üzerinde olduğu ve çayın tüm gruplarda neden olduğu renklenme değerinin bu düzeyin altında olduğu görülmüştür. Kahve solüsyonunun meydana

getirdiği renklenme miktarı ise bazı kompozit gruplarında bu düzeyin üzerinde olduğu bildirilmiştir (129).

Yapılan birçok araştırmanın sonucunda; çay ve kahve solüsyonlarının kompozit rezinlerde oluşturdukları renklenme miktarının klinik olarak kabul edilebilir düzeyde olduğu açıklanmıştır ( $\Delta E < 3.1$ ). Bununla birlikte, aksini iddia eden çalışmalar da mevcuttur ( $\Delta E > 3.1$ ) (67,130). Sonuçların değişik çıkmasının nedeni; solüsyonların hazırlanma şeklinin ve uygulama prosedürlerinin farklılık göstermesine bağlanmıştır (131).

Bizim çalışmamızda da çay ve kahve solüsyonlarının oluşturduğu renklemelerin klinik olarak kabul edilebilirliği kullanılan materyal ve uygulama prosedürlerine göre değişkenlik göstermiştir.

Yapar ve arkadaşlarının, dimetakrilat esaslı kompozit rezinleri bir hafta boyunca çay, kahve, kola ve kırmızı şarap solüsyonları içerisinde beklettikleri bir çalışmada; en fazla renklenmeye sebep olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu ( $\Delta E > 3.1$ ) ve bunu sırasıyla kahve ve çayın takip ettiği açıklamıştır (119,132).

Barutçigil ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmanın sonucunu göre; kompozit rezinlerde kırmızı şarabın en fazla renklenmeye sebep olduğu, bunu sırasıyla kahve, çay ve distile suyun izlediği belirtilmiştir (1).

Falkensammer ve arkadaşları; kırmızı şarap, siyah çay ve klorheksidin içerikli ağız gargarası kullanarak yaptıkları benzer bir çalışmada yine kırmızı şarabın kompozit rezinlerde en fazla renklenmeye neden olduğunu, klorheksidin içerikli ağız gargaralarının ise bütün çalışma gruplarında kırmızı şarap ve çaya göre daha az renklenme gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu sonucun ortaya çıkmasında kırmızı şarabın asidik yapısı ile zamanla değişen renk pigmentlerinin varlığının rol oynadığı ifade edilmiştir. Klorheksidin içerikli gargaraların oluşturduğu renklenme miktarı, klinik olarak kabul edilebilir olarak bulunmuştur ( $\Delta E < 3.1$ ) (133).

Kırmızı şarabın asidik yapısının yanı sıra alkol içermesinin de kompozit rezinin yüzey bütünlüğünü bozduğu ve yüzey renklenmesine neden olduğu belirtilmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı kompozit restorasyon yüzeylerinin daha pürüzlü hale geldiği ve renk pigmentlerinin emiliminin kolaylaştığı ifade edilmektedir (134).

Yapılan bu çalışmalara uyumlu olarak bizim çalışmamızda da en fazla renklenmeye sebep olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu bunu sırasıyla kahve, çay ve klorheksidin içerikli garagaranın izlediği tespit edilmiştir. Kırmızı şarap solüsyonun neden olduğu renklenme miktarı, klinik olarak kabul edilemez olarak bulunmuştur ( $\Delta E > 3.1$ ). Klorheksidin içerikli gargaranın ise, diğer tüm solüsyonlara kıyasla daha az renklenmeye neden olduğu ve bu renk değişim miktarının klinik olarak kabul edilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir ( $\Delta E < 3.1$ ).

Kompozit rezinlerde ilave polimerizasyon işleminin rezinin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği bildirilmekle birlikte, aksini iddia eden çalışmalar da mevcuttur (45). Belirli bir zamandan sonra rezin polimerizasyon hızının düşmesi ve dönüşüm derecesinin sınırlanmasının, ilave polimerizasyonun olumlu etkisini sınırladığı düşünülmektedir (135). İlave polimerizasyon işleminin farklı tip kompozit rezinlerin renk stabilitesine etkisini araştırdığımız bu çalışmanın sonucunda; ilave polimerizasyonun işleminin yüzey renklenmesini azalttığı tespit edilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Çalışmamızda ilave polimerizasyon işlemi uygulanan örneklerin daha az renklenme gösterdiği tespit edilmiştir. İlave polimerizasyon işlemi kompozit rezinlerin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği ve böylelikle renk stabiliteinin daha iyi olabileceği görülmüştür.
2. Klinikte kompozit restorasyonlarda görülen renklenme probleminin önüne geçmek için hekimlerin bitirme ve cila aşamasından sonra ilave polimerizasyon işlemini yapmaları önerilmektedir.
3. Çalışmamızda bütün kompozit grupları içerisinde en fazla renklenmeye neden olan solüsyon kırmızı şarap olurken; klorheksidin içerikli gargara ise en az renklenmeye neden olan solüsyon olmuştur.
4. Hastaların estetik kaygıları düşünüldüğünde özellikle yapılan ön bölge restorasyonlarda parlatma ve cila işlemlerinin çok iyi yapılması gerekmektedir. Bunun yanında hastaların tüketim alışkanlıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Tüketilen renklendirici gıdalardan sonra hastalara ağzın suyla çalkalanması ve dişlerin fırçalanması gibi önerilerde bulunulabilir.
5. Yaptığımız çalışmada en az renklenme gösteren örnekler mikrohibrit esaslı Filtek™ Z250 kompozit rezin olmuştur. Kompozitlerin rezinlerin renk stabilitesinde materyalin yapısının ve organik matriks doldurucu miktarının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle yapılacak estetik restorasyonlarda kullanılacak materyalin içeriği göz önünde bulundurulmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Barutçigil C, Yildiz M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. J Dent 2012; 40: 57-63.
2. Genç G, Toz T. Rezin Kompozitlerin Renk Stabilitesi İle İlgili Bir Derleme: Kompozit Renklenmelerinin Etiyolojisi, Sınıflandırılması ve Tedavisi. EÜ Dişhek Fak Derg. 2017; 38(2): 68–79.
3. Türkün L.Ş. ve 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.
4. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. J Dent 2008; 36: 945-52.
5. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. Quintessence Kitabevi 2011; 1: 1-24
6. Ferracane JL. Resin composite-state of the art. Dent Mater 2011; 27: 29-38.
7. Murchison, D. F, Chan, D. C. ve Cooley, R. L. Direct anterior restorations. (İçinde) Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS. Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. (3th ed.). Chicago: Quintessence 2006; 274-340.
8. Sakaguchi RL. In, Powers JM. Craig's restorative dental materials. 13th Ed., Philadelphia Elsevier Mosby 2012; 161-199.
9. Bayne, S. C, Thompson, J. Y, Roberson, Heymann, H., ve Ritter, A. (2006). Sturdevant's art and science of operative dentistry. United States of America: Mosby.
10. Burgess J., Walker R., ve Davidson J., Posterior resin-based composite: review of the literature. Pediatric Dentistry 2002; 24(5): 465-479.
11. O'Brien, W. J. (2008). Polymers and polymerization. Dental materials and their selection. Quintessence books, Hanover 2008; 4: 75-89.
12. McCabe JF, Walls AWG. Applied dental materials. 8th Ed. Oxford, England: Blackwell Scientific Pub 2000; 87-178.
13. Altun, C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. Gülhane Tıp Dergisi 2005; 47(1): 77-82.

14. Garoushi, S., Vallittu, P. K., ve Lassila, L. V. Short glass fiber reinforced restorative composite resin with semi-inter penetrating polymer network matrix. *Dent Mater* 2007; 23(11): 1356-62.
15. Palaniappan, S., Bharadwaj, D., Mattar, D. L., Peumans, M., Van Meerbeek, B., ve Lambrechts, P. Nanofilled and microhybrid composite restorations: Five-year clinical wear performances. *Dent Mater* 2011; 27(7): 692-700.
16. Ilie N. ve Hickel R., Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clinical Oral Investigations* 2009; 13(4): 427.
17. Combe, E. C., ve Burke, F. J. Contemporary resin-based composite materials for direct placement restorations: packables, flowables and others. *Dent Update* 2000; 27(7): 326-34.
18. Anusavice, K. J., Rawls, H. R., ve Shen, C. Phillips' science of dental materials 2013; 399-437.
19. Kournetas N, Chakmakchi M, Kakaboura A, Rahiotis C, Geis-Gerstorfer J. Marginal and internal adaptation of Class II ormocer and hybrid resin composite restorations before and after load cycling. *Clinical Oral Investigations* 2004; 8(3): 123-29.
20. Manhart J, Kunzelmann K-H, Chen H, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dental Materials* 2000; 16(1): 33-40.
21. Yücel T, Ulukapı H, Tarım B, Demirci M. Ön bölge dişlerde direkt estetik restorasyonlar. *Türk Diş Hekim Bir Derg.* 2004; 83:10-30.
22. Palin, W. M., Fleming, G. J. P., Burke, F. J. T., Marquis, P. M., & Randall, R. C. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dental Materials* 2005; 21(9): 852–63.
23. Eick, J. D., Kotha, S. P., Chappelow, C. C., Kilway, K. V., Giese, G. J., Glaros, A. G., & Pinzino, C. S. Properties of silorane-based dental resins and composites containing a stress-reducing monomer. *Dental Materials* 2007; 23(8): 1011–17.
24. Ilie, N., Keßler, A., & Durner, J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *Journal of Dentistry* 2013; 41(8): 695–702.
25. Mansouri, S. A., & Zidan, A. Z. Effect of water sorption and solubility on color stability of bulk-fill resin composite. *Journal of Contemporary Dental Practice* 2018; 19(9): 1129–34.

26. Manhart, J., Kunzelmann, K. H., Chen, H. Y. ve Hickel, R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials* 2000; 53(4): 353-61.
27. Förster MA, Keresztúria M, Braunitzerh G, Nagy K. In vitro fracture resistance of molar teeth restored with a short fibre-reinforced composite material. *Journal of dentistry* 2014; 42(9): 1143-50.
28. Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater* 2010; 29(4): 1-6.
29. Akimoto N, Ohmori K, Hanabusa M, Momoi Y. An eighteenmonth clinical evaluation of posterior restorations with fluoride releasing adhesive and composite systems. *Dent Mater* 2011; 30: 411-18.
30. Scientific compendium of Ceramx One. <http://dentsplymea.com/sites/default/files/ceram.x%20one%20scientific%20compendium.pdf> Erişim:30.05.2018.
31. Bayne SC, Thompson JY. *Biyomateriyaller*. Roberson TM, Heyman HO, Swift JE, editors. Art and science of operative dentistry. 5th Ed, Toronto, Mosby Elsevier 2011; 4: 135-233.
32. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N, Watts DC. Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites. *J Oral Sci.* 2011; 53(4): 413-19.
33. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2001; 12(2): 136-51.
34. Micali B, Basting RT. Effectiveness of composite resin polymerization using lightemitting diodes (LEDs) or halogen-based light-curing units. *Braz Oral Res.* 2004; 18(3): 266-70.
35. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22(3): 211-22.
36. Chang M, Dennison J, Yaman P. Physical property evaluation of four composite materials. *Oper Dent.* 2013; 38(5): 144-53.
37. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Oper Dent.* 2008; 33(1): 44-50.

38. Yazici AR, Tuncer D, Antonson S, Onen A, Kilinc E. Effects of delayed finishing/polishing on surface roughness, hardness and gloss of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Dent*. 2010; 4(1): 50-6.
39. Sarrett DC. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater* 2005; 21: 9-20.
40. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Direct esthetic restorative materials. *Dent Mater Proper Manip* 2000; 57-79.
41. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 2002; 23(8): 1819-29.
42. Nowak, A. J., Casamassimo, P. S., ve American Academy of Pediatric, D. The handbook of pediatric dentistry. [Chicago]: American Academy of Pediatric Dentistry 2011.
43. Hervas-Garcia, A., Martinez-Lozano, M. A., Cabanes-Vila, J., Barjau-Escribano, A., ve Fos-Galve, P. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11(2): 215-20.
44. Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *Compend Contin Educ Dent*. 2010; 31(2): 10-15.
45. LC Sobrinho, MF De Goes, S Consani, MAC Sinhoreti, JC. Bilgi Kompozit reçinenin sertliği üzerinde ışık yoğunluğu ve maruz kalma süresi arasındaki korelasyon *J Mater Sci Med* 2000; 11(6): 361-64.
46. AC Obici, MA Sinhoreti, MF de Goes, S Consani, LC. Sobrinho Fotoaktivasyon yönteminin restoratif kompozitlerin polimerizasyon büzülmesi üzerine etkisi *Oper Dent* 2002; 27 (2): 192-98
47. Mills, R. W., Uhl, A., Blackwell, G. B., ve Jandt, K. D. (2002). High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: Barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials* 2002; 23(14): 2955-63.
48. Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Cohen ME. Polymerization efficiency of led curing lights. *J Esthet Restor Dent*. 2002;14(5): 286-95.
49. Jandt KD, Mills RW. A brief history of led photopolymerization. *Dent Mater*. 2013; 29(6): 605-17.
50. Aw, T. C., ve Nicholls, J. I. (2001). Polymerization shrinkage of composite resins using plasma-arc photocuring. *Gen Dent* 2001; 49(5): 473-79.

51. Caughman, W. F., ve Rueggeberg, F. A. Shedding new light on composite polymerization. *Oper Dent* 2002; 27(6): 636-38.
52. Park, S. H., Krejci, I., ve Lutz, F. Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. *Oper Dent* 2002; 27(1): 30-37.
53. Lloret, P. R., Rode, K. M., ve Turbino, M. L. Dentine bond strength of composite resin polymerized with conventional light and argon laser. *Braz Oral Res* 2004; 18(3): 271-75.
54. Korkmaz, Y., & Attar, N. The Effects of Different Polishing Systems on the Surface Roughness of Esthetic Composites 2011; 38(2): 71–76.
55. Jefferies, S. R. Abrasive Finishing and Polishing in Restorative Dentistry: A State-of-the-Art Review. *Dental Clinics of North America* 2007; 51(2): 379–97.
56. Jones, Colin S., Billington, R. W., & Pearson, G. J. Interoperator variability during polishing. *Quintessence International* 2006; 37(3): 183-190.
57. ANUSAVICE, Kenneth J.; ANTONSON, S. A. Finishing and polishing materials in Philip's Science of dental materials. In: WB Saunders Co. 2003; 352-53.
58. Türkün LS, Türkün M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry*. 2004;29 (2): 203-11
59. O'Brien WJ. Color and Appearance. *Dental Materials and Their Selection*. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co Inc 2002; 24-37
60. Bayindir, D. F., & Wee, D. A. G. The Use of Computer Aided Systems in Tooth. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2006; 30: 40–46.
61. Villarroel, M., Fahl, N., De Sousa, A. M., & De Oliveira, O. B. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011; 23(2): 73–87.
62. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2003; 23: 467-553.
63. Paravina, R. D., Ontiveros, J. C., & Powers, J. M. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2004; 16(2): 117.

64. Sengez, G., & Dörter, C. Estetik diş hekimliğinde renk seçimi. In *Selcuk Dental Journal* 2019; 6(2): 213-20
65. KJ, Anusavice. "Phillips science of dental materials. 11th." *Maryland Heights, MO, USA: Saunders: Elsevier Inc* (2003).
66. Keyf, F., Uzun G, & Altunsoy, S. Diş Hekimliğinde Renk Seçimi. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2009; 33(4): 52–58.
67. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins-an in vitro study. *J Dent* 2010; 38: 137-142.
68. Ardu S., Gutemberg D., Krejci I., Feilzer A.J., Di Bella E., ve Dietschi D., Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. *Journal of Dentistry* 2011; 39: 37-44.
69. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal* 2006; 25: 371-76.
70. Lasserre JF, Pop-Ciutrla IS, Colosi HA. A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *J Dent* 2011; 39: 29-36.
71. Kuehni RG. The early development of the Munsell system. *Color Research & Application* 2002; 27: 20-27.
72. Landa E, Fairchild M. Charting Color from the Eye of the Beholder A century ago, artist Albert Henry Munsell quantified colors based on how they appear to people; specializations of his system are still in wide scientific use. *American scientist* 2005; 436-43.
73. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM, 2002. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2002; 87:6, 657-66.
74. Klaff D. Achieving the predictable composite resin restoration: the nature of colour. *International Dentistry* 2010; 12:64–77.
75. Minolta K. Precise color communication, The essentials of imaging, Received 2004; 1-57.
76. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004; 32(1): 3-12.
77. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *J Prosthet Dent* 2002; 88(6): 585-90.

78. Güler AU, Kurt S, Kulunk T. Effect of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005a; 93(5): 453-58.
79. Güler AU, Yılmaz F, Külünk T, Güler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent* 2005b; 94(2): 118-24
80. Paravina RD, Powers, JM. *Esthetic color training in dentistry*. 1st ed., St Lois; Elsevier- Mosby. 2004; 3-47.
81. Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil* 2007; 34(8): 613-21.
82. Hassel AJ, Grossmann AC, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM. Interexaminer reliability in clinical measurement of L\*C\*h\* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 79–84.
83. Corcodel N, Helling S, Rammelsberg P, Hassel AJ. Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. *Eur J Oral Sci* 2010; 118: 311-16.
84. Chu SJ, Devigus A, Paravina RD, Mieleszko AJ. *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. 2nd ed. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co., Inc.; 2010.
85. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009; 37: 15-20.
86. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010; 38(2): 2-16.
87. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *J Prosthet Dent* 2004; 92(6): 577.
88. Turgut S, Bağış B. [Color in dentistry and color measuring methods]. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2012; 5: 65-75.
89. Doğan A, Yüzüğüllü B. [Recent technological developments in color selection]. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2011; 4: 65-72.
90. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J* 2005; 199(1): 43-49.

91. Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res* 2010; 89(6): 549-60.
92. Ren YF, 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. *J Dent* 2012; 40: 48-56.
93. Tuncer D, Karaman E, Firat E. Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin *European journal of dentistry* 2013; 7(2): 165-171.
94. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc* 2004; 135: 587-594
95. Elhejazi AA, Ateyah N. The effect of different mouthwashes on color stability of tooth-colored restorative materials. *Egypt Dent J* 2005; 51: 1943-47.
96. Arocha M, Mayoral J, Lefever D, Mercade M, Basilio J, Roig M. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Invest.* 2013; 17(6): 1481–87.
97. Ozdemir F, Sahin H. Proceedings of the 3rd International conference on OCHA (tea) culture and Science ICOS. İçinde: Importance of tea in daily life of Turkish people 2007
98. Akit Asık N. Değişen Kahve Tüketim Alışkanlıkları ve Türk Kahvesi Üzerine Bir Araştırma. İçinde: *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 2017; 310–25.
99. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17(2): 102-108
100. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food simulating solutions and surfacefinish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent* 2005; 33(5): 389-98
101. Diamantopoulou S, Papazoglou E, Margaritis V, Lynch CD, Kakaboura A. Change of optical properties of contemporary resin composites after one week and one month water ageing. *J Dent* 2013; 41: 62-69.

102. Yap A, Tan S, Wee S, Lee C, Lim E, Zeng K. Chemical degradation of composite restoratives. *J Oral Rehabil* 2001; 28(11): 1015–21
103. Yara Khalid A, Malak Jameel H, Hani Mohammad N. Color Shift, Color Stability, and Post Polishing Surface Roughness of Esthetic Resin Composites. *Materials* 2020; 13(6): 1376–88
104. Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. *Craig's restorative dental materials* ebook: Elsevier Health Sciences 2018.
105. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2005; 13: 51–6.
106. Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J Dent* 2012; 40: 64-70.
107. Barakah HM, Taher NM. Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *J Prosthet Dent* 2014; 112(3): 625-31
108. Yap A, Yap S, Teo C, Ng J. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Operative Dentistry-University of Washington* 2004; 29: 275-90
109. Barghi N, Alexander C, 2003. A new surface sealant for polishing composite resin restorations. *Compendium of continuing education in dentistry* 2003; 24 8 Suppl, 30-3; quiz 61-2.
110. Lu H, Roeder L, Powers J. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Esthet Restor Dent*. 2003; 15(5): 297-304.
111. Rad IZ. In vivo procjena pouzdanosti mjerenja ispitivača uređajem za određivanje boje zuba VITA Easyshade ® Advance 4. 0 In Vivo Evaluations of Inter-Observer Reliability Using VITA. 2016; 34–9.
112. Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometer system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent* 2008; 99(5): 361-368.
113. Müdüroğlu R, Çongara Kivrak T, Nalçacı A. Methods and devices used in color determination. *Cumhur Dent J*. 2018; 21(1): 61–9.

114. Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent* 2012; 107(3): 178-185
115. Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prost* 2007; 16(2): 93-100.
116. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent* 2009; 101(3): 193-99.
117. Guler A, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2005; 94(2): 118–24
118. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009; 37: 2-6.
119. Gregor L, Krejci I, Di Bella E, Feilzer A, Ardu S. Silorane, ormocer, methacrylate and compomer long-term staining susceptibility using  $\Delta E$  and  $\Delta E_{00}$  colour-difference formulas. *Odontology*. 2016; 104(3): 305–9.
120. Gómez-Polo, C., Muñoz, M. P., Lorenzo Luengo, M. C., Vicente, P., Galindo, P., & Martín Casado, A. M. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2016; 115(1): 65–70.
121. Greenwall L. Bleaching techniques in restorative dentistry. London: CRC Press 2001; 132–163
122. Reis F, Giannini M, Lovadino R, Ambrosano M. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater*. 2003; 19: 12–8.
123. Wee, A. G., Lindsey, D. T., Kuo, S., & Johnston, W. M. (2006). Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials* 2006;, 22(6): 553-59.

124. Ragain JC, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *J Esthet Restor Dent* 2001; 13(1): 41-8.
125. Paravina R, Kimura M, Powers J. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology*. 2005; 93(1): 46–51.
126. Reis A, Giannini M, Lovadino J, Ambrosano G. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater* 2003; 19: 12–18.
127. Alawjali SS, Lui JL. Effect of one-step polishing system on the color stability of Nano composites. *J Dent* 2013; 41: 53-61.
128. Lainovic T, Vilotic M, Blazic L, Kakas D, Markovic D, Ivanisevic A. Determination of surface roughness and topography of dental resin-based nanocomposites using AFM analysis. *Bosn. J. Basic Med. Sci* 2013; 13: 34-43.
129. Güler, E., Gönülol, N., Yücel, A. Ç., YILMAZ, F., & Ersöz, E. Farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezinlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2013; 23(1): 24-29.
130. Ergücü Z, Türkün L, Aladag A. Color stability of nano-composites polished with one-step system. *Oper Dent*. 2008; 33(4): 413–20.
131. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers J. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent*. 2006; 95(2): 137–42.
132. Yapar, M. İ., & Pınar, G. Ü. L. Farklı içeceklerde bekletilen siloran ve dimetakrilat esaslı kompozitlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica* 2015; 32(2), 51-56.

133. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *J Prosthet Dent* 2013; 109: 378-83.
134. Mundim FM, Garcia LF, Pires-de-Souza FC. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci* 2010; 18: 249-254.
135. Catelan A, Pollard T, Bedran-Russo AK, Santos PD, Ambrosano GMB, Aguiar FHB. Light-curing time and aging effects on the nanomechanical properties of methacrylate-and silorane-based restorations. *Oper Dent* 2014; 39(4): 389-97





## 9. ORJİNALLİK RAPORU

Bahattin YAŞIN tez

ORJİNALLİK RAPORU

% **12**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **12**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **3**

YAYINLAR

% **3**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

**1**

[acikbilim.yok.gov.tr](http://acikbilim.yok.gov.tr)

İnternet Kaynağı

% **5**

**2**

[acikerisim.dicle.edu.tr](http://acikerisim.dicle.edu.tr)

İnternet Kaynağı

% **4**

**3**

[acikerisim.dicle.edu.tr:8080](http://acikerisim.dicle.edu.tr:8080)

İnternet Kaynağı

% **1**

**4**

[dergipark.org.tr](http://dergipark.org.tr)

İnternet Kaynağı

<% **1**

**5**

[acikerisim.medipol.edu.tr](http://acikerisim.medipol.edu.tr)

İnternet Kaynağı

<% **1**

**6**

[nek.istanbul.edu.tr:4444](http://nek.istanbul.edu.tr:4444)

İnternet Kaynağı

<% **1**

**7**

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

İnternet Kaynağı

<% **1**

**8**

Submitted to Erciyes Üniversitesi

Öğrenci Ödevi

<% **1**

**9**

[acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080](http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080)

İnternet Kaynağı

<% **1**

|    |                                                                                                                    |      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 10 | <a href="http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080">www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</a><br>İnternet Kaynağı | <% 1 |
| 11 | <a href="http://www.turkiyeklinikleri.com">www.turkiyeklinikleri.com</a><br>İnternet Kaynağı                       | <% 1 |
| 12 | <a href="http://docs.neu.edu.tr">docs.neu.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                           | <% 1 |
| 13 | Submitted to Ataturk Universitesi<br>Öğrenci Ödevi                                                                 | <% 1 |
| 14 | <a href="http://dent.ege.edu.tr">dent.ege.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                           | <% 1 |
| 15 | Submitted to Dicle University<br>Öğrenci Ödevi                                                                     | <% 1 |
| 16 | <a href="http://dergi.cumhuriyet.edu.tr">dergi.cumhuriyet.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                           | <% 1 |
| 17 | <a href="http://library.cu.edu.tr">library.cu.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                                       | <% 1 |
| 18 | <a href="http://www.jstage.jst.go.jp">www.jstage.jst.go.jp</a><br>İnternet Kaynağı                                 | <% 1 |
| 19 | <a href="http://acikerisim.baskent.edu.tr">acikerisim.baskent.edu.tr</a><br>İnternet Kaynağı                       | <% 1 |
| 20 | <a href="http://plusdent.com">plusdent.com</a><br>İnternet Kaynağı                                                 | <% 1 |
| 21 | <a href="http://assets.dentsplysirona.com">assets.dentsplysirona.com</a><br>İnternet Kaynağı                       | <% 1 |

|    |                                                                                         |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 22 | jag.journalagent.com<br>İnternet Kaynağı                                                | <% 1 |
| 23 | www.researchgate.net<br>İnternet Kaynağı                                                | <% 1 |
| 24 | cdn.istanbul.edu.tr<br>İnternet Kaynağı                                                 | <% 1 |
| 25 | docplayer.biz.tr<br>İnternet Kaynağı                                                    | <% 1 |
| 26 | ALTUN, Ceyhun. "Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler", TUBİTAK, 2005.<br>Yayın | <% 1 |

Alıntıları çıkart      üzerinde      Eşleşmeleri çıkar      < 5 words  
Bibliyografyayı Çıkart      üzerinde