

T.C.  
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**REZİN SİMANLARIN TAM SERAMİK  
ALT YAPI RENGİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ  
UFUK BAŞOĞLU

DANIŞMAN  
Doç.Dr. İDİL DİKBAŞ

İSTANBUL - 2009

## ÖZET

**Başoğlu U. Rezin simanların tam seramik alt yapı rengi üzerine etkileri. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul 2009.**

Teknolojik gelişmeler, özellikle anterior bölge restorasyonlarında estetik anlamda başarılı tedaviler yapılabilmesine imkan vermiştir. Uzun senelerdir kullanılmakta olan metal-seramiklerin dişeti renklenmesine sebep olmaları ve metalin ışık geçirgenliğinin olmaması gibi estetik dezavantajlarından dolayı tam seramik restorasyonlar, son yıllarda gittikçe daha popüler hale gelmiştir. Tam seramik sistemlerin ve tam seramiklerle beraber kullanılan rezin simanların geliştirilmesi ile beraber, optik olarak doğal dişe çok yakın özelliklere sahip restorasyonlar elde edilebilmektedir. Çalışmamızın amacı; tam seramik sistemleri ile beraber kullanılan rezin simanların, tam seramik alt yapı rengi üzerine etkilerinin değerlendirilmesidir. Çalışmamızda, estetik kalitesi oldukça yüksek olan IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) tam seramik alt yapı diskleri üzerine, sıklıkla kullanılan rezin simanlardan; Panavia F 2.0 (Kuraray Co Inc, Kurashiki, Japan), Rely X U100 (3M ESPE, St.Paul, Minneapolis, USA) ve Variolink 2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)' nin üç farklı rengi uygulanarak, rezin simanların seramik alt yapılar üzerinde meydana getireceği renk farklılıkları spektrofotometrik olarak incelenmiştir.

Çalışmamızda 15 mm çap ve  $1 \pm 0.05$  mm kalınlığa sahip 180 adet IPS e.max Press tam seramik alt yapı diski kullanılmıştır. Disklerin yüzey bitim ve cilalama işlemleri; zımpara cihazında (Phoenix Beta, Buehler, Illinois, USA) 320-, 600-, 800-, 1000- ve 1200- gren çaplı silikon karbit aşındırma kağıtları (Buehler Abrasives, Germany) kullanılarak su altında 15 sn süresince yapılmıştır. Disklerin renk değerleri, rezin siman uygulaması öncesinde spektrofotometre cihazında (CM-2600d, Konica Minolta Sensing Inc., Sakai-ku, Sakai, Osaka, Japan) ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Numaralar verilerek saklanan bu diskler üzerine, Panavia F 2.0 rezin simanının; Light, White ve Opak, Rely X U100 rezin simanının; Tracent, A2 ve A3,

Variolink 2 rezin simanının ise Translucent, A1, A3 renkleri metal bir model yardımı ile uygulanmış, 0.7 mm'lik siman kalınlığı elde edilmiştir. Rezin simanların eklenmesi sonrasında, ilk spektrofotometrik ölçüm ile aynı sıraya göre, ikinci ölçüm yapılmış ve değerler CIE L\*a\*b\* renk sistemine göre kaydedilmiştir. Elde edilen renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ), NBS birimlerine çevrilerek klinik renk farklılıkları değerlendirilmiştir. Verilerin analizi için; renk ve materyal karşılaştırmalarında iki yönlü varyans analizi (TWO WAY ANOVA), simanlı ve simansız örneklerin karşılaştırılmasında, örnek sayısı göz önüne alınarak parametrik olmayan Mann Whitney-U testi, A1-A3 renk seramik disklerdeki renk değişimlerinin karşılaştırılmasında ise eşleştirilmiş t-testi (Paired samples t-test) kullanılmıştır. Sonuçlar %95'lik güven aralığında ve  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, Panavia White (3.36, 2.82), Panavia Opak (2.98, 2.75) ve Rely X A3 (5.53, 5.13) renk rezin simanların hem A1 hem A3 renkteki alt yapı disklerine uygulanması NBS kriterlerine göre, "Fark edilebilir" bir değişim meydana getirirken, diğer bütün rezin simanlar tüm alt yapı diskleri üzerinde "Oldukça belirgin" renk değişimine sebep olmuştur. A1 ve A3 renk disklerine uygulanan rezin simanların translusent renkleri arasında rengi en az etkileyen Panavia Light (7.11, 7.02) olarak belirlenmiştir. Simanların A3 renkleri arasında en fazla renk değişimi meydana getiren Variolink A3 (12.49, 11.72) olmuştur. Kendi içlerinde rezin simanlara bakıldığında, en az renk değişimi meydana getiren renk Panavia F 2.0 renkleri arasında Panavia Opak (3.24, 2.99); Rely X U100 renkleri arasında A3 (6.02, 5.59)'tür. Variolink 2'nin renkleri arasında ise; A1 diskleri üzerinde A1 rengi (10.17), A3 diskleri üzerinde ise Translucent renk (9.77) en az renk değişimi meydana getirmiştir. Simanlar arasında meydana gelen tüm renk farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Tam seramik, alt yapı, renk, spektrofotometre, rezin siman.

## SUMMARY

**Başoğlu U. Effects of resin cements on the color of all ceramic core substructure. Yeditepe University Health Sciences Institute, PhD Thesis in Prosthetic Dentistry.**

Technological advances have allowed the accomplishment of esthetically successful treatments specifically in the anterior region. Due to the fact that metal-ceramics which have been in use for many years may cause gingival discolorations and esthetic disadvantages of metals such as lack of translucency, full ceramic restorations have started to gain more popularity in recent years. With the improvements in full ceramic systems as well as resin cements used with ceramics, it is possible to obtain restorations having very similar optical properties with the natural tooth. The purpose of our study is to assess the influence of resin cements used with full ceramic systems on the full ceramic substructure. IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) with high esthetic properties was used as the ceramic substructure. 3 different shades of Panavia F 2.0 (Kuraray Co Inc, Kurashiki, Japan), Rely X U100 (3M ESPE, St.Paul, Minneapolis, USA) and Variolink 2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) were applied on the ceramic substructure and the shade differences caused by resin cements were examined spectrophotometrically.

In the present study, 180 IPS e.max Press ceramic substructure discs having 15 mm diameter and  $1 \pm 0.05$  mm thickness were used. The surface finishing and polishing procedures were completed in the grinder-polisher device using 320-, 600-, 800-, 1000- and 1200- grit grinding paper for 15 minutes under water. Before resin cement application, the color values of the discs were measured in the spectrophotometer device and recorded. Numbers were assigned on these discs and Light, White and Opaque colors of Panavia F 2.0, Trancent, A2 and A3 of Rely X U100 and Translucent, A1, A3 colors of Variolink 2 were used by a metal model and 0.7 mm. cement thickness was obtained. The first spectrophotometric measurement was made after the application of the resin cements :then a second measurement was

performed in the same order. The obtained values were recorded according to the CIE L\*a\*b\* color system. The color change values were converted into NBS units and the clinical color differences were evaluated. Two way Anova was used in the comparison of colors and materials and non-parametric Mann Whitney-U test in the comparison of samples with and without cements taking the number of samples into consideration. Paired t-test was used in the comparison of the color changes in A1 and A3 substructures.

The results were evaluated at the 95% significance range and  $p < 0.05$  significance level. The results indicated that the application of Panavia White, Panavia Opak and Rely X A3 resin cements on A1 and A3 colored substructure discs caused a “**marked change**” according to the NBS criteria. On the other hand, all the other resin cements caused an “**extremely marked change**” on all the substructure discs. Panavia Light was detected as the least effective cement in color change among the translucent colors of resin cements applied on A1 and A3 colored discs. The cement that caused the highest level of color change among the A3 colors of cements was determined to be Variolink A3. Within the resin cements, Panavia Opak was the cement causing the least color change whereas A3 within the RelyX 100 colors. Within the colors of Variolink 2, A1 had the least color change among A1 discs and Translucent on the A3 discs. All the color changes between cements were statistically significant.

**Keywords:** Full ceramic, substructure, color, spectrophotometer, resin cement.

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca her türlü sorunumla ilgilenen, desteğini asla esirgemeyen, sonsuz sabrı ile her zaman yanımda olan, kişiliğine ve başarısına hayran olup sonsuz saygı duyduğum değerli hocam ve tez danışmanım **Doç. Dr. İdil DİKBAŞ'** a,

Üniversite yıllarımda da öğrencisi olduğum, derslerini dinlemekten keyif aldığım, doktora yıllarımda kendisinden çok şey öğrendiğim, her zaman yanımda ve destek olan Sayın hocam **Prof. Dr. Ender KAZAZOĞLU'** na,

Öğrencisi olduğum için kendimi şanslı sayıp gurur duyduğum, diş hekimliği mesleğine kattığı eserlerinden her zaman yararlandığım, duruşu ve bilgeliğine sonsuz saygı duyduğum, bölüm başkanımız Sayın hocam **Prof. Dr. Senih ÇALIKKOCAOĞLU'** na,

4 yıllık klinik ve teorik çalışmalarımda bana her zaman yardımcı olup bilgilerini asla esirgemeyen başta **Prof.Dr. Koray ORAL** olmak üzere tüm öğretim üyelerime,

Çalışmamda kullandığım materyallerin hazırlanmasında tüm içtenlikleriyle benden yardımlarını esirgemeyen başta **Aşkın ŞAHİN** olmak üzere Optimal **Diş Protez Laboratuvarı** çalışanlarına,

Hayatımın iyi ya da kötü her anında yanımda oldukları için minnettar olduğum, ve çocukları olmaktan her zaman onur duyduğum sevgili **annem ve babama**,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

Dt.Ufuk BAŞOĞLU

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
İÇ KAPAK.....	I
ÖZET.....	II
SUMMARY.....	IV
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER.....	VII
KISALTMALARIN LİSTESİ.....	XI
RESİMLERİN LİSTESİ.....	XIII
TABLOLARIN LİSTESİ.....	XVI
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	XVIII
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. DENTAL SERAMİKLER.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1. Dental Seramiklerin Tarihçesi.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2. Dental Seramiklerin Yapısı.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3. Dental Seramiklerin Sınıflandırılması.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3.1. Metal Destekli Tam Seramik Sistemleri.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.3.2. Tam Seramik Sistemleri.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Kuvvetlendirilmiş alt yapı seramikleri.....</b>	<b>12</b>
<b>a. Alumina içeren seramikler.....</b>	<b>12</b>
<b>b. Spinel enjeksiyon dökümü.....</b>	<b>14</b>
<b>c. Magnezya içeren seramikler.....</b>	<b>14</b>
<b>d. Zirkonya içeren seramikler.....</b>	<b>14</b>
<b>2. Feldpatik porselen.....</b>	<b>15</b>
<b>3. Dökülebilir-preslenebilir cam seramikler.....</b>	<b>16</b>
<b>a. Mika.....</b>	<b>16</b>
<b>b. Losit.....</b>	<b>17</b>
<b>c. Lityum disilikat.....</b>	<b>19</b>

	<b>Sayfa No</b>
<b>2.2. DENTAL SİMANLAR</b> .....	21
<b>2.2.1. Çinkofosfat Siman</b> .....	23
<b>2.2.2. Polikarboksilat Siman</b> .....	23
<b>2.2.3. Cam İyonomer Siman</b> .....	24
<b>2.2.4. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman</b> .....	24
<b>2.2.5. Rezin Siman</b> .....	25
<b>a. Akrilik rezin siman</b> .....	26
<b>b. Adeziv rezin siman</b> .....	27
<b>c. Dimetakrilat (kompozit) rezin siman</b> .....	27
1. Kimyasal olarak sertleşenler (Auto-cured).....	28
2. Işıkla sertleşenler (Light-cured).....	28
3. Hem kimyasal yol hem ışıkla sertleşenler (Dual-cured).....	29
<b>2.3. DİŞHEKİMLİĞİNDE RENK</b> .....	30
<b>2.3.1. Munsell'e Göre Rengin Boyutları</b> .....	32
<b>2.3.1.1. Hue</b> .....	34
<b>2.3.1.2. Value</b> .....	35
<b>2.3.1.3. Kroma</b> .....	35
<b>2.3.2. Ostwald Renk Sistemi</b> .....	38
<b>2.3.3. CIE XYZ Renk Sistemi</b> .....	39
<b>2.3.4. CIE L*a*b* Renk Sistemi</b> .....	40
<b>2.3.5. Renk ve Işıkla İlgili Terimler</b> .....	42
<b>2.3.5.1. Metamerizm</b> .....	42
<b>2.3.5.2. Opasite</b> .....	42
<b>2.3.5.3. Kırılma ve yansıtma (Refraction, Reflection)</b> .....	42
<b>2.3.5.4. Yarı Saydamlık (Translucency)</b> .....	43
<b>2.3.5.5. Saydamlık (Transparency)</b> .....	43
<b>2.3.6. Renk Ölçüm Yöntemleri</b> .....	43
<b>2.3.6.1. Görsel Ölçüm</b> .....	44
<b>2.3.6.2. Cihaz Kullanılarak Yapılan Ölçüm</b> .....	45
<b>a. Kolorimetreler</b> .....	46



	<b>Sayfa No</b>
b. Spektrometreler.....	48
c. Spektrofotometreler.....	48
d. Dijital kameralar.....	49
2.3.7. Porselen Restorasyonlarda Renk Uyumu.....	50
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>52</b>
3.1. Porselen Örneklerin Elde Edilmesi.....	54
3.1.1. IPS Empress e.max Press örneklerin hazırlanması.....	54
3.1.2. Örneklerin Yüzey Bitim İşlemleri.....	73
3.2. İlk Spektrofotometrik Ölçüm.....	76
3.3. Rezin Simanların Alt Yapı Disklerine Uygulanması.....	77
3.3.1. Panavia F 2.0'ın alt yapı disklerine uygulanması.....	81
3.3.2. Rely X U100 ün alt yapı disklerine uygulanması.....	82
3.3.3. Variolink 2'nin alt yapı disklerine uygulanması.....	83
3.4. İkinci Spektrofotometrik Ölçüm.....	84
3.5. İstatistiksel Analiz.....	84
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>85</b>
4.1. Rezin siman uygulaması sonrasında ölçülen L*, a* ve b* değerlerine ait bulgular.....	85
4.2. Rezin siman uygulaması sonrasında meydana gelen $\Delta E$ ve NBS değerleri.....	88
4.3. Rezin simanların A1 ve A3 renk seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk farklılıklarının karşılaştırılmasına ait bulgular.....	89
4.4. Farklı markalardaki rezin simanın translücent renklerinin karşılaştırılmasına ait bulgular.....	91
4.4.1. Transludent renk simanların seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişikliklerine ait bulgular.....	91
4.4.2. Transludent renk simanların oluşturduğu renk değişikliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular.....	92

<b>4.5.</b> Rely X ve Variolink rezin simanların A3 renklerinin karşılaştırılmasına ait bulgular.....	93
<b>4.5.1.</b> A3 renk rezin simanların seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular.....	93
<b>4.5.2.</b> A3 renk simanların oluşturduğu renk değişikliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular.....	94
<b>4.6.</b> Panavia F 2.0 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular .....	95
<b>4.6.1.</b> Panavia F 2.0'ın seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular.....	95
<b>4.6.2.</b> Panavia F 2.0 renklerinin oluşturduğu renk değişimlerinin karşılaştırılmasına ait bulgular.....	96
<b>4.7.</b> Rely X U100 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular.....	97
<b>4.7.1.</b> Rely X U100'ün seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular.....	97
<b>4.7.2.</b> Rely X U100 renklerinin oluşturduğu renk değişimlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular.....	98
<b>4.8.</b> Variolink 2 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular.....	99
<b>4.8.1.</b> Variolink 2'nin seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular.....	99
<b>4.8.2.</b> Variolink 2 renklerinin oluşturduğu renk değişimlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular.....	100
<b>5. TARTIŞMA.....</b>	<b>101</b>
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>113</b>
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>115</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>129</b>

## KISALTMALARIN LİSTESİ

M.Ö.	Milattan önce
M.S.	Milattan sonra
$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Potasyum alumina silikat
$Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$	Sodyum alumina silikat
°C	Celcius
CaO	Kalsiyum oksit
$Na_2O$	Sodyum oksit
$K_2O$	Potasyum oksit
$Al_2O_3$	Aluminyum oksit
$B_2O_3$	Borik oksit
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
$SiO_2$	Silikon di oksit
BaO	Baryum oksit
TiO	Titanyum oksit
$Li_2O$	Lityum oksit
$P_2O_5$	Fosfor pentaoksit
ZnO	Çinko oksit
MgO	Magnezyum oksit
$La_2O_3$	Lantanyum oksit
$Li_2Si_2O_5$	Lityum disilikat
µm	Mikrometre
ISO	International Organization for Standardization
META	Metioloksi etil trimelletik anhidrit

Bis-GMA	Bisfenol glisidil metakrilat
nm	Nanometre
CIE	Commision de l' Eclairage
$\Delta E$	İki renk değeri arasındaki fark
$\lambda$	Dalga boyu
sn	Saniye
gr	Gram
°	Açı değeri
Ø	Çap
Min.	En düşük
Max.	En yüksek
ml	Mililitre
dak	Dakika
p	Anlamlılık
SS	Standart sapma
SE	Standart hata
Ort	Ortalama
N	Örnek sayısı

## RESİMLERİN LİSTESİ

- Resim 1:** Porselenin yapısı
- Resim 2:** Elektromanyetik spektrum
- Resim 3:** Munsell'in renk şeması I
- Resim 4:** Munsell'in renk şeması II
- Resim 5:** Hue
- Resim 6:** Value
- Resim 7:** Kroma
- Resim 8:** Munsell'in üç boyutlu renk şemaları
- Resim 9:** Ostwald renk çemberi
- Resim 10:** Ostwald renk sistemi
- Resim 11:** CIE XYZ renk sistemi
- Resim 12:** CIE L\*a\*b\* renk sistemi I
- Resim 13:** CIE L\*a\*b\* renk sistemi II
- Resim 14:** Kolorimetre cihazı
- Resim 15:** Kolorimetre çalışma prensibi
- Resim 16:** Spektrofotometre cihazı
- Resim 17:** IPS Empress e.max Press tam seramik altyapı materyali
- Resim 18:** Metal diskler
- Resim 19:** Metal disklerden elde edilen ana model
- Resim 20:** Modelaj mumunun ısıtılıp ana modele dökülmesi
- Resim 21:** Modelaj mumu sertleştikten sonra çıkartılan mum örnekler
- Resim 22:** Metal diskler, ana model ve mum modeller
- Resim 23:** Mum ağırlıklarının ölçülmesi
- Resim 24:** Tijin yatay düzlemle yapması gereken aç
- Resim 25:** Tijenmiş mum örnekler
- Resim 26:** Silikon halkaya sabitlenmiş mum örnekler (Yandangörünüş)

- Resim 27:** Silikon halkaya sabitlenmiş mum örnekler (Üstten görünüş)
- Resim 28:** Silikon manşete alınmış mum örnekler
- Resim 29:** Smartmix otomatik karıştırıcı
- Resim 30:** IPS Silicone ring (silikon halka) ve manşetleri
- Resim 31:** Revetmanın dökülmesi ve hava kabarcıklarının çıkartılması
- Resim 32:** Revetmanın kapatılması I
- Resim 33:** Revetmanın kapatılması II
- Resim 34:** Revetmanın kapatılmış hali
- Resim 35:** Manşetin ön ısıtma fırınındaki eğimlendirilmiş duruşu
- Resim 36:** IPS e.max Alox Plunger – itici aluminyum piston
- Resim 37:** IPS e.max Press ingotları
- Resim 38:** IPS e.max Alox Plunger Seperator
- Resim 39:** IPS e.max Press seramik tablet ve IPS Alox Plunger (itici piston)
- Resim 40:** IPS e.max Press seramik tablet sıcak manşete yerleştirilirken
- Resim 41:** IPS e.max Alox Plunger – itici piston manşete yerleştirilirken
- Resim 42:** IPS Empress' e özel EP 600 Fırını
- Resim 43:** IPS e.max Press seramik tablet ve itici piston presleme fırınına yerleştirilirken
- Resim 44:** Fırından çıkarılan sıcak manşetin soğumaya bırakılması
- Resim 45:** Aluminyum itici pistonun uzunluğunun işaretlenmesi
- Resim 46:** İşaretlenen uzunluktan revetmanın separe ile kesilmesi
- Resim 47:** Kesilmiş revetman
- Resim 48:** 50 µ'luk cam kum
- Resim 49:** Kumlama işlemi
- Resim 50:** Revetmandan çıkarılan örnekler
- Resim 51:** IPS e.max Press Invex Liquid
- Resim 52:** IPS e.max Press Invex Liquid içerisinde bekletilen örnekler

- Resim 53:** Buharla temizleme aleti – Bego Triton SLA
- Resim 54:** Zımparalanmaya hazır hale gelmiş IPS e.max Press alt yapılar
- Resim 55:** Yüzey aşındırma ve parlatma cihazı
- Resim 56:** Yüzey aşındırma kağıtları
- Resim 57:** Parmak basıncı ile yüzey işlemleri yapılması
- Resim 58:** Elektronik kumpas
- Resim 59:** Spektrofotometre cihazı
- Resim 60:** Örneklerin spektrofotometreye yerleştirilmesi
- Resim 61:** Üzerinde boşluklar bulunan metal model
- Resim 62:** Disklerin metal modele sabitlenmesi
- Resim 63:** Sabitlenmiş diskler
- Resim 64:** Optilux 501 ışın cihazı
- Resim 65:** Rezin siman uygulamasından sonra disklerin saklanması
- Resim 66:** Panavia F 2.0 uygulaması
- Resim 67:** Rely X U100 uygulaması
- Resim 68:** Variolink 2.0 uygulaması

## TABLolarIN LİSTESİ

**Tablo 1:** Simantasyon ajanlarının bağlanma şekilleri ve formülasyonları

**Tablo 2:** Renk farklılığının klinik algısı

**Tablo 3:** NBS kriterleri

**Tablo 4:** Çalışmada kullanılan materyaller

**Tablo 5:** Mum ağırlıklarına göre manşet ve tablet sistemleri

**Tablo 6:** Tij özellikleri

**Tablo 7:** IPS e.max Press seramik materyalinin EP 600 fırınında presleme programı

**Tablo 8:** Çalışmada kullanılan farklı renkteki alt yapı diskleri ve rezin simanların renkleri ve örnek sayıları

**Tablo 9:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki L\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

**Tablo 10:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki a\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

**Tablo 11:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki b\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

**Tablo 12:** Disklerin siman uygulamasından sonraki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) ve NBS değerleri

**Tablo 13:** Rezin simanların A1 ve A3 seramik diskler üzerinde meydana getirdikleri renk farklılıklarının karşılaştırılması (Eşleştirilmiş t-testi: Paired Samples t-test)

**Tablo 14:** Translucent renk simanlar eklendikten sonra seramik disklerde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 15:** Rezin simanların translucent renklerinin seramik renk ayrımı yapılmaksızın tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 16:** A3 renk simanlar eklendikten sonra seramik disklerde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)



**Tablo 17:** Rezin simanların A3 renklerinin seramik renk ayrımı yapılmaksızın tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 18:** Panavia rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 19:** Panavia simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 20:** Rely X rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 21:** Rely X simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 22:** Variolink rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

**Tablo 23:** Variolink simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

**Şekil 1:** Rezin simanların A1 ve A3 renk diskler üzerinde meydana getirdikleri renk farklılıkları grafiği

**Şekil 2:** Marka ayrımı yapılmaksızın tüm translusent renk simanların alt yapı disk renkleri üzerindeki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 3:** Translusent renk simanların seramik renk ayrımı yapılmaksızın birbirleri arasındaki renk farklılıklarının grafiği

**Şekil 4:** Marka ayrımı yapılmaksızın tüm A3 renk simanların alt yapı disk renkleri üzerindeki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 5:** A3 renk simanların seramik renk ayrımı yapılmaksızın birbirleri arasındaki renk farklılıklarının grafiği

**Şekil 6:** Panavia rezin simanının renk ayrımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 7:** Panavia rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 8:** Rely X rezin simanının renk ayrımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 9:** Rely X rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 10:** Variolink rezin simanının renk ayrımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

**Şekil 11:** Variolink rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Protetik diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller, eksik diş ve/veya dişlerin fonksiyonlarını yeniden sağlamalıdır. Ancak bir restorasyonda, fonksiyon kadar estetik özellikler de büyük önem taşımaktadır. Diş hekimleri, kayıp diş dokularının restorasyonunda estetiğin sağlanabilmesi amacı ile doğal diş görünümüne en yakın materyal olan porselenden yararlanmaktadırlar (1). Porselenler yalnızca estetik özellikleri ile değil aynı zamanda biyolojik olarak uyumlu olmaları, ağız içi sıvılarından etkilenmemeleri, renk stabiliteyi ve aşınmalarının minimum olması gibi sebepler ile de tercih edilmektedirler (1, 2).

Tek başına kırılğan olan dental porselenler, bir alt yapı ile desteklendiklerinde daha az kırılğan ve daha dirençli malzemeler haline gelmektedirler. En sık kullanılan porselen kuvvetlendirme metodu ise, alt yapının bir metal ile desteklenmesidir. Metal seramik sistemleri, üstün mekanik özellikleri nedeni ile hem anterior hem de posterior bölgedeki diş eksikliklerinde başarı ile kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Alt yapı metalinin dişetine yansımaları, basamak bölgesindeki porselenin fazla opak görünmesi gibi estetik yetersizlikler söz konusudur. Bunun yanı sıra, korozyon ve alerji potansiyeli gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Metal-seramik restorasyonların bu gibi eksiklikleri nedeniyle metal alt yapı içermeyen porselen sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüzde estetik beklentilerin daha da fazla artışı, üretici firmaları birçok tam seramik sistemi geliştirmeye yönlendirmiştir (3, 4).

Estetik söz konusu olduğunda, özellikle anterior restorasyonların doğal dişi en ideal şekilde taklit etmesi, morfolojik özelliklerini yansıtması ve aynı zamanda komşu dişler ile olan ideal renk uyumunu da gerçekleştirebilmesi gerekmektedir (5). Estetik restorasyonlarda karşılaşılabilecek en büyük zorluk, doğal dişle olan renk uyumunun sağlanabilmesidir. Porselen restorasyonlarda elde edilen renk birçok farklı faktöre bağlıdır. Diş hekimi, teknisyen, üretici firma, rengin seçildiği ortamın ışık özellikleri, kullanılan renk skalası gibi faktörler porselen rengini etkileyen faktörler arasında gösterilmektedir (2, 4).

Doğal dişleri en iyi şekilde taklit edebilmek için yalnızca renk değil aynı zamanda ışık özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir (6). Doğal bir diş rengi; mine yüzeyinden yansıyan, yayılan ve dağılan ışığın birleşiminden meydana gelmektedir. Asıl renk dentinden kaynaklanır ancak minenin kalınlığı ve translüsentliği de renk üzerine etki eder (7, 8). Kullanılan restoratif materyal, mineyi ne kadar iyi taklit ederse, optik özellikler de o kadar doğala yakın olacaktır. Farklı optik özelliklere sahip porselenler tabakalandırılarak, doğal dişe benzer özellikler verilebilmektedir (6, 8).

Tam seramik sistemlerde kullanılan üst yapı porseleni, metal seramik sistemlere benzer şekilde tabakalandırılarak pişirilebilir. Ancak, alt yapı materyalinin de seramik olması, ışık geçirgenliğini artırarak daha translüsent bir restorasyon oluşmasına sebep olmaktadır. Translüsentliğin artması, restore edilecek diş renginin maskelenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, tam seramik restorasyonlarda simantasyon, metal seramik sistemlere göre daha komplike bir hal almaktadır. Yalnızca rengin maskelenmesinde değil, aynı zamanda restorasyonun dişe adezyonu da düşünüldüğünde, metal seramik sistemler ile kullanılan konvansiyonel simantasyon ajanları, tam seramikler için yetersiz kalmaktadır. Son yıllarda, hem estetik başarısı hem de kimyasal adezyon mekanizması ile dişe bağlanmaları nedeni ile rezin simanların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Resin simanların yüksek dayanım kuvvetleri sayesinde restorasyonu desteklemeleri ve birçok farklı renk seçeneklerinin bulunması gibi avantajları popüler olmalarını sağlamıştır (9, 10). Yapılan çalışmalar, tam seramik sistemlerde rengin, alt yapı materyalinin rengi ve kalınlığı, üst yapıda kullanılan porselenin fırınlama sayısı ve kalınlığı, glazür işlemleri ve aynı zamanda seçilen simantasyon ajanına da bağlı olduğunu göstermektedir (11, 12, 13).

Bu bilgilerin ışığı altında çalışmamızın amacı, tam seramik alt yapı üzerine uygulanan rezin simanların, alt yapının orjinal rengi üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Çalışmamızda, lityum disilikat içerikli tam seramik sistemi olan IPS e.max Press alt yapı disklerine, üç farklı marka rezin simanın üç farklı rengi uygulanmış, simanların seramik alt yapı rengi üzerinde olası etkisi ile meydana gelebilecek renk değişimlerinin spektrofotometrik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 DENTAL SERAMİKLER

#### 2.1.1 Dental Seramiklerin Tarihçesi

Seramik kelimesi, Yunanca bir sözcük olan ve “topraktan gelme, yakılmış olan” anlamlarını taşıyan “keramikos” ‘tan gelmektedir (14, 15). Seramiklerin kullanımı, 10.000 yıl önce, taş devrine kadar uzanmaktadır. M.Ö. 50 yıllarında Çinli’ ler tarafından yapılmış olan porselenin Avrupa’ya getirilmesi, XVI. yüzyılda Portekizli denizciler sayesinde gerçekleşmiştir (15). Elde edilen ilk porselenin kırılğan ve opak yapısı nedeniyle diş hekimliğinde kullanımı uygun görülmemiş ancak ilerleyen yıllarda, diş hekimliği kullanımı için seramikten yapılmış özel bir tip porselen geliştirilmiştir. Estetik bakımdan sağladığı avantajlar nedeni ile porselenler sürekli geliştirilmekte ve üzerinde yapılan çalışmalar halen sürmektedir (15-18).

Seramikler birden fazla metalin metal olmayan bir elementle yaptığı kombinasyon olarak tanımlanmaktadır (19). Porselenler ise, üç farklı tip seramik arasında; Çin kilinden üretilen ve estetik olan seramik grubudur. Porselen kelimesi, etimolojik açıdan ortaçağ İtalyancasındaki “porcella” ‘dan gelir. Porcella, istiridye kabuğunun iç yüzeyindeki sedefin beyaz-parlak kıvrımları anlamına gelmektedir (20).

Diş hekimliğinde porselen; bir cam matriks içine gömülü farklı kristal partiküllerinin meydana getirdiği camsı ve dayanıklı yapılar olarak tanımlanmaktadır. Camsı yapılar kırılğan özelliklerinin yanında transparandırlar ancak kristalin yapıdaki porselenler, düzenli atom dizilişleri ve yapılarına eklenen partiküller sayesinde daha dayanıklı ancak daha opak yapılardır (20, 21).

Porselen, 18. Yüzyıl’da diş hekimliğine girmiştir. O yıllarda diş protezlerinde; insan dişleri, insan dişleri boyutlarına küçültülmüş hayvan dişleri, fildişi, mineral ya da porselen dişler kullanılmıştır. 1720’li yıllarda Avrupa’da, Çin porselenlerine benzeyen ince porselenlerin üretimi başlamıştır. 1723 yılında Pierre Fauchard, diş dokusu ve

gingival doku renginin porselen kullanımı ile taklit edilebileceğini düşünerek porselen üzerinde çalışmalarını başlatmıştır (17, 22).

1774 yılında Alexis Duchateau adlı bir eczacı, Nicholas Dobuis de Clemant adlı bir diş hekimi ile birlikte çalışarak porselen dişlerin kullanıldığı bir protez yapmıştır. Duchateau ve Dobuis de Clemant, daha sonra porselen dişlerin formülasyonlarını geliştirerek Fransız ve İngiliz patentlerini almışlardır. 1808 yılında Paris'te yaşayan Giuseppangelo Fonzi, "terrometalik" olarak adlandırdığı, içinde platin pinler gömülü olan kişiye özel porselen dişleri üretmiştir. Bu dişlerin estetik ve mekanik özellikleri, protetik diş hekimliğinde büyük bir avantaj sağlamıştır (17, 22).

19. Yüzyılın sonlarına doğru çeşitli seramikçiler porseleni dişhekimliğinin çeşitli dallarına yaymaya çalışmaktaydılar. Önceleri eksik diş boşluklarına uyacak şekilde blok porselenler hazırlanmaktayken, porseleni kaviteye göre pişirmeyi ilk olarak 1887 yılında Dr. Charles Land ortaya koymuştur. Land 1903 yılında, "jaket kuron" olarak adlandırılan, platin folyo yaprak üzerine fırınlanan yüksek ısı porselenlerini kullanarak tam seramik restorasyonların üretimini gerçekleştirmiştir. Bu restorasyonların estetik kaliteleri yanında, bir dezavantaj olan düşük bükülme dayanımları, kırıkların meydana gelmesine sebep olmuştur (17, 22, 25, 26).

1950'li yıllarda porselene "lösit" ilavesi, porselenin genleşme katsayısını; altın ilavesi ise alt yapı metaline bağlanma kuvvetini arttırmıştır (23). 1962 yılında Weinstein ve arkadaşları; uzun süreli estetik performans ve klinik başarı gösterebilen metal seramik restorasyonları geliştirmişlerdir. Bu restorasyonlar %11-15 oranında potasyum oksit içeren porselen tozu ile desteklenmiş metal destekli restorasyonlardır (26). Ancak metal seramik sistemlerin de; estetik, metal-seramik bağlantısı, renk uyumu gibi bazı dezavantajları mevcuttur (29).

1965 yılında McLean ve Hughes, alt yapının "platin folyo" üzerinde metal destek olmaksızın fırınlanarak kullanıldığı bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistemde; %40-50 oranında alumina kristalleri ile kuvvetlendirilmiş yüksek dirençli bir seramiği alt yapı olarak kullanarak, kırılma dayanımında önemli bir artış sağlamışlardır (4, 26, 27). Dayanıklılık, "platin folyo" tekniği sayesinde %20 oranında arttırılmış olsa da;

yetersiz translusentlik ve tebeşirimsi görüntü meydana gelmesi sonucunda, yeterli estetiğin sağlanabilmesi için porselen venerleme ihtiyacı doğmuştur (22, 26, 27).

1972 yılında Southan ve Jorgensen tarafından geliştirilen “refraktör day” malzemesi, restorasyonun fırına taşınabilmesi için bir platin yaprak gerekliliğini ortadan kaldırarak bir çok gelişmeyi de beraberinde getirmiştir (26, 27, 29). 1984 yılında Adair ve Grossman tarafından, camın kontrollü kristalizasyonu ile meydana gelen dökülebilir bir cam seramik olan Dicor üretilmiştir (22, 26, 27, 31).

1980’li yılların sonlarında, alumina içerikli porselenler geliştirilmeye başlanmıştır. Yaklaşık %70 alumina içeren, refraktör day üzerine uygulanıp daha sonra üzerine porselen pişirilen Hi-Ceram ile %90 alumina içerikli olan ve uzun süre fırınlandıktan sonra ortaya çıkan poröz yapıya ince cam partikül ilavesi ile meydana gelen In-Ceram sistemleri piyasada yerlerini almışlardır (22, 25, 26, 29, 30).

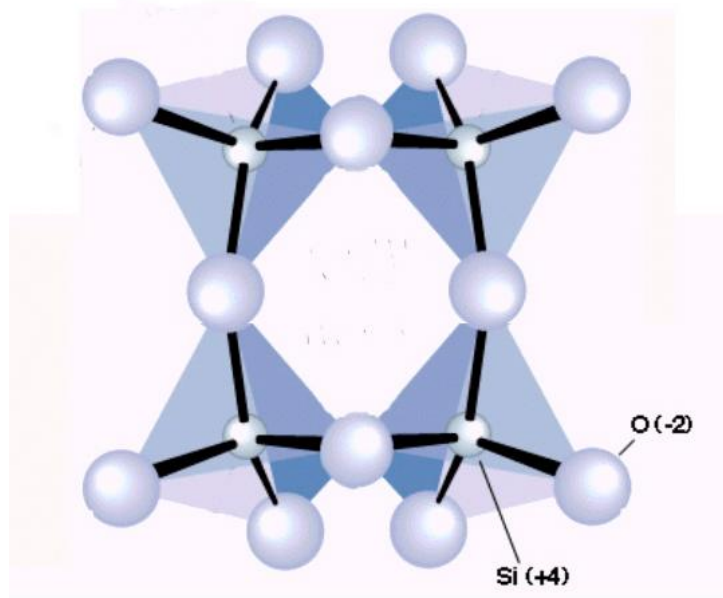
1990 yılında piyasaya sürülen IPS Empress sistemi, %34 lösit kristalleri içeren ve basınç altında preslenerek üretilen bir sistemdir. IPS Empress sistemi, Dicor sistemine benzer dayanıklılık ve marjinal adaptasyon göstermektedir ancak bu sistemde Dicor’da olduğu gibi kristalizasyon işlemine gerek duyulmamaktadır. IPS Empress’in farklılığı, yüksek sıcaklıkta presleme işlemi sırasında lösit kristallerinin bariyerler meydana getirerek mikroçatlak oluşumunu önlemesidir (22, 24, 27, 32, 33, 34).

1998 yılında ise, IPS Empress II piyasaya sürülmüştür. Bu sistemin IPS Empress’ ten farkı; içeriğindeki % 70 oranındaki lityum disilikat ve lityum orto fosfattır. İlk sisteme göre hem estetik özellikleri hem de dayanıklılığı arttırılmıştır. IPS Empress sisteminin kullanımı tek üyeli restorasyonlarla sınırlanırken, IPS Empress II sisteminde ikinci küçük azı dişine kadar üç üyeli sabit restorasyonlar uygulanabileceği bildirilmektedir (22, 24, 27, 33, 34).

2005 yılında geliştirilen IPS e.max Press ise; preslenebilir ingotlara sahip %70 lityum disilikat içerikli bir cam seramik materyalidir. Sistemin Empress ve Empress II sistemlerinden farkı, dört farklı opasiteye sahip ingotları sayesinde estetik kaliteyi arttırması yanında oldukça dirençli olmasıdır (35, 36, 37).

### 2.1.2 Dental Seramiklerin Yapısı

Diş hekimliğinde kullanılan porselen, yapı olarak seramikçilerin kullandığı porselene çok yakındır. Çeşitli seramikler arasındaki farklılık, temel içeriklerindeki oranlar ve pişirme sistemlerden meydana gelmektedir (14, 17). Protez terimlerine göre seramikler; birden fazla metalin, oksijen gibi metal olmayan bir elementle yaptığı birleşimden meydana gelmektedir (21). Bu birleşimde esas yapıyı büyük oksijen atomları oluşturur. Oksijen atomları temel matriksi teşkil ederken, daha küçük metal atomları ve yarı metal küçük silikon atomları, oksijen atomları arasındaki boşlukları doldurur (Resim 1). Bu atomlar arasındaki atomik bağlar, hem iyonik hem de kovalent bağ özelliği taşırlar. Bu bağlar sayesinde seramik; stabilite, sertlik ve kimyasal ile ısısal etkenlere karşı direnç kazanır. Ancak bu yapı, seramiği kırılgan bir hale de getirmektedir (14, 17).



**Resim 1:** Porselenin yapısı



Dental porselenin temel yapısında üç ana madde vardır:

- a. Feldspar: %75-85 oranında bulunan feldspar, porselende ana yapıyı teşkil eder. Potasyum alumina silikat ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) ve sodyum alumina silikat ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) karışımından meydana gelir. Fırınlama sırasında 1100-1300°C'de eriyerek kuartz ve kile matriks oluşturur. Yüksek ergime dereceli bileşenlere akışkanlık kazandıran feldspar, ısıya daha dayanıklı bileşenleri tutar ve birbirlerine bağlar. Porselene belirli bir şeffaflık kazandırır (4, 16, 17, 32).
- a) Kuartz (Silika): Yapısı silika yani  $SiO_3$ ' tür. Erime ısısı diğer bileşenlere göre daha yüksektir; 1700°C'de erir. Yapıya tutucu bir destek sağlayarak pişme sonucu meydana gelen büzölmeleri önler. Doldurucu görevi de gören silika aynı zamanda termal genişleme katsayısının kontrol edilmesine de yardımcıdır. Bileşimde, %10-30 oranında bulunur ve porselenin dayanıklılığının artmasını sağlar (4, 16, 17, 32).
- b) Kaolin: Dehidrate alüminyum silikattır ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). Çin kili olarak da adlandırılan kaolin, yapışkan özellikte olduğundan diğer materyallerin bir arada kalmasını sağlayarak porselenin modelajına yardımcı olur. %1-5 oranında bulunur ve opak yapıdadır. Isıya oldukça dayanıklı olduğundan 1800 °C'de erir(16, 17, 18).

Dental porselenin yapısına bu üç temel madde dışında:

- Kalsiyum oksit ( $CaO$ ), sodyum oksit ( $Na_2O$ ) ve potasyum oksit ( $K_2O$ ) gibi ergime derecesini düşürüp ısıl genişleme katsayısını arttıran cam modifiye edici ajanlar,
- Cam modifiye edici ajanların düşürdüğü viskoziteyi arttırmak amacı ile konulan intermediate oksit adı verilen alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ),
- Camlaşma (vitrikasyon) işleminin daha kolay oluşabilmesi için kullanılan camlaştırıcı borik oksit ( $B_2O_3$ ) gibi ajanlar eklenerek porselene farklı özellikler kazandırılır.

Tüm bu ajanların ideal oranlarda kullanılması, camlaşma reaksiyonunun bozulmadan gerçekleşmesini sağlar. Aksi takdirde, devitrifikasyon denilen cam yapının bozulması söz konusu olur. Devitrifikasyon sonucu yüzey, geri dönüşümsüz olarak glazürlenemeyen ve görünüm olarak bulutlu bir hale gelmektedir (16, 17, 24).

Porselene renk vermek amacıyla içine bazı bazı metal oksitler katılmaktadır (16, 17, 24):

- Pembe: Krom-kalay ve krom-alumina veya kalay-altın
- Sarı: İndiyum, titan oksit
- Mavi: Kobalt tuzları, kobalt aluminat
- Yeşil: Krom ya da bakır oksit
- Gri-lavanta: Manganez
- Gri: Demir fosfat ya da platin

### **2.1.3 Dental Seramiklerin Sınıflandırılması**

Seramikler, sahip oldukları estetik özellikleri ve biyouyumlulukları sayesinde günümüzde sıklıkla kullanılan restoratif malzemelerdir. Ancak, estetik kalitelerinin yüksek olması yanında yapıları, kırılma bir özellik göstermektedir. Gerilme dayanımları düşük olduğu için kuvvetlendirme gereksinimi gösterirler. Yüzeylerinde meydana gelen gerilme stresinin sınırlandırılması için; porselen, daha kuvvetli bir alt yapı ile desteklenmelidir.

Destek mekanizması olarak metal ya da kuvvetli bir alt yapı seramiği kullanılabilir. Bir diğer yöntem ise, porselenin tüm yapısının kuvvetlendirilmesidir. Günümüzde birçok farklı porselen sınıflaması bulunmasına rağmen en geçerli olan sınıflama şekli, porselenleri içeriklerine göre sınıflamış olan O'Brien'in sınıflamasıdır (4).

İçeriğine göre porselenler (4):

1. Metal destekli sistemler
2. Tam seramikler
  - a. Kuvvetlendirilmiş alt yapı seramikleri
    - i. Alumina
    - ii. Spinel enjeksiyon dökümü
    - iii. Magnesia
    - iv. Zirkonia
  - b. Feldspatik porselen
    - i. Losit oranı düşük
    - ii. Losit oranı yüksek
  - c. Dökülebilir cam seramikler
    - i. Mika içeren
    - ii. Losit içeren
    - iii. Lityum disilikat içeren

Bir diğer sınıflama ise, porselenin erime derecelerine göre olan sınıflamadır (14, 17, 27) :

1. Yüksek ısı porselenleri (1315-1370°C): Porselen dişlerde
2. Orta ısı porselenleri (1090-1260°C): Jaket kuronlarda
3. Düşük ısı porselenleri (870-1065°C): Metal destekli sistemlerde
4. Çok düşük ısı porselenleri (750-850°C): Jaket kuronlar, inley-onley ve hassas bağlantılı kuronlarda kullanılmaktadır.

### 2.1.3.1 Metal Destekli Seramik Sistemleri

Seramiklerin metal ile desteklenmesi ilk olarak 1927 yılında gerçekleşmiştir. Metal seramik sistemin güvenilir olması, sistemi kuron ve köprü protezleri için bir standart haline getirmiştir. Dünya çapında uygulanmakta olan bu teknoloji, kuvvetli bir materyal olan metali, estetik ihtiyaçları karşılayabildiği halde kırılğan bir yapıya sahip olan seramik ile birleştirerek, seramiğe mekanik dayanıklılık sağlamıştır. Bu sayede; seramiğin estetik, baskı dayanımı ve korozyona direnci gibi avantajları, metalin hassas uyum ve gerilme dayanımı gibi özellikleri ile birleşmiş ve klinikte uzun köprülerin kullanımına olanak vermiştir (38, 39).

Seramik vener ile metal alt yapı arasında kuvvetli bir bağ oluşturulması ile seramikte meydana gelebilecek kırılmalar en aza indirilebilmektedir (40). Bu kuvvetli bağ, metalin ısıl genişleme katsayısının, seramiğe oranla çok az miktarda yüksek olması ile sağlanmaktadır. Isıl genişleme katsayıları arasındaki bu farklılık, metal seramik ara yüzünde baskı stresleri oluşturarak, seramikte oluşabilecek mikro çatlakların başlaması ve yayılmasına karşı koymaktadır (29, 39).

Metal destekli seramik restorasyonların ağız içinde kuvvetlere karşı oldukça dirençli sistemler olmaları, klinikte oldukça yüksek başarı elde etmelerini sağlamıştır (29). Ancak; bu sistemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- Sistemde hem metal hem de seramik bulunduğu için, restorasyon belirli bir kalınlıkta olmak zorundadır. Bu nedenle, diş dokusundan kaldırılması gereken miktarın metal-seramik kalınlığını karşılayacak kadar olması gerekmektedir (29, 41, 42, 43, 44, 45, 46).
- Metal alaşımının içeriğine bağlı olarak dişetinde renklenme meydana gelebilmektedir.
- Doğal diş yapısına göre farklı olan metalin ışığı geçirmemesi, restorasyonun doğal dişe benzer olmasını zorlaştırmaktadır (42, 43, 44, 46, 47, 48).
- Soy olmayan metaller kullanıldığında, alerji potansiyeli ve korozyon riski söz konusudur (49).

Metal seramik sistemlerdeki en önemli eksiklik estetikten kaynaklanmaktadır. Özellikle anterior bölgede yapılacak olan restorasyonlarda estetik büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle, metal seramik sistemler üzerinde çok farklı araştırmalar yapılmıştır (43, 46, 50). 1960'lı yıllarda metal seramik sistemlerin anterior bölgede kullanılabilmesi için restorasyonun basamak kısmına porselen konulmuş, 70 ve 80'lerde bu teknik, basamak porseleninin piyasaya sürülmesi ile geliştirilmiştir (51, 52, 53). Ancak tüm bu gelişmeler, giderek artan estetik beklentiler karşısında yetersiz kaldığından tam seramik sistemler geliştirilmeye başlanmıştır.

### **2.1.3.2 Tam Seramik Sistemleri**

Metal destekli sistemlerde estetik alandaki gelişmeler, o anki ihtiyaçları karşılamış olsa da, metal alt yapının bütün olarak seramikten yapılmasının, estetik kaliteyi çok daha fazla arttıracığı düşünülmüştür. Ancak bu görüş; tümü ile seramik olarak imal edilen bir sistemde, metal seramik sistemleri kadar yüksek dayanıklılığın elde edilemeyeceği düşüncesini de beraberinde getirmiştir (38).

Tam seramik sistemleri, geliştirilmiş yüksek dayanıklılığa sahip bir alt yapı porseleninin kullanıldığı ya da porselenin tüm yapısının kuvvetlendirildiği sistemlerdir.

- Estetik olarak oldukça başarılı olmaları (42, 54),
- Biyouyumlulukları (42, 54),
- Homojen bir yapı göstermeleri (27, 42, 54),
- Optik olarak ışığı yansıtmaları ve alt yapının da seramik olması ile translusentlik derinliği yaratmaları (42, 47),
- Restorasyonun bitim sınırında metal görünümü olmadığı için, estetikten ödün verilmeden; bitim sınırının serbest dişeti sınırında ya da 0.5 mm altında belirlenebilmesi (55),
- Restorasyonun bitim sınırı estetik ihtiyaçlardan dolayı saklanma gereksinimi olmadığı için, metal seramik restorasyonlarda görülen, dişeti cebinin biyolojik olarak ihlal edilmesi ve iatrojenik periodontal hastalık oluşma riskinin ortadan kaldırılması (56),

- Restorasyonlarda metal seramik sistemlerdeki gibi overkontur riski olmaması (56),
- Kesim derinliği metal seramik sistemlerdeki kadar fazla olmayıp, yalnızca fasiyal yüzden yapılacak 1.2-1.7 mm'lik derinliğin yeterli olması (56),
- Isı iletkenliklerinin düşük olması nedeni ile daha az termal hassasiyet ve pulpal irritasyona sebep olmaları (29, 42, 56) gibi avantajlarından dolayı günümüzde tam seramik sistemleri, metal seramik sistemlerin yerine kullanılmaya başlamışlardır (42, 46, 54).

Kuvvetlendirme mekanizmalarına göre seramikler şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

## **1. Kuvvetlendirilmiş alt yapı seramikleri**

### **a. Alumina içeren seramikler**

Diş hekimliğinde tam seramik sistemlerin yaygınlaşması, 1972 yılında Southan ve Jorgensen tarafından keşfedilen “refraktör day” malzemesi ile başlamıştır. Bu malzeme revetmana benzer bir malzemedir. Hastadan alınan ölçünün laboratuarda dökülmesi ile elde edilen modelin silikon bir malzeme ile dublike edilmesi ile, elde edilen ölçünün içine refraktör day malzemesi dökülerek, bu kuvvetli ve fırınlanabilir malzeme sayesinde model doğrudan fırınlanabilir hale gelir. Dolayısıyla porselenin fırına taşınabilmesi amacı ile kullanılan platin folyo uygulamasına ihtiyaç kalmaz. Porselen hamuru doğruca refraktör day üzerinde şekillendirilir ve day üzerinde fırına verilir. Fırınlama sonrasında, day malzemesi kumlama işleminde restorasyonun iç yüzeyinden uzaklaştırılır ve hastadan alınmış ilk ölçüden elde edilmiş olan alçı model üzerinde uyumlanır. Bu alt yapı üzerine; mine ve dentin porselenleri uygulanarak tekrar fırınlanır ve restorasyon bitirilir (29).

Refraktör day malzemesi kullanılarak ilk geliştirilmiş olan teknik, **Hi-Ceram** tekniğidir. Teknikte, day malzemesi üzerine alumina porseleni uygulanır, sonrasında mine ve dentin porselenleri kor üzerine pişirilir. **Hi-Ceram** sisteminde kullanılan

porcelenin içeriğinde %75' e yakın alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bulunmaktadır. Bu nedenle kor materyali, geleneksel porcelenden %25 daha serttir. Refraktör day materyali ile, kor porceleni ve üzerine pişirilen porcelenin ısısal genişleme katsayılarının eşit olması, **Hi-Ceram** kor porcelenininin fırınlanmasına olanak verir, dolayısı ile porcelen, day üzerinde oluşturulabilir. **Hi-Ceram** tekniğinin bükülme direnci yaklaşık olarak 155 MPa olarak bildirilmektedir (29, 32, 41, 42).

1989 yılında, Mickael Sadoun ağırlıkça % 99.56 oranında saf alumina içeren bir sistem olan **In-Ceram** tekniğini geliştirmiştir. Bu sistemde de mine-dentin porcelenlerine desteği, alumina ile kuvvetlendirilmiş alt yapı porceleni sağlamaktadır (26, 29, 32, 57). Teknikte, çok ince granüllü Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri içeren toz, özel bir sıvı ile karıştırılır ve oluşturulan süspansiyon üzerine sürülür. Hızla sıvı kaybına uğrayan yapı iyice yoğunlaşır ve özel fırında 1120°C'de 10 saat boyunca fırınlanır. Fırınlama sonrasında ortaya çıkan poröz yapıya, çok ince cam (lanthanyum silikat) taneciklerinden oluşan malzeme sürülür. Bu işlem cam infiltrasyon işlemidir. Bu işlem sayesinde saydamlık ve direnç artırılır. İkinci fırınlamada, camın tüm poröz boşluklara kılcal hareketle akması sağlanır. Fazla cam kor materyali üzerinden kumlama ile uzaklaştırıldıktan sonra, üzerine yüzey porceleni kaplanarak restorasyon bitirilir (26, 29, 32, 58).

**In-Ceram** tekniğinde olduğu gibi, ağız içinde yüksek çiğneme kuvvetlerine maruz kalan dental porcelenin direncini arttırmak için kullanılan en yaygın metot, cam yapı içindeki kristallerin, yükü karşılama kapasitesini arttırmaktır. Yüksek dirence ve elastisiteye sahip porcelen kristalleri dental porcelenin cam fazı içine ilave edildiğinde, porcelenin direnç ve elastisitesi de artacaktır. Böylece kuvvet karşısında porcelenin iç yapısında oluşan çatlakların ilerlemesi durdurulacaktır (29, 32, 59).

**In-Ceram**, yaklaşık olarak 420–520 MPa bükülme direncine sahip bir tam seramik sistemidir. Buna göre, anterior bölgede yer alan üç üyeli köprülerde kullanılabilir ancak opak olması en büyük dezavantajdır (29, 42, 59).

### **b. Spinel enjeksiyon dökümü (Spinell injection molding)**

Alt yapı spinel enjeksiyon, özelleşmiş kristal yapıların enjeksiyonu ile gerçekleştirilen bir kuvvetlendirilmiş alt yapı seramik şekillendirme metodudur. 1983 yılında Sozia ve Riley tarafından geliştirilen **Cerestore**, % 65-70  $Al_2O_3$  ve % 8-10 MgO ( $MgAl_2O_3$ ) içeren ve alt yapı olarak kullanılan bir sistemdir. Geleneksel porselen jaket kuronlarda porselenin fırınlama sırasındaki büzülmesini engellemek amacı ile üretilen **Cerestore**, refraktör day yerine epoksi rezin day üzerinde fırınlanan ve düşük büzülme gösteren bir sistemdir. Özel fırınında, uzun bir süre ısı uygulaması sonucu alumina ve magnezyum oksit in reaksiyonu, magnezyumaluminat spinel kristallerini oluşturur. Bu reaksiyonda, pişirme sırasında oluşan fırınlama büzülmesini önleyen bir hacim artışı meydana gelir. Bu alt yapı üzerine, geleneksel porselen pişirilerek restorasyon bitirilir (29, 32, 60, 61, 62).

Spinel enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı bir diğer sistem ise, **In-Ceram Spinell** sistemidir. Magnezyum oksit ve alumina oksit in eşit oranlarda kullanıldığı sistemde, 1600°C üzerinde birleşen yapılar spinel formunu oluşturur. Fırınlama sırasında meydana gelen hacim artışı büzülmeyi engeller. Daha çok estetik kaliteyi arttırma amaçlı planlanan sistemin bükülme direnci 90–130 MPa arasında olduğundan alumina içeriği yüksek olan sistemler kadar dayanıklılık gösterememiştir (29, 60, 61, 62).

### **c. Magnezya içeren seramikler**

Alt yapı kuvvetlendirme mekanizmalarından bir diğeri de magnezya dır. Cam matriks içerisinde %40 ile %60 arasında değışen oranda magnezya bulunan materyal, yüksek genleşme katsayısına sahiptir. Materyalin dayanıklılığı, cam matriks içindeki magnezya kristallerinin sayısı ve kristalizasyonuna bağılıdır (4).

### **d. Zirkonya içeren seramikler**

İlk kez 1789 yılında Martin Heinrich Klaproth tarafından elde edilen zirkonyum metali, üstün mekanik özellikleri ve biyouyumluluğı sayesinde ortopedide kullanılmaya başlanmıştır. Diş hekimliğinde zirkonyum, ilk olarak 1970’li yıllarda ortodontik braket,



endodontik post ve implant abutmeni olarak kullanılmaya başlanmıştır. Protetik diş hekimliğinde ise, tam seramik kuron ve köprülerde alt yapı materyali olarak kullanılmaktadır (63).

Zirkonya, cam faz içermeyen tam ve yarı sinterlenmiş polikristalin bir yapıya sahiptir. “Sertleştirme mekanizması” adı verilen bir mekanizma sayesinde kırılma ve bükülme dayanımı oldukça yüksektir. Sertleşme mekanizması; zirkonyaya aşındırma, soğutma ya da darbe etkisi gibi dış mekanik kuvvetler uygulandığında, kristallerinin tetragonal fazdan monoklinik faza dönüşerek meydana getirdiği, kafes şeklinde bir organizasyondur. Kristallerin bu organizasyonu, çatlak ilerlemesini durdurarak yapının güçlenmesini sağlar. Sertleşme mekanizması, ayrıca baskı kuvvetleri meydana getirerek, yapıda %4’ lük bir hacim artışına sebep olur. Hacim artışı ise, yığının tümünün sıkışarak çatlak ilerlemesini durdurmasını sağlar. Zirkonyanın, monoklinik fazdan tetragonal faza bu dönüşümüne “martensitik transformasyon” da denilmektedir (63, 64, 65, 66).

Zirkonya; aluminadan iki kat, cam seramik sistemlerden 5-10 kat daha sert ve dayanıklı bir materyaldir ve bu nedenle posterior bölgede çok üyeli köprü yapımında kullanılabilir. Materyalin dezavantajı opasitesidir. Bu nedenle anterior bölgede kullanımı estetik sorunlar meydana getirebilir. Estetik sorunları çözebilmek amacı ile feldspatik porselen ya da özel olarak üretilmiş seramiklerle veneerlenmektedir (64, 67).

**In-Ceram** sisteminden sonra, yapıya zirkonya ilavesi ile, dayanıklılığın artırıldığı **In-Ceram Zirconia** sistemi geliştirilmiştir. Bu materyal, kuvvetlendirilmiş seramiklere oranla daha dayanıklı ancak opak bir materyaldir (24, 59).

Zirkonyum materyali, **Zirkonzahn** sisteminde mekanik olarak üretilmekte, **DC Zirkon** (DCS Dental AG, Switserland), **Cercon** (Dentsply), **Procera AllZirkon** (NobelBiocare), **Lava** (3M ESPE) gibi sistemlerde ise, CAD/CAM sistemi ile üretilmektedir (68).

## 2. Feldspatik Porselen

Feldspar, porselenin yapısında %75-85 oranında bulunmaktadır. 1150–1530°C arasında ısıya maruz kaldığında veya yapısındaki 6 SiO<sub>2</sub> bağı değiştirilerek 4 SiO<sub>2</sub> bağı

kullanıldığında yeni bir kristal yapı meydana gelir. Bu yapıya l s t kristali adı verilir. L s t kristalleri yapının ısıs l genleşme katsayısı ve dayanıklılığını etkiler. Feldspatik seramiklerin dirençleri 45–90 MPa arasında iken, l s t içeriği arttıkça dayanıklılık da artmaktadır. Klasik metal seramiklerde kullanılan **Vita-VMK** porseleninde %19.3, **Optec HSP** kristalin l s t sisteminde %50.6, ve **Ceramco II** sisteminde ise %21.5 oranında l s t bulunmaktadır (24, 29, 32).

### 3. Dökülebilir – preslenebilir cam seramikler

Cam seramik materyali, istenilen Şekle cam olarak getirildikten sonra ısı uygulaması ve camın kontrollü olarak kristalizasyonu ile meydana gelir. Bu camlaşma reaksiyonu sırasında, sıvı halden katı hale geçerken meydana gelen kristalin partiküller, bir dış kuvvet uygulandığında çatlak oluşumunu engelleyerek materyalin daha dayanıklı olmasını sağlar. Cam seramikler homojen bir yapı gösterirler (3).

Jones’a göre ilk defa 1923’te Wain tarafından ortaya atılan porselenin döküm tekniği, 1968 yılında MacMulloch ile geliştirilmiştir. MacMulloch, protez dişlerinin, kuronların ve inleylerin cam seramiklerden yapılabilceğini önermiŐtir. Bir çok farklı tipte cam seramik mevcuttur (3, 27, 32, 70).

#### a. Mika içeren cam seramikler

Mika kristalleri içeren ilk sistem **Dicor** sistemidir. Bu sistem McLean’a göre, 1983 yılında Grossman tarafından geliştirilmiştir. Dicor, %45 cam ve %55 tetrasiklik-flormika kristalleri içeren dökülebilir cam seramik sistemidir. Cam fazında ingotlar halinde bulunan flor içerikli tetrasiklik mika materyali, model üzerinde elde edilen modelajın tamamlanıp, revetmanda mum uçurma işlemi sonrasında dökülerek, kontrollü ısı uygulaması ile kısmen kristalin faza dönüŐtürülmesi sonucu meydana gelir. Kontrollü ısı uygulaması “ceramming”, 1075°C’de 6 saat sürer. Bu sırada döküm gövdesinde, mika kristallerinin çekirdekleŐmesi ve birbirine kilitlenmesi ile, dallanmalar, sapmalar ve k relmeler meydana gelir. Tüm bu mekanizma sayesinde sistemin dayanıklılığı artar (4, 27, 29, 42, 54).

Sistem iki şekilde bitirilebilir (1, 71, 72):

- Boyama tekniği (staining): Restorasyon glazür esnasında boyanarak yüzey karakterizasyonu verilir.
- Tabakalama tekniği (layering): Restorasyonda dentin ve mine porseleni için yer açılarak üzerine mine-dentin porseleni pişirilir.

Dicor sisteminin dezavantajı ileri derecede ışık geçirgen olmasıdır. Bu nedenle renk maskelenmesi ihtiyacını gösteren vakalar, diestema kapatılması veya kırık dişlerin restorasyonu gibi desteksiz porselenin fazla olduğu durumlarda yeterli opasiteyi gösteremez. Yaklaşık 153 MPa bükülme direncine sahiptir. Sistem anterior ve posterior bölgede tek kuron restorasyonlarında kullanılmaktadır (29, 32, 41). Yapılan çalışmalar, içerisine zirkonyum oksit ve alüminyum oksit ilave edilen cam seramiklerin esneme ve kırılma direncinde artış olduğunu göstermektedir (73).

#### **b. Lösit içeren cam seramikler**

Lösit içeren sinterlenmiş seramikler 1980'lerden beri diş hekimliğinde kullanılmaktadır (54). Bu materyaller, kontrolsüz kristalizasyon ile üretilen porselen türevleridir. Temel olarak metal alt yapıların üzerine seramik tabakalandırılmasında kullanılmışlardır (74).

Lösit kristalin fazı ile üretilen ilk cam seramik **IPS Empress**'tir. 1990 yılında Wohlwend tarafından temel yapısı açıklanan sistem, kristalin lösit fazı ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ) içerir. Kontrollü yüzey kristalizasyon mekanizması ile, cam seramik matriks içinde yaklaşık  $1\mu\text{m}$ 'lik kristaller üretilmektedir. Empress materyalinin içeriği; %63  $\text{SiO}_2$ , %17,7  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %11,2  $\text{K}_2\text{O}$ , %4,6  $\text{Na}_2\text{O}$ , %1,6  $\text{CaO}$ , %0,7  $\text{BaO}$ , %0,6  $\text{B}_2\text{O}_3$  ve %0,2  $\text{TiO}$ 'ten oluşmaktadır (32, 74).

Empress sisteminde, lösitle kuvvetlendirilmiş porselen çekirdekleri elde etmek üzere, öncelikli olarak esas cam yapı eritilir. Kristalizasyon ve çekirdekleşme için sıcaklık uygulandıktan sonra öğütülür. Toz halindeki yapıya, stabilize edici kimyasal katkı maddeleri, floresan bileşikler ve skalalardaki renkleri sağlayacak ölçüde boyalar katılır. Daha sonra çekirdekler şeklinde preslenip yaklaşık  $1200^\circ\text{C}$ 'de fırınlanarak

kullanıma hazır hale getirilir. Laboratuarda elde edilmiş model üzerinde hazırlanan mum modelaj, özel revetmanı kullanılarak revetmana alınır. Kendi özel fırınında mum uçurulduktan sonra elde edilen boşluğa vakum altında yüksek ısıda seramik ingotlar preslenir (1, 32, 72, 75, 76, 77).

Lösitle güçlendirilmiş porselen sistemlerinde, kontrollü yüzey kristalizasyonu söz konusudur. Kontrollü yüzey kristalizasyonunda kristaller, cam partiküllerinin yüzeyinden merkezine doğru büyüme gösterir. Temel yapıyı oluşturan camdaki kristalizasyon ve çekirdekleşmenin ilk safhası, cam tozlarının gren sınırları içinde başlar. Kısa bir ısı uygulaması sonrasında küçük lösit kristalleri meydana gelişir. Kristaller, kristalizasyon merkezinden başlayarak çiçek yaprağı şeklinde büyümeye başlar. 1200°C'lik ısı uygulaması ile kristaller gelişmeye devam eder (3, 32, 76).

Restorasyon iki farklı şekilde bitirilebilir. İlki boyama tekniğidir. Bu teknikte, yarı şeffaf olarak hazırlanan çekirdekler 1050-1180°C' de özel fırınlarında preslenir. Bu şekilde elde edilen kuron, estetiğe ve istenilen renge göre boyanarak, glaze işlemi ile bitirilir. Diğer bitirme tekniği olan tabakalama tekniğinde ise, presleme sonrasında elde edilen yapı aşındırılarak üzerine uygun venter seramik materyali uygulanarak pişirilir (27, 60, 76, 77).

Empress sisteminin estetik kalitesi oldukça yüksektir. Işık geçirgenliği ve aşınma katsayısı mineye oldukça yakındır. Bükülme dayanımı 120-160 MPa arasında değişmektedir. Sistem tüm dişlerde tek kuron, inley, onley ve laminate venter yapımı için uygundur (32, 76, 78).

2004 yılında Ivoclar Vivadent, **Empress Esthetic** adlı yeni bir sistemi piyasaya sunmuştur. Bu sistem, Empress sistemi gibi lösitle kuvvetlendirilmiş preslenebilir cam seramik materyalidir. Empress sistemine göre daha homojen bir yapıya sahiptir. İçeriğindeki kristallerin partikül boyutlarının daha küçük olması estetiği arttırmıştır, yapılan çalışmalar Empress'e göre daha yüksek bükülme direnci gösterdiğini söylemektedir (79).

**Finesse** (Ceramco), **Cergo** (Degussa) ve **Evopress** (Wegold), Empress sistemine benzer olarak üretilmiş preslenebilir cam seramik sistemleridir.

### c. Lityum disilikat içeren cam seramikler

1950'li yıllarda Stookey tarafından tanımlanan ilk cam seramik, kimyasal dayanıklılığı zayıf olması nedeni ile Beall ve Echeverria tarafından geliştirilmiştir (1). 1998 yılında geliştirilen **IPS Empress II** (Ivoclar, Liechtenstein)'nin içeriği; yaklaşık %60 oranında lityum disilikattan ( $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O}$ ) meydana gelmektedir. Sistemin esası mum uçurma ve sıcak presleme işlemlerine dayanmaktadır. Seçilen renkteki cam seramik ingot  $920^\circ\text{C}$ 'de yumuşatılarak basınç altında revetmana preslenir. Lityum disilikat cam seramiğin kontrollü kristalizasyonu ile üretilen Empress II sisteminin bükülme direnci  $339\pm 20$  MPa' dır. Empress sistemine göre yaklaşık 2-3 kat fazla bükülme direnci artışı, materyalin içeriğindeki kristal oranının fazla olmasından kaynaklanmaktadır (36, 68, 74, 78, 80).

Empress II sistemi ağırlık olarak; %57-80  $\text{SiO}_2$ , %11-19  $\text{Li}_2\text{O}$ , %0-13  $\text{K}_2\text{O}$ , %0-11  $\text{P}_2\text{O}_5$ , %0-8  $\text{ZnO}$ , %0-5  $\text{MgO}$ , %0.1-6  $\text{La}_2\text{O}_3$ , %0-5  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve %0-8 pigmentler içerir (80, 81, 82).  $1400\text{--}1600^\circ\text{C}$ 'de ana cam yapı eritilerek suya dökülür ve daha sonra ince toz haline getirilir. Elenmiş toz partiküller, 13 mm çap ve 12 ile 24 mm yüksekliğe sahip silindirler oluşturacak şekilde preslenir. Silindirler  $850\text{--}900^\circ\text{C}$ 'de vakum altında sinterlenir. Sinterleme işlemi silindirlerin kristalizasyonunu da sağlar. Bu şekilde, preslenme işlemine hazır cam seramik ingotlar hazırlanmış olur. Hastadan alınan ölçü ve üzerine şekillendirilen mum modelajın revetmana alınması ve mum uçurulması sonrasında, IPS Empress II seramik ingotlar, ısı ile presleme yapan özel fırında (EP 600, Ivoclar Vivadent)  $920^\circ\text{C}$ 'de revetmanın içerisine 20 bar basınç altında preslenir. Seramik, fırın içinde akışkan hale gelir ve revetman içindeki negatif boşluğa akar. Presleme, boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak 5 ila 20 dakika arasında tamamlanır. Fırından çıkartıldıktan sonra revetman soğumaya bırakılır. Daha sonra 2 bar basınç altında alüminyum oksit tanecikleri ile kuşlama yapılarak revetman uzaklaştırılır (81, 82).

Empress II sisteminde restorasyonun bitimi, Empress'ten farklı olarak yalnızca tabakalama tekniği ile gerçekleştirilir. Alt yapı, fluoroapatit bazlı bir veneleme porseleni (**IPS Eris**, Ivoclar Vivadent) ile kaplanarak, ışık geçirgenliğine olanak veren yarı translüsent bir restorasyon elde edilir (55, 82, 83)

IPS Empress sistemi, tek kuronlar, inley-onley ve venerlerde kullanılmaktadır. Empress 2'nin geliştirilmiş yapısı ve Empress'e göre yüksek bükülme direnci sayesinde, yalnızca tek üye restorasyonlarda değil, aynı zamanda ikinci premolara kadar olan anterior köprüler için de kullanılabilir (81, 84, 85).

Ivoclar Vivadent firması, IPS Empress II sisteminden sonra, 2005 yılında, güçlendirilmiş preslenebilir cam seramik matertali olan **IPS e.max Press** sistemini piyasaya sürmüştür. Sistemin içeriği, Empress II sistemi gibi lityum disilikattan oluşmasına rağmen, farklı fırınlama tekniği sayesinde, fiziksel özellikleri ve estetiği artırılmış bir materyaldir (35, 68). Materyalin içeriğini, cam matriks içerisine gömülmüş yaklaşık %70 oranında lityum disilikat ( $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ) kristalleri oluşturur. Ana kristal faz olan lityum disilikat iğne şeklinde kristallerden meydana gelir. Kristallerin çapları 3 ila 6  $\mu\text{m}$  uzunluğundadır. IPS e.max Press seramik ingotları içeriğinde ağırlıkça; %57–80  $\text{SiO}_2$ , % 11–19  $\text{Li}_2\text{O}$ , %0–13  $\text{K}_2\text{O}$ , %0–11  $\text{P}_2\text{O}_5$ , %0–8  $\text{ZrO}_2$ , %0–8  $\text{ZnO}$  ve %0-10 diğer oksitler ve seramik pigmentleri bulunmaktadır. Seramik ingotlarda renklendirme, diş hekiminin ihtiyaçlarına göre tasarlanmış, farklı endikasyonlarda kullanılmak üzere, farklı opasitelerde ingotlar sunulmuştur. Genel olarak, **MO (Medium opacity)** orta derecede opaklık gösteren ingotlar, özel olarak geliştirilmiş **IPS e.max Ceram** venerleme porseleni ile estetik olarak venerlenmektedir. MO ingotların 1 ila 4 arasında değişen renkleri mevcuttur. Ayrıca, MO 0 “Bleach shade” çok açık renk dişlere hitap etmektedir. İstenilen rengin elde edilebilmesi için cam içinde çözünen polivalent iyonlar kullanılmıştır. İyon bazlı bir renklendirme mekanizmasının avantajı, renk salan iyonların materyalin tek bir fazına eşit olarak yayılabilmesidir. Sistemde kullanılan diğer bir ingot tipi **LT (Low translucency)** ingotlardır. Bu tip ingotlar, kısmen preslenmiş restorasyonların “cut-back” tekniği kullanılarak IPS e.max Ceram ile venerlenmesi ile kullanılan ingotlardır. Cut-back tekniği ile özellikle anterior bölgedeki kuronların estetik özellikleri geliştirilmektedir. A-D skala renklerinde ve dört adet daha beyaz (Bleach Shade- BS) şeklinde bulunmaktadır. Cam matriks ile uyumlu özel renk pigmentleri eklenerek istenilen ingot rengine ulaşılmaktadır. Bu şekilde elde edilen restorasyonlarda yüksek parlaklık ve düşük kroma elde edilmektedir. LT ingotları ile doğal bir florasan ve hafif opaklık kazanan restorasyon kenarlarına hafif taper verilerek daha canlı bir görünüme kavuşmaktadır. Son ingot tipi olan **HO (Highly Opaque)**

ingotlar ise, özellikle renkleşme göstermiş dişlerin saklanması için dizayn edilmiştir (35).

ISO 6872 Dental seramik ve ISO 9693 Metal-seramik dental restoratif sistem standartlarına uygun olarak üretilmiş olan IPS e.maz Press sistemi;  $400\pm 40$  MPa bükülme direnci,  $95\pm 5$  GPa elastisite modülü ve 5.5 GPa sertlik değerlerini göstermektedir (35). Albakry ve ark. (36)' nın yaptıkları bir çalışmada, IPS e.max Press'in biaksiyel bükülme direnci, Empress I ve II'den daha yüksek bulunmuştur. Ludwig ve ark. (37)' nin yaptıkları bir çalışma sonucuna göre; IPS e.max Press'in anterior köprülerdeki dayanıklılığı, Empress I ve II sistemlerine göre daha yüksektir Edelhoff ve ark. (86, 87).' nin yaptığı iki farklı çalışmada, IPS e.max Press sisteminin ışık geçirgenliği incelenmiştir. Sonuçta, tüm In-Ceram sistemleri, IPS Empress II, LAVA ve alumina seramiklerine göre daha yüksek translusentlik değerleri elde edilmiştir.

## 2.2 DENTAL SİMANLAR

Dental simanlar, sabit protezler ile destek diş arasındaki boşluğu dolduran sistemlerdir. Kesilerek hazırlanmış bir diş ile restorasyonu bir arada tutan bu mekanizmalar destek dişe farklı şekilde bağlanma gösterirler (27):

### 1. Mikromekanik bağlanma:

Mikromekanik bağlanma, girintilere sahip yüzeylerde söz konusudur. Bu tip bağlanma için oluşturulması gereken mine yüzey karakterizasyonu, fosforik asit solüsyonları veya jelleri ile, seramik üzerinde, hidröflorik asit ile, metallerde elektrolitik veya kimyasal asitleme ve kumlama ile oluşturulabilir.

### 2. Moleküler adezyon:

Moleküler adezyon, iki farklı madde arasında, bipolar bağlar, Van der Waals bağları ya da kimyasal bağlar (iyonik-kovalent) ile fiziksel çekim oluşması esasına dayanır (27).

Günümüzde birçok farklı restoratif sistemler geliştirilmektedir. Bu sistemlerin klinikte uygulamaları için ise, değişik simantasyon ajanları ile çalışmalar yapılmaktadır.

Özellikle tam seramik sistemlerin geliştirilmeleri ve yeni teknolojiler sayesinde rezin simanların kullanımları artmış ve yeni standartlar uygulanmaya başlamıştır (ISO). Belirlenen standartların kriterleri ise; yeni materyallerin bileşimlerine göre değil, performanslarına göre değerlendirilmektedir (3).

Sabit restorasyonların simantasyonunda kullanılan dental simanlar belirli özelliklere sahip olmalıdır. Öncelikle simantasyon ajanı ağız içi koşullarında çözünmeyecek kadar dayanıklı olmalıdır. Simanlar ayrıca, mekanik bağlanma ya da kimyasal adezyon mekanizmaları ile yeterli bağlanma sağlayabilmelidir. Yüksek baskı, gerilme direnci ile ve kopma dayanımına sahip olmalı ve restorasyon-diş ara yüzündeki streslere karşı dirençli olabilmelidir. Ayrıca, yeterli çalışma ve sertleşme zamanına sahip olması yanında, materyal biyolojik olarak da uyumlu olmalıdır (3, 88, 89).

Diş hekimliğinde simantasyon amacı ile kullanılabilen bir çok ajan vardır. İçeriklerine göre simanlar Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1:** Simantasyon ajanlarının bağlanma şekilleri ve formülasyonları

<b>Tip</b>	<b>Siman</b>	<b>Formülasyon</b>
<b>Fosfat</b>	Çinkofosfat	Çinko-fosfat Çinko-fosfat-florit Çinko-fosfat bakır oksit tuzları Çinko-fosfat gümüş tuzları
	Çinkosilikofosfat	Çinko-silikofosfat Çinko-silikofosfat civa tuzları
<b>Fenolat</b>	Çinkooksit-öjenol	Çinkooksit-öjenol Çinkooksit-öjenol polimer Çinkooksit-öjenol EBA/alumina
	Kalsiyum hidroksit salisilat	Kalsiyum hidroksit salisilat
<b>Polikarboksilat</b>	Çinkopolikarboksilat	Çinkopolikarboksilat Çinkopolikarboksilat florit
	Cam İyonomer	Kalsiyum alüminum polialkenoat Kalsiyum alüminum polialkenoat- polimetakrilat
<b>Polimer bazlı Rezın</b>	Akrilik	Poly (Metil metakrilat)
	Dimetakrilat	Dimetakrilat dolgulu Dimetakrilat dolgusuz
	Adeziv	4-META
<b>Hibrid İyonomer</b>	Rezın mod. Cam İyonomer	Dual-cure / Self-cure



### **2.2.1 Çinkofosfat Siman**

İlk kez 1878 yılında kullanılmaya başlanan çinkofosfat siman, bilinen en eski ve en uzun yıllardır kullanılan simandır. 96-119 MPa arasında yüksek baskı dayanımına sahiptir. Yüksek baskı dayanımı yanında elastik modülünün düşük olması, sert ve kırılğan olmasına sebep olur. Yükler altında plastik deformasyona uğramadan kırılır. Suda çözünürlüğünün fazla olması ve diş dokusuna kimyasal olarak değil yalnızca mekanik adezyon ile bağlanması dezavantajları arasındadır. Anahtar-kilit sistemi şeklindeki girinti ve çıkıntılar sayesinde mekanik bağlanma gerçekleşir. Tozunda, %90.2 çinko oksit ve %8.2 magnezyum oksit ile az oranda pigmentler, likidinde ise %37'lik fosforik asit, %2-3 alüminyum ve %0-9 çinko bulunmaktadır. Alüminyum, siman oluşturma reaksiyonu için, çinko ise toz-likit reaksiyonunu ayarlayarak yeterli çalışma zamanı kazandırmak amacı ile eklenmektedir. Çinko oksit tozu, likit içerisinde çinko fosfat oluşturarak kısmen çözünür. Likidi içerisindeki fosforik asidin kuvvetli bir asit olması ve dentinal tübüllerde meydana gelen ozmotik hareketin, pulpal irritasyon ve post operatif hassasiyetin kaynağı olduğu bilinmektedir. Karıştırma sırasında pH 1-2 seviyesinde seyrederken, simantasyon sırasında, pH 3.5 değerine ulaşılır. 24 saat sonrasında bile pH 6-7 arasında değişmektedir. (3, 22, 27, 88, 89, 90, 91).

### **2.2.2 Polikarboksilat Siman**

Polikarboksilat simanlar ilk olarak 1960'lı yıllarda adeziv dental simanlar olarak piyasaya sürülmüştür. Fosfat bazlı sistemlerin kuvvet mekanizmasına ve çinko oksit öjenol sistemlerinin biyolojik özelliklerine sahip materyallerdir. Polikarboksilat simanın gerilme dayanımı çinkofosfat simana göre daha yüksek olmasına rağmen, ilk 24 saat içindeki baskı dayanımı daha düşüktür. Plastik deformasyona daha yatkındır. Suda çözünürlüğü fazla olmasına rağmen en önemli özelliği mine ve dentine kimyasal olarak bağlanabilen ilk siman olmasıdır. Tozunda çinko oksit ve magnezyum oksit likidinde ise, %40'lık sulandırılmış poliakrilik asit veya itakonik asit gibi organik asitlerle kopolimerize olan akrilik asit bulunur. Poliakrilik asidin fosforik aside göre daha zayıf bir asit olması, poliakrilik asit molekül büyüklüğünün fazla olması ve dentinal tübüllerdeki sıvının minimal hareketinden dolayı biyouyumludur. Bu nedenle vital dişlerde kullanımı daha uygundur (3, 22, 27, 88, 89, 90, 91).

### 2.2.3 Cam İyonomer Siman

1970'li yıllarda geliştirilen sistem, silikat ve poliakrilat sistemlerini bir araya getirmiştir. Poliakrilik asit solüsyonu ile asite reaktif cam tozlarının beraber kullanılması, daha translusent ve daha kuvvetli bir siman meydana getirmiştir. Tozunda ağırlıkça %10-16 oranında flor iyonları bulunan ve çapı 25 µm'den daha küçük kalsiyum aluminosilikat cam partikülleri, likitinde ise; %50 sulandırılmış poliakrilik-itakonik asit solüsyonu veya %5 tartarik asit içeren polikarboksilik asit kopolimerleri bulunur. Baskı dayanımı 24 saat içinde, 90'dan 140 MPa'a kadar artar. Gerilme dayanımı ise benzer şekilde 6-8 MPa arasında seyrederek ve oldukça yüksektir. Sert ve kırılıgandır. Polikarboksilat simana benzer şekilde diş bağlanır. Diş dokusundaki kalsiyum iyonları ile birleşerek mine ve dentinle kimyasal bağlantı yapar. Sertleşme esnasında bakteriostatiktir. Çinkofosfat ve polikarboksilat simanlara göre suda daha az çözünür. Ayrıca tozunda bulunan flor iyonlarının salınımı da söz konusudur. Cam iyonomer simanların içine konuldukları solüsyonlar ile iyon değişimi yaptıkları gösterilmiştir (92). En büyük dezavantajı erken dönemde neme hassas olmasıdır. Sertleşme sırasındaki pH'sı, çinkofosfat simanın pH'sından daha düşük olduğundan bazı vakalarda simantasyon sonrası hipersensitivite görülmüştür. Erken dönemdeki nem, siman yapısını zayıflattığı için, simantasyon sırasında kuron kenarlarının izole edilmesi önerilmektedir (3, 22, 27, 88, 91).

### 2.2.4 Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman ve Poliasit Modifiye Kompozit Siman

Son yıllarda diş hekimliğinde, kompozit rezin ve geleneksel cam iyonomer komponentlerini kapsayan hibrid restoratif materyaller piyasaya sürülmüştür. Hibrid materyaller, resin modifiye cam iyonomer simanları ve poliasit modifiye kompozit simanları (kompomer) içermektedir. Geleneksel simanların nem hassasiyeti ve aşınma direncinin ve dayanıklılığın yetersiz olması problemlerini çözmek için geliştirilmiş simanlardır. Aynı zamanda sertleşmenin kontrol edilmesi, diş yapılarına adezyon ile bağlanabilme, flor salınımı ve estetik gibi klinik avantajları da bulunmaktadır.

Cam iyonomer simanların, mine ve dentine adezyonları, flor iyonu salmalarına bağlı kariostatik olmaları gibi olumlu özelliklere sahip olmalarına karşın, erken dönemdeki nem hassasiyetleri, aşınmaya karşı dirençlerinin yeterli olmaması gibi nedenlerle kullanımları sınırlıdır. Bu sebeplerle cam iyonomer simanların fiziksel özelliklerinin geliştirilmesine çalışılmış ve resin modifiye cam iyonomer simanlar ve poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomerler) geliştirilmiştir. Materyaller arasındaki farklılıklar sertleşme reaksiyonlarıyla ortaya çıkmaktadır. Resin modifiye cam iyonomer simanlar ve kompomerler de cam iyonomerler gibi flor iyonu salarak kariostatik etki gösterirler. Resin modifiye cam iyonomer simanlardan salınan flor iyon miktarı geleneksel cam iyonomerlere benzerlik gösterir, ancak kompomerlerden salınan flor iyon düzeyi daha düşüktür (3, 22, 27, 91).

Cam iyonomer simanların mekanik özelliklerini arttırmak amacı ile likitine metil metakrilat monomeri (HEMA) katılarak geliştirilen resin modifiye cam iyonomerler ilk kez 1992 yılında piyasaya sürülmüştür. Mekanik dayanımı cam iyonomerlere göre daha fazladır ve daha kuvvetli bağlanma değerleri gösterirler. Flor salınımı yaparlar. Ayrıca suda çözünürlükleri daha azdır. Yapılan çalışmalarda, erken dönemde nem hassasiyetlerinin de oldukça azaltıldığını göstermektedir (93). Bağlanma sistemleri cam iyonomer simanlar gibi kimyasal bağlanmadır ancak sertleşme mekanizmaları hem polimerizasyon hem de asit-baz reaksiyonu şeklinde gerçekleşir (3, 22, 91).

Resin modifiye simanlardan kısa bir süre sonra 1996 yılında, poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomerler) piyasaya sunulmuştur. Kompozit ve cam iyonomerlerin olumlu özelliklerinin birleştirildiği sistemler olarak önerilmiştir. Tozunun içeriğinde fluroaluminasilikat cam bulunan kompomerlerin likidinde ise poliakrilik asit ve dimetakrilat monomerleri vardır. Polimerizasyon ile sertleşirler, sert dokulara kimyasal bağlanma özellikleri yoktur (3, 22, 91).

### **2.2.5 Resin (Polimer Bazlı) Siman**

Estetik diş hekimliğinde, indirekt restorasyonlarda özellikle tam seramik sistemlerin popülerlik kazanması ile beraber, polimer esaslı simanların kullanımı gittikçe yaygınlaşmaya başlamıştır. Polimer esaslı olan resin simanlar, kimyasal

yapıları, sertleşme mekanizmaları, renk seçenekleri ve maniplasyonları açısından diğer simantasyon ajanlarından farklılık göstermektedirler. Rezin simanların sertleşme mekanizması polimerizasyon esasına dayanmaktadır. Makromoleküler zincirlerin kovalent çapraz bağlar ile bağlanması, polimerize olmuş rezinin dayanımını arttırmaktadır. Rezin simanların sahip olduğu bu ağ yapısı, dişe gelen stresleri azaltarak daha konservatif olarak çalışılmasını yani diş kesiminde olabildiğince az madde kaldırılmasını mümkün kılmaktadır (3, 22, 27).

Rezin simanlar 1950'li yılların başlarında piyasaya sürülmüştür. Ancak ilk sistemlerdeki doldurucu oranının düşük olması, polimerizasyon büzülmesinin yüksek olmasına sebep olmuştur. İlk rezin simanlar ayrıca sızıntı problemi de göstermiştir. 1970'li yıllara kadar geliştirilen rezin simanlar, bu yıllarda tek ve/veya çok üyeli restorasyonların simantasyonunda kullanılmaya başlanmıştır. Simantasyon amacı ile kullanılan rezinlerin, restoratif rezinlerden farkı, daha az doldurucu içermeleri ve daha akışkan olmalarıdır. Rezin simanların dentin bonding ajanları ile beraber uygulanması, pulpa irritasyonunu azaltarak çok daha yaygın olarak kullanılmalarına sebep olmuştur (3, 22, 27).

Rezin simanlar içeriklerine göre üç başlık altında incelenebilir (62):

#### **a. Akrilik rezin simanlar**

1952 yılından beri piyasada olan akrilik esaslı rezin simanlar, kuronlar, inleyler, geçici restorasyonlar ve apareylerin simantasyonunda kullanılmaktadırlar. İçeriğine bakıldığında; tozu, metil metakrilat polimerleri veya reaksiyon başlatıcı olarak görev yapan benzoil peroksit içeren kopolimerler, mineral doldurucular ve pigmentlerden meydana gelir. Likitinde ise, amin esaslı hızlandırıcılar içeren metil metakrilat monomerleri bulunmaktadır. Monomerlerin çözünmesi, polimer partiküllerini yumuşatarak, peroksit ile amin etkileşiminden meydana gelen serbest radikallerin hareketleri ile eş zamanlı olarak polimerizasyonu meydana getirmektedir. Polimerizasyon sonucu sertleşen kitle, çözünmemiş ancak şişmiş orijinal polimer granüllerinin yeni polimer matriks ile birleşiminden meydana gelmektedir.

Soğuk akrilik rezin dolgu materyallerine benzer özellikler gösteren akrilik rezin simanlar, diğer simanlara göre daha az çözünen ancak sertliği ve viskoelastik özellikleri düşük olan materyallerdir. Nem varlığında diş dokusuna etkili bağlantı sağlayamazlar. Bu nedenle marjinal sızıntı riski söz konusudur. Diğer akrilik dolgu materyalleri gibi, pulpa irritasyonu meydana getirme riskleri olduğu için pulpanın korunması oldukça önemlidir.

Konvansiyonel simanlarla karşılaştırıldıklarında, göreceli olarak yüksek dayanım ve sertlik dereceleri göstermeleri, ağız sıvılarındaki çözünmelerinin az olması gibi avantajları yanında, çalışma sürelerinin kısa olması, pulpa dokusunda hassasiyet meydana getirmeleri ve fazla simanın restorasyon kenarından temizlenmesindeki zorluklar gibi dezavantajları da bulunmaktadır (3, 22, 27).

#### **b. Adeziv resin simanlar**

Akrilik rezin simanların modifiye edilmiş şekli olan adeziv resin simanların bileşimi; düzenleyici bir madde olan 4-metiloksi etil trimelitik anhidrid (4-META) ve ek polimerizasyon başlatıcısı ve dentine kimyasal bağlanmayı sağladığı düşünülen tribütil boron maddelerinin metil metakrilat monomerine eklenmesi ile oluşur. Bu tip simanlar daha çok soy olmayan metallerin alt yapı olarak kullanıldığı restorasyonlar ve amalgama bağlanabilme için geliştirilmiş simanlardır. Ancak amalgama bağlanma kuvveti dentinden daha azdır. %10'dan az doldurucu içeriğine sahip olmaları nedeni ile, fiziksel özellikleri tipik akrilik rezinlere benzer. Yük altında, ileri deformasyona uğrayan ve orta derecede kuvvetli olan simanlardır. Teknik olarak oldukça hassas sistemlerdir (3, 22, 27).

#### **c. Dimetakrilat (kompozit) rezin simanlar**

Özellikle porselen sistemler, inleyler, venerler ve indirekt rezin restorasyonların simantasyonunda kullanılan kompozit rezin simanlar, bis-GMA (bisfenol glisidil metakrilat) esaslı sistemlerdir. Aromatik dimetakrilatların, farklı seramik doldurucular içeren monomerler ile birleşiminden meydana gelirler. Temel olarak kompozit restoratif materyaller ile benzerdirler. Toz-likit ya da iki pat formlarında bulunmaktadırlar. Toz-

likit şeklindeki materyallerde, toz genellikle borosilikat ya da silika cam karışımının bir polimer tozu ve bir organik peroksit başlatıcı ile birleşiminden meydana gelir. Likidi ise, bis-GMA ve/veya diğer dimetakrilat monomerleri ile polimerizasyonu başlatıcı görevi gören bir amin türevinden oluşur. Monomerlerinde, fosfat veya karboksil gibi potansiyel adeziv gruplar içeren bazı materyaller, dentin bonding sistemlerine benzer yapıdadırlar. İki patlı sistemler ise, bileşim olarak toz-likit sistemlerine benzer olmalarına rağmen, monomer ve doldurucular her iki farklı pat içinde de bulunmaktadır. Bis-GMA rezin ve kuartz doldurucu içeren iki patlı sistemler fosfonat simanlardır. Fosfonat oksijene çok duyarlı olduğundan, polimerizasyon tamamlanana kadar restorasyon kenarları propilen glikol gibi bir jel ile izole edilerek, oksidasyonuna engel olunması gerekmektedir (3, 22, 27).

Kompozit rezin simanlar polimerizasyon tiplerine göre üç grupta toplanırlar:

### **1. Kimyasal olarak sertleşenler (Auto-cured)**

Daha çok iki patlı sistemlerdir. Metal ya da opak seramik korların ve maryland köprülerin simantasyonu için uygundur. Metal sistemlerin simantasyonunda metalin opasitesi veya restorasyonun kalınlığı (2.5 mm) nedenleri ile ışık sistemlerinin polimerizasyonu söz konusu değildir, bu nedenle kendiliğinden sertleşen bu sistemlerin kullanımı oldukça uygundur. Maryland köprüleri için ise, restorasyon mine sınırları dahilinde bitirildiği için kompozit simanın asitlenmiş mineye bağlantısının oldukça kuvvetli olması nedeni ile rahatlıkla kullanılabilir (3, 22).

### **2. Işıkla sertleşenler (Light-cured)**

Bu tip simanlar, polimerizasyonu sağlayan ışığı geçirebilecek kadar ince (1.5 mm) olan döküm seramik, porselen, kompozit viner veya benzer restorasyonların simantasyonları için uygundur. Polimerizasyon, ışık kaynağı sayesinde gerçekleştiği için çalışma süresi oldukça uygundur. Farklı renk seçenekleri sayesinde restorasyonun rengini değiştirebilme imkanı da sunarlar (3, 22).

### 3. Hem kimyasal yol hem ışık ile sertleşenler (Dual-cured)

Bu tip simanlarda sertleşme, ışık etkisi ile başlayıp kimyasal polimerizasyon ile devam eder. Tek başına ışığın yetişemediği alanlarda kimyasal polimerizasyon tüm simanın sertleşmesine olanak verir. 1.5-2.5 mm kalınlığındaki, ışık geçirgenliğinin kısıtlı olduğu döküm seramik, porselen ve kompozit restorasyonların simantasyonunda kullanılabilirler. Kimyasal sertleşme hızı düşük olduğu için, rahat çalışma imkanı sağlarlar. Işık uygulanması sertleşmenin hızlı bir şekilde gerçekleşmesine sebep olur ancak kimyasal sertleşme ışık uygulaması sonrasında da devam ederek simanı dayanıklı hale getirmektedir (3).

Kompozit rezin simanlarda, fiziksel özelliklerin optimum sağlanabilmesi için, mümkün olduğu kadar fazla sayıda monomer dönüşümü gerekmektedir. Monomer dönüşümü polimerizasyon ile sağlanabildiği için, ışıkla sertleşen ve dual-cure simanlarda maksimum ışık uygulaması istenmektedir. Maksimum fiziksel özelliklere ışık uygulamasından 10 dakika sonra ulaşılmaktadır, izleyen 24 saat içinde ise çok az değişiklik meydana gelmektedir.

Kompozit rezinlerin polimerizasyon sistemlerinin farklı olması ve doldurucu oranlarının %20-80 arasında değişmesi, fiziksel özelliklerinin de farklı olmasına sebep olmaktadır. Baskı dayanımları 100-200 MPa arasında değişmektedir. Değerler konvansiyonel simanlara göre oldukça yüksektir (3, 22, 27).

#### **Avantajları**

- Baskı ve gerilme dayanımları konvansiyonel simanlardan oldukça yüksektir.
- Kimyasal adezyon mekanizması ile, mine ve dentin dokusuna oldukça kuvvetli bağlanma gösterir.
- Metal alaşımlar ve seramik yüzeylerle de bağlantı yapılabilir.
- Bağlanması uygun olan bir sistemde, altındaki destek dişe dayanıklılık sağlar.
- Ağız içi sıvılarındaki çözünürlüğü düşüktür.
- Farklı renk ve opasite seçenekleri söz konusudur.

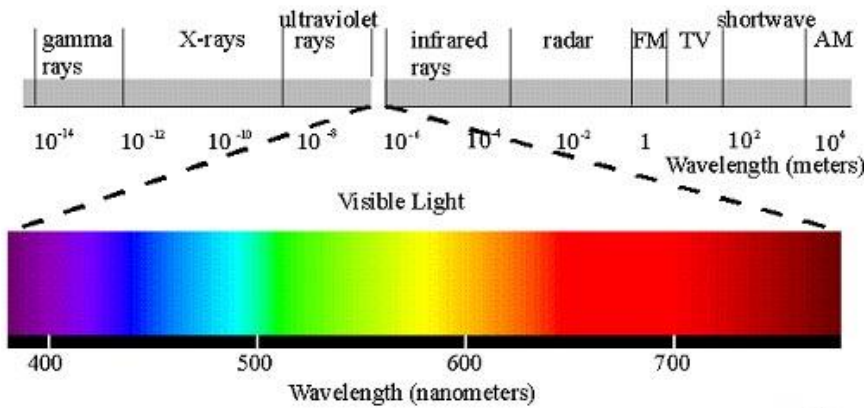
## Dezavantajları

- Uygulama tekniği oldukça hassas bir çalışma gerektirir.
- Dentin bonding ajanları ile beraber kullanıldıklarında bağlanma kuvveti artar.
- Polimerizasyon oksijen inhibisyonuna uğrar, önlem alınmalıdır.
- Simantasyon sonrası taşan simanın temizlenmesi oldukça güçtür (3, 22, 27).

## 2.3 DİŞHEKİMLİĞİNDE RENK

Renk, görme sisteminde cisimlerden yansıyan ışıklara cevap olarak ortaya çıkan fizikokimyasal bir algıdır (94). Bir başka deyimle, gözün retina tabakasına kadar ulaşan ışığın meydana getirdiği algı veya izlenimdir. Işık ise, aynı ses gibi dalgalardan meydana gelir. Rengin algılanması, ışık özelliklerinin anlaşılması ile mümkündür (28).

Işık, nanometreler ile ifade edilen dalga boylarının meydana getirdiği elektromanyetik bir radyasyondur. Kırıldığında ise bir spektrum oluşturur. Bu spektrumun bir ucunda kozmik gamma ışınları, diğer ucunda ise AM radyo yayın dalgaları bulunmaktadır. Görünür ışık, bu elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve ultraviyole ışınları arasında kalan, 380-789 nm'lik kısmında yer almaktadır. İnsan gözü 400 nm'lik mor ve 700 nm'lik koyu kırmızı arasındaki dalga boyuna duyarlıdır. Bu alana, görünür ışık spektrumu adı verilmektedir (8, 22, 62, 95, 96). Görünür ışık spektrumu Resim 2'de gösterilmektedir.



**Resim 2:** Elektromanyetik spektrum



Işık olmaz ise, renk var olamaz. Rengin algılanmasındaki en temel faktör ışıktır (96). Işık kaynağı akkor haline gelmiş metallere güneşe kadar her ne olursa olsun, renk, yansıyan veya yayılan beyaz ışıktan ya da bu ışık demetinin bir parçasından meydana gelir. Rengin görülebilmesi için yeterli ışığa ihtiyaç vardır, eğer yetersiz ışık söz konusu ise objeler renkli görünemez. Göze gelen ışık retinada toplandıktan sonra impulslar halinde beyne iletilir. Retinadaki koni şeklindeki hücreler renkten sorumludur ancak rengin algılanabilmesi için gerekli bir eşik değeri söz konusudur. Eğer eşik değeri aşılamazsa renk algılanamaz (8, 22, 96).

Rengin algılanması, görünür ışığın farklı dalga boylarının emilimi ve yansımaları ile mümkündür. Bir cisim, renk spektrumundaki kendi rengi dışındaki tüm renkleri emer, kendi rengini ise yansıtır. Siyah renk, ışığın tüm dalga boylarını emerken, beyaz tümünü yansıtmaktadır. Cisim mavi ise, mavi dışındaki tüm dalga boylarını emer, sadece mavi renk dalga boyunu yansıtır (25, 96, 97).

Diş hekimliğinde renk algısı ve doğal diş ile en uyumlu rengin bulunması oldukça zorlanılan bir konudur. Renk algısı subjektif olduğu için, deneyimli ve iyi eğitilmiş bir göz çok daha iyi sonuçlar çıkarmaktadır. Diş hekimi renk seçimini yaparken farklı algılarla karşılaşır dolayısıyla rengi tam olarak belirleyemeyebilir (8, 98, 99). Bir dişin rengi;

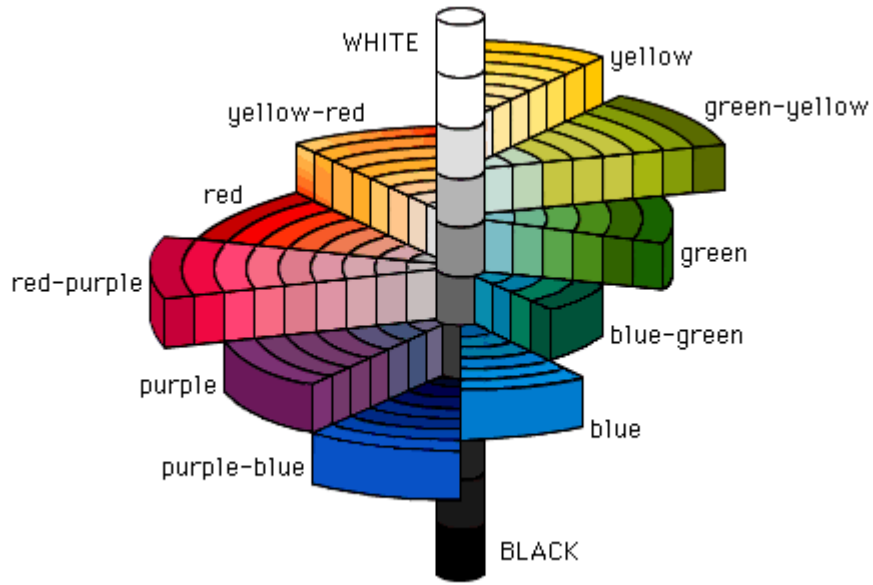
1. Işık kaynağının (ör: gün ışığı, yapay ışık) spektral enerji dağılımına,
2. Dişin spektral karakteristiği, ışığı emebilmesi, yayabilmesi ve geçirebilmesi
3. Gözün hassasiyeti
4. Dişin renginin belirlendiği koşullar, ör: siyah arka plan, kuru ıslak zemin, açığı ve ışığın yoğunluğu gibi faktörlerden etkilenmektedir (8).

Clark 1930'lu yıllarda, "Renk de şekiller gibi üç boyuta sahiptir ancak genel bir kullanıma sahip değildir. Çoğumuz, rengin nasıl isimlendirilip ölçüleceğini bilmiyoruz. Bir başka deyişle biz dış hekimleri, bir renk sorununu çözebilecek kadar iyi eğitilmiş değiliz." sözü ile rengin karmaşık yapısını açıklamaya çalışmıştır (100). Rengin 3 boyutlu olduğunun 1611 yılında Sigfried Forsius tarafından tanımlanmasından beri, uzunlukta ve ağırlıkta olduğu gibi renkleri de sayılar ile ifade edebilmek için birçok araştırmacı çaba sarfetmiştir. Bir materyale üç boyutunu veren; uzunluk, genişlik ve yükseklik kavramları bilinmesine rağmen, bu boyutların renge uygulanması karmaşık bir sistemdir (96, 101).

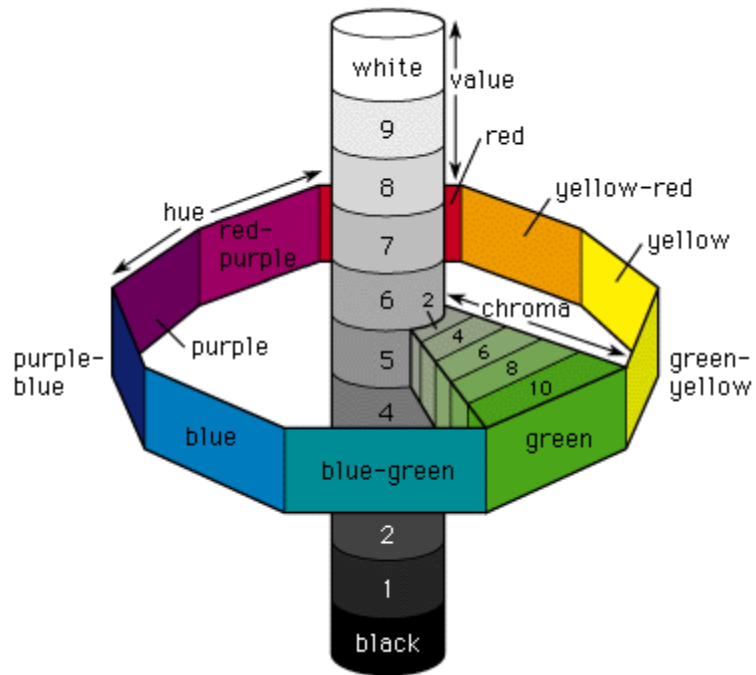
Günümüzde kullanılan birçok farklı renk ayırma ve belirleme sistemi bulunmaktadır. Ancak, dünyaca kabul edilebilirliği, güvenilirliği, esnekliği ve uygulama kolaylığı açısından en çok tercih edilen sistem, 1905 yılında Amerikalı ressam A.H. Munsell tarafından geliştirilmiş olan sistemdir (96, 99). Munsell'in sistemi, dış hekimliğinde de renk seçimi için uygun bir sistem olarak kabul edilmiştir (95, 101, 102).

### **2.3.1 Munsell' e göre Rengin Boyutları**

1900'lü yılların başlarında Albert H. Munsell, Munsell sistemini yaratmıştır. En eski sistem olan Munsell sisteminin birçok farklı versiyonu üretilmiştir. Sistem, renklerin 3 boyutlu olarak organizasyonunu göstermektedir. Munsell'in renk şeması küre veya silindire benzetilebilir. Bu silindir içerisinde rengin neye göre yer aldığı bilinirse çok daha rahat anlaşılabilir. Renksiz ışınlar silindirin merkezindedir. En üstte saf beyaz yer alırken, saf siyah ise en altta bulunur. Temel prensibi, birbirine komşu örnekler arasındaki görsel boşluk eşitliğine dayanmaktadır. Her örneğin üç farklı özelliği vardır: hue, value ve kroma (94-96, 103). Resim 3 ve 4 Munsell'in renk şemasını göstermektedir.



**Resim 3:** Munsell'in renk şeması I

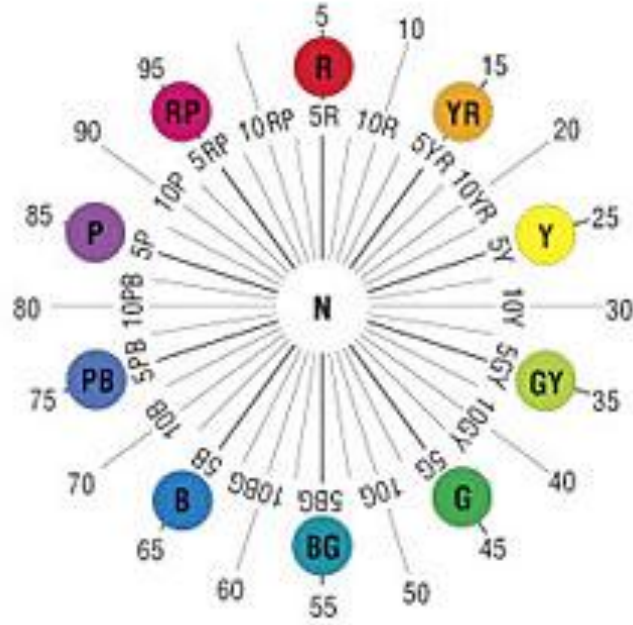


**Resim 4:** Munsell'in renk şeması II

### a. Hue

Hue, renk veya renk çeşidi anlamına gelir (104). Bir rengi diğerinden ayıran niteliktir. Munsell, “Bir renk ailesini diğerinden ayırmak için kullandığımız özellik” olarak tanımlamaktadır. Hue; mavi, kırmızı ya da yeşil gibi, bir objenin baskın rengini belirlemektedir. Temel olarak retina üzerinde etkili olan ve spesifik bir dalga boyundaki ışık tarafından yaratılan renktir (96).

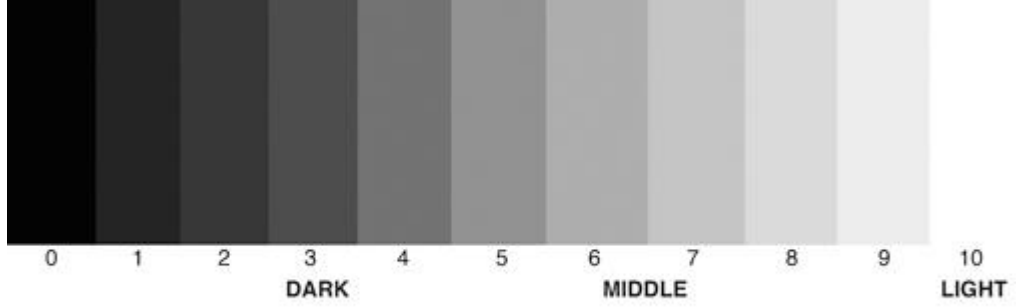
Munsell’in renk çemberinde 10 adet hue (renk çeşidi) bulunmaktadır. Bunlar: kırmızı (R), sarı-kırmızı (YR), sarı (Y), yeşil (G), yeşil-sarı (GY), mavi (B), mavi-yeşil (BG), mor-mavi (PB), mor (P) ve kırmızı-mor (RP) şeklinde adlandırılmaktadır (62, 95, 96, 98, 99, 105) (Resim 5).



Resim 5: Hue

## b. Value

Value, açık rengi koyu renkten ayıran, cismin parlaklık veya matlık derecesini gösteren özelliktir. Sistemin en altında siyah, en üstünde ise beyaz renk bulunmaktadır. Siyah kısım 0, beyaz ise 10 ile numaralandırılır. Bu değerler arasında siyahtan beyaza doğru olan gri tonları value değerlerini oluşturur. Munsell sisteminde saf beyaz 10, saf siyah ise 0 olarak belirlenmiş ve ulaşılmaz olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle sistemde 9 farklı value değeri bulunmaktadır. Value değerinin artması rengin daha açık olması anlamına gelmektedir (95-98, 105) (Resim 6).

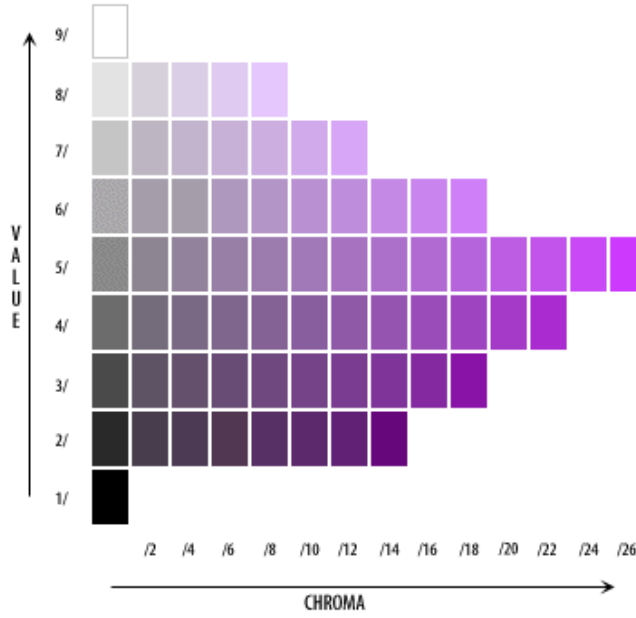


Resim 6: Value

## c. Kroma

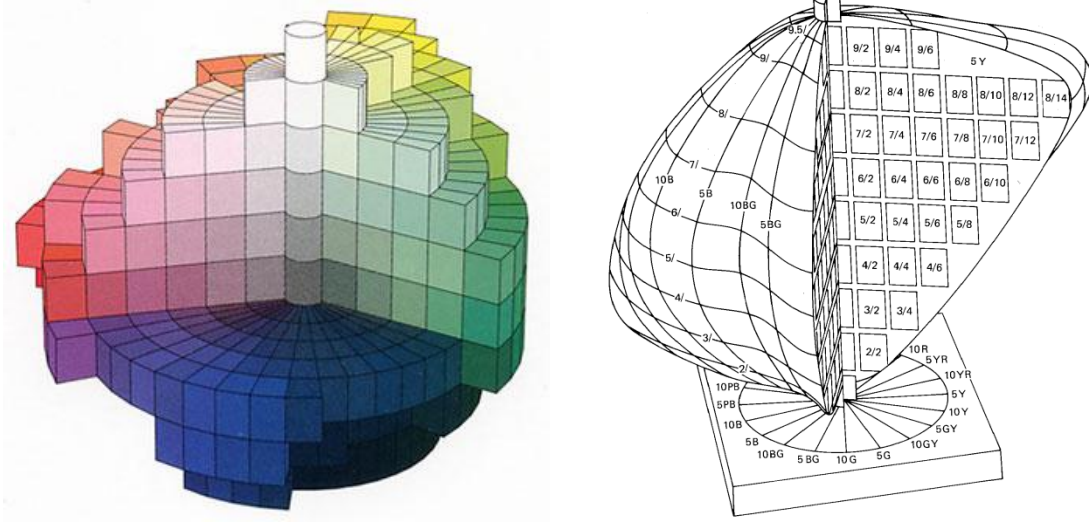
Rengin doygunluk derecesini gösteren kroma, kuvvetli bir rengi zayıf bir renkten ayırabilmeyi sağlar. Rengin saflığı, gücü ya da berraklığı olarak da nitelendirilmektedir (8, 97). İki dış aynı hue değerine sahip olduğunda, biri diğerinden daha yoğun ya da saf olarak görülebilir. Bu yoğunluk, dış renginin doygunluğu ya da hue'dan kaynaklanan rengin gücünden gelmektedir. Dolayısı ile kroma, rengin içindeki hue miktarını belirleyen faktördür.

Bir rengin içine gri eklenmesi, kroma değerinin düşmesine sebep olur ancak hue değişmez. Katılan gri tonunun value değeri önem kazanır. Eğer katılan rengin value değeri düşükse, bu durumda value ve kroma değerleri düşer. Orjinal renkten daha yüksek value değerine sahip bir gri katılırsa, ortaya çıkan renk yine aynı hue değerine, daha düşük kroma ve daha yüksek value değerine sahip olacaktır. Eğer orjinal renk ile aynı value değerine sahip bir gri renk eklenirse, sadece kroma azalacak, diğer değerler ise aynı kalacaktır. Kroma değerleri, akromatik veya gri=0, yüksek oranda doymuş renk=18 arasında değişmektedir (16, 97-99, 105) (Resim 7).



**Resim 7:** Kroma

Munsell sistemine göre, herhangi bir renk, bu üç özellik kullanılarak açıklanabilmektedir. Hue, value ve kroma değerleri sayesinde renk, sistemin skala aralığında sayısal olarak açıklanabilir hale gelmektedir. Bu numaralandırma sistemine “Munsell Notasyonu” adı verilmektedir. Bu sisteme göre herhangi bir rengin belirtilmesi hue, value/kroma veya H V/C şeklindedir (96) Resim 8 Munsell’in numaralandırma sistemini göstermektedir.



**Resim 8:** Munsell'in üç boyutlu renk şemaları

Munsell renk sistemi içi dolu bir küre ya da silindir özelliklerine sahip bir şekildir. Merkezde renksiz veya akromatik eksen bulunur, en altta saf beyaz renk en üstte ise saf siyah renk yer alır. Hue boyutu merkez eksen etrafında sıralanmış 10 renk ile belirtilir. Kroma ise, merkezden çemberin dışında doğru saf renge kadar ulaşır. Merkeze yaklaşıldıkça renkler soluklaşır. Eksen etrafındaki tekerlekler value değerlerini göstermektedir. Sistemin altındaki tekerlekte koyu renkler, üst kısmında ise açık renkler bulunmaktadır (98, 106).

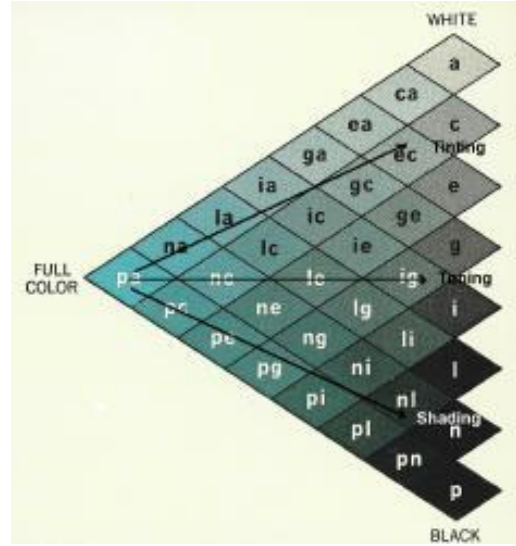
Munsell sistemi ilk olarak 1915 yılında yayımlanan “Munsell Renk Atlası” içerisinde yer almıştır. Sistem halen bir çok ülkede standart renk tanımlama sistemi olarak kullanılmaktadır (107).

### 2.3.2 Ostwald Renk Sistemi

Ostwald renk sistemi 1914 yılında Alman bilim adamı Wilhelm Ostwald (1852-1932) tarafından geliştirilmiştir. Renkölçerler ile toplamalı renk karışımı yöntemine göre renkler tanımlanır ve sıralanır. Renklerin bir çember üzerine düzenli olarak sıralandığı, ortaya doğru, yani dairenin merkezine doğru rengin grileştiği ve tümünün aşağı doğru koyulaşıp, yukarı doğru açıldığı düşünülerek, renk çemberi boyunca taban tabana birleşmiş iki koniden oluşmuş geometrik bir yapıya sahiptir (Resim 9, 10). 4 temel renk, 8 tonlama vardır. Ana renkler sarı, deniz mavisi, kırmızı ve deniz yeşilidir. Bunlar da kendi aralarında 24 renk oluşturacak şekilde daire üzerinde yer alırlar (107, 108).



Resim 9: Ostwald renk çemberi

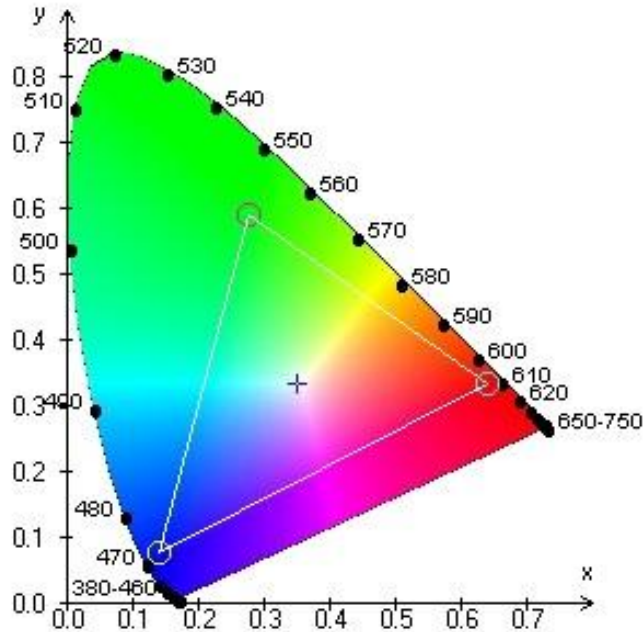


Resim 10: Ostwald renk sistemi



### 2.3.3 CIE XYZ Renk Sistemi (Resim 11)

X, Y ve Z değerleri üç ana rengin (kırmızı, yeşil, mavi) algılanmasını sağlayan sinirlerin beyne yolladıkları uyarıların toplamıdır. Her üç uyarımın ayrı ayrı toplam uyarı miktarına olan oranı rengi tanımlar. Beyin bu üç büyüklüğün bileşimini yaparken, oranlamalar ile de renk duyulanmasını gerçekleştirir. X, Y ve Z değerlerinin toplamı rengin görsel duyulanma toplamına eşittir.  $x = y = z = (1/3)$  noktası teorik olarak beyazdır. Bu noktadan uzaklaşıldıkça renklerin doymuşluğu artar. “Commission de l’Eclairage” (CIE) tarafından 1931 yılında standart aydınlatıcı (A, B, C, D<sub>50</sub>, D<sub>65</sub>, E, F) ve standart gözlemci (2°, 10°) tanımları üzerine kurulan CIE XYZ renk uzayının iki boyutlu gösterimi bu esasa dayanır. Resimdeki at nalına benzeyen bu şekle, “gamut” denir. Renk biliminde gamut, renkli görüntü işleme cihazlarının sahip olduğu renk yelpazesi olarak tanımlanır.

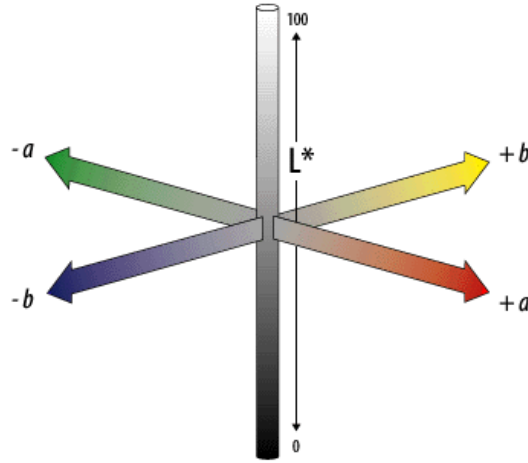


Resim 11: CIE XYZ renk sistemi

### 2.3.4 CIE L\*a\*b\* Renk Sistemi (Resim 12)

Sistem CIE ‘‘Commision de l’ Eclairage’’ tarafından, 1976 yılında görsel tasarım için tanımlanmıştır. Bir çok ülkede yaygın olarak kullanılmakta ve standart olarak kabul edilmektedir (109). Bir rengin uyarımı değiştiği zaman, gözlemci bir süre sonra renkte bir farklılık algılayacaktır. CIE L\*a\*b\* renk uzayının en belirgin özelliği renk sisteminin algılama yönünden düzgün değişim göstermesidir. CIE L\*a\*b\* renk sistemi, Munsell renk sistemi üzerine kuruludur (107) ve sistemde rengin üç boyutu bulunmaktadır (104).

Sistemde tüm renkler, üç farklı eksenin kesişerek merkezini oluşturduğu bir küre içerisinde yer almaktadırlar. Eksenler; L, a ve b eksenleridir.

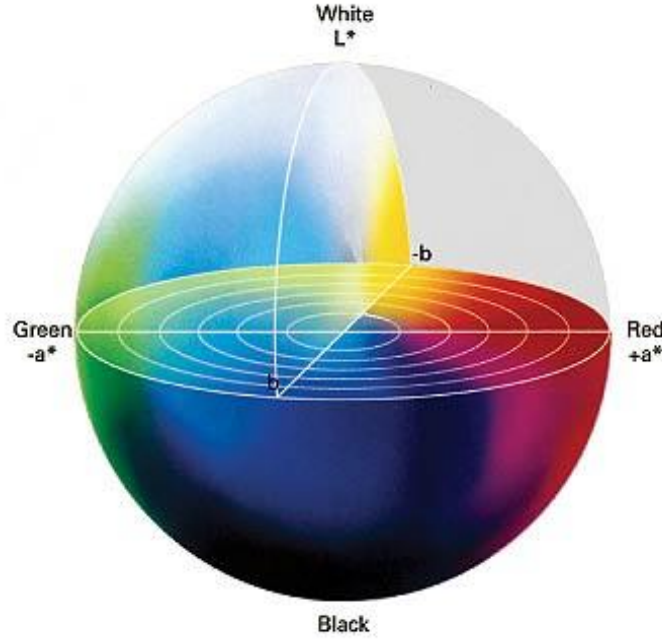


**Resim 12:** CIE L\*a\*b\* renk sistemi I

‘‘L’’ dikey eksen, rengin açık veya koyu olduğunu veya parlaklığını belirten parametresidir. Bir cismin beyaz (+) ve siyah (-) arasındaki açıklık-koyuluk koordinatlarını gösterir. Açık renkli cisimler daha yüksek L\* değerlerine sahipken, koyu renkli cisimlerin L\* değerleri daha düşüktür. Saf siyah 0, saf beyaz ise 100 değerini verir.

‘‘a’’ yatay eksen, herhangi bir cismin kırmızı (+) ile yeşil (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer arttıkça cismin rengi kırmızıya yaklaşır.

“b” yatay eksenini ise, bir cismin sarı (+) ile mavi (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer arttıkça sarı renge, azaldıkça mavi renge yaklaşılır (Resim 13).



**Resim 13:** CIE L\*a\*b\* renk sistemi II

Bu üç koordinatın kesişim yeri, cismin renk değerini belirler. Dolayısı ile, tek bir değer ile rengin tanımlaması yapılabilmektedir. İki renk ölçüm değeri arasındaki fark olarak formülize edilmektedir (7, 62, 94, 95, 96, 110-114).

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

Yapılan araştırmalar,  $\Delta E$  değerlerinin, 1'den küçük olmasının renk değişiminin görsel olarak fark edilemeyeceği, 1-2 arasında olması kısmen farkedilebileceği, 2'den fazla olması ise görsel olarak fark edilebileceğini ifade etmektedir (115-118). Renkle ilgili yapılmış çalışmalarda, renk değişiminin klinik olarak fark edilebilmesi için  $\Delta E$  değerinin 1  $\Delta E$  birimden (7, 95, 119), bazıları 3  $\Delta E$  birimden (120, 121), bazıları 3.3  $\Delta E$  birimden (122), bazıları da 3.7  $\Delta E$  birimden büyük olması (116, 117, 123) gerektiğini ifade etmektedir.

## **2.3.5 Renk ve Işıkla İlgili Terimler**

### **2.3.5.1 Metamerizm**

Metamerizm, bir cismin renginin ışık kaynağına bağlı olarak beyin tarafından farklı olarak algılanmasıdır. Aynı ışık kaynağı altında izlendiğinde aynı renkte görünen iki cisim, farklı ışık kaynakları altında birbirinden farklı renklerde görünebilir. Çevresel faktörler ve aydınlatma durumu renk seçiminde oldukça önemlidir (125-127). Örneğin, bir kuron rengi akkor ışık altında belirlenebilir; ne var ki aynı kuron floresan ışık altında gözlendiğinde farklı renkte görünecektir. Diş hekimliğinde, eğer renk belirleme ortamı kontrollü ve doğal değilse, bu durum sıkça ortaya çıkacaktır. Metamerizmi engellemek veya en aza indirmek için, renk belirlenirken aydınlatma koşulları sürekli kontrol edilmelidir (16, 22, 109).

### **2.3.5.2 Opasite**

Opasite, temel olarak bir materyali maskeleyebilme gücünün ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, materyalin ışığı geçirmesini engelleme özelliğidir. Eğer cisim, günışığı kaynağından gelen ışığı tamamen yansıtıyorsa, bu durumda beyaz görünür. Tüm ışığı emiyorsa, cisim bu durumda siyah görünecektir. Opak bir materyal ise, ışığın bir kısmını emerken bir kısmını yansıtarak içinden geçmesine olanak vermez (16, 22, 38, 62, 94, 102, 128).

### **2.3.5.1 Kırılma ve yansıtma (Refraction, Reflection)**

Işık; havadan, su ya da cam gibi bir saydam tabakaya geçerken kırılır. Kırılma, ışın demetinin saydam tabaka içerisinden farklı hızlarda oblik olarak geçerek ayrışmasıdır. Ancak ışık hiçbir zaman saydam veya yarı saydam bir cismin içinden tamamen geçmez, bir bölümü yüzeyden yansır (38).

### **2.3.5.2 Yarı Saydımlık (Translucency)**

Transludentlik, materyalin içerisinden ışık geçebilmesi, yani ışığı geçirme özelliğidir (102). Ancak ışık tamamen geçmez, bir kısmı yayılır, kırılır ve dağılır. Dolayısı ile, transludentlik, transparanlık ile opaklık arasında bir derecedir. Transludentlik arttıkça parlaklık azalır, opasite arttıkça parlaklık da artar. Bu durum, transludent olan materyalin ışığı yansıtmasından kaynaklanmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan, porselen, kompozit rezin ve akrilik materyalleri transludent materyallerdir (22, 38, 62, 94, 128, 129).

### **2.3.5.3 Saydımlık (Transparency)**

Transparanlık, bir materyalin içinden ışığın tamamı ile geçmesidir. Saydam bir materyalin arkasında herhangi bir cisim yer alıyorsa, bu cisim net olarak görülebilir. Cam, transparan bir materyaldir (16, 22, 94). Diş hekimliğinde, özellikle anterior grup dişlere yapılan restorasyonlarda, doğal diş etkisi verilebilmesi için kesici kenarlara transparan porselen işlenir. Bu tip porselen, parlak olmadığından yansıtma özelliği de azdır, dolayısı ile minenin transparan etkisi taklit edilebilmektedir (130).

### **2.3.6 Renk Ölçüm Yöntemleri**

Diş hekimliğindeki restoratif tedavilerde renk belirlenmesi iki farklı şekilde yapılabilir. Diş hekimi görsel olarak, tedavisi yapılan dişin rengini skalalardaki renkler ile belirleyerek restorasyonu bitirebilir. Deneyimli ve uzman bir göz, renk seçiminde oldukça başarılı sonuçlar alsa da, görsel renk seçimi oldukça subjektif bir yöntemdir. Bir diğerk renk belirleme metodu ise; özel olarak üretilmiş renk ölçüm cihazları kullanılarak rengin belirlenmesidir. Cihazların kullanımı ile; sayılabilir, hızlı ve objektif sonuçlar alınabildiği için görsel yönleme göre daha avantajlı sayılmaktadır (109, 111).

### 2.3.6.1 Görsel Ölçüm

Renk algısı, kişiden kişiye değişen subjektif ve psikofizyolojik bir süreçtir (5). Diş hekimleri arasında doğal diş renklerinin belirlenmesinde ve kendi seçimlerinin tekrarlanmasında tutarsızlıklar olduğu bildirilmiştir (125). Yapılan araştırmalar, yaşlanma (131, 132), yorgunluk, seçilen renk örneğinin göze olan uzaklığı ve gözün aynı rengi sürekli incelemesi (133, 134) gibi faktörlerin renk algısında farklılıklar ortaya çıkarabileceğini göstermektedir. Özellikle metamerizm faktörü diş rengi belirlenmesinde büyük önem taşıdığı ve dikkatlice kontrol edilmesi gereken bir faktör (5) olduğu için, kullanılan ışık kaynağı da önem kazanmaktadır. Işık kaynağının önemi, dişe ulaşan ışığın kalitesi ve yoğunluğu ile değerlendirilebilir (135).

Görsel ölçüm için farklı metodlar kullanılmaktadır. Munsell renk sistemi bunlardan biridir. Sisteme göre; Value değeri; beyaz=10 / siyah=0 arasında, Kroma veya Saturasyon değeri; akromatik veya gri=0 / yüksek oranda doymuş renk=18 arasında, Hue değeri ise; standart skala yardımı ile temel 10 farklı renk (kırmızı (R), sarı-kırmızı (YR), sarı (Y), yeşil (G), yeşil-sarı (GY), mavi (B), mavi-yeşil (BG), mor-mavi (PB), mor (P) ve kırmızı-mor (RP)) içinde seçilerek ölçümler yapılır. Örneğin sağlıklı bir hastada, yapışık dişetin rengi 5R 6/4 olarak ölçülmüştür. 5R temel rengi (hue), 6 value değerini 4 ise kroma değerini belirtmektedir (98, 99, 111, 128, 135).

Munsell sisteminin yanında daha kolay ölçüm yöntemleri de kullanılmaktadır. Ölçüm yapan kişiler numuneleri sıraladıktan sonra ton farklarına göre “1, 2 veya 3 ton farklı” şeklinde yorum yapabilir (136, 137). Bir başka yöntem ise, ölçümü yapan kişinin bir renk skalası kullanarak seçim yapmasıdır (111, 138, 139).

Dental restoratif materyallerin renk seçimi, rutin olarak renk skalaları kullanılarak yapılmaktadır (140). Ancak bazı yazarlar (111, 134, 135, 141), renk skalalarının kullanımının yetersiz sonuçlar doğurduğunu söylemektedir. Renk skalası kullanılarak rezin kompozitlerin renk değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, kompozitlerdeki beyaz ve translusent renkler için skalaların yetersiz sonuçlar verdiği bildirilmiştir (142). Aynı test örneklerinin farklı skalalar kullanılarak renk değerlendirmelerinin yapıldığı bir başka çalışma sonucunda ise, farklı skalaların farklı sonuçlar verebildiği gösterilmiştir (143).

Renk seçimi görsel olarak yapıldığında, yapılmış bazı çalışmalar rengi seçecek kişinin özelliklerinin önem kazandığını söylemektedir. Örneğin Donaghue ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada, kadın ve erkekler arasındaki renk algılamaları değerlendirilmiştir. Farklı iki ışık kaynağı ve iki renk skalasının kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, ışık kaynakları ve skalaların erkekler üzerinde istatistiksel olarak farka sebep olmadığı, ancak kadınlarda ışık kaynağının farklı olmasının renk algılamada farka sebep olduğu bildirilmiştir (144).

### **2.3.6.2 Cihaz Kullanılarak Yapılan Ölçüm**

Dental materyallerin görsel olarak renk ölçümü yanında, rengin daha detaylı olarak belirlenmesi amacı ile farklı cihazlar kullanılmaktadır (111). Renk ölçülmesi amacı ile günümüzde kullanılmakta olan cihazlar; kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve digital fotoğraf makineleridir.

Kolorimetre cihazları, sadece bir baz rengin renk değerlerinin, diğer benzer renklerle basit olarak kıyaslanmasında kullanılır (L, a, b,  $\Delta E$  değişimleri) (114, 116, 136, 137). Spektrofotometrelerde ise, bir rengin renk koordinatları (L, a, b,  $\Delta E$ ) ayrıntılı olarak tek tek ölçülebilir (16, 110). Bu cihazlarla yapılan ölçümler, CIE Lab sistemine göre değerlendirilmektedir (110, 111, 145).

Görsel yol ve cihaz kullanılarak yapılan renk ölçümlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada (119), hataya sebep olabilecek etkenler belirlenmiştir, buna göre;

Görsel ölçümlerde;

- Ortam koşulları; aydınlatma şekli, ağız ortamı kuruluğu-ıslaklığı, metamerizm
- Skalaya bağlı etkenler; karşılaştırma yapılacak skalanın güvenilirliği
- Kişiye bağlı etkenler; psikolojik durum, yaş, görme ve/veya renk kusurları

Cihaz kullanılarak yapılan ölçümlerde ise;

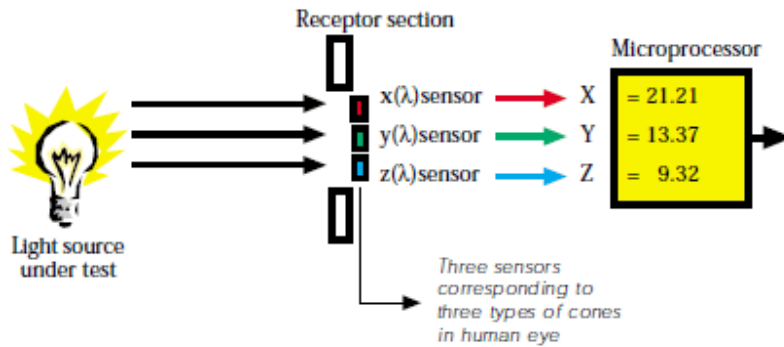
- Cihazın doğru kalibre edilememesi
- Cihazın yanlış kullanılması hatalara sebep olmaktadır.

## 1. Kolorimetreler

Kolorimetreler, sabit bir ışık kaynağı ve görme açısı kullanarak sadece tristimulus değerlerini ölçebilen aletlerdir (Resim 14). Yüzey renkleri ve kendinden parlak renklerin ölçümleri için ayrı kullanımları bulunmaktadır. Yüzey renklerinin ölçülmesi için, kolorimetre içerisinde insan gözündeki kon tipi hücrelere benzer olarak üç farklı sensör bulunmaktadır. Dedektör içinde yer alan bu sensörler, CIE  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  ve  $z(\lambda)$  sistemine yakın sonuç vermek için yerleştirilmiştir (Resim 15). Bir yüzey rengi belirlenirken ışık kaynağına gereksinim vardır ancak kendiliğinden parlak bir cisim için ışığa gerek duyulmaz (94, 95).



Resim 14: Kolorimetre cihazı



Resim 15: Kolorimetre çalışma prensibi



Genel olarak kolorimetreler, spektrometre ve spektrofotometrelerden daha kolay kullanılırlar ve daha küçük aletlerdir, ayrıca fiyatları da daha uygundur. Ancak, kolorimetrelerde, filtrelerin kısa sürede eskimesi, cihazın sürekli kullanılabilirliğini etkilemektedir. Ayrıca bir dezavantajı da, metamerizmi değerlendirebilmek için kullanılamamalarıdır. Transludent materyallerin renklerinin belirlenmesinde ise, ışığın kırılarak dağılmasından dolayı sonuçlarda problemler yaşanabilir. Örneğin, gerçek diş ile aynı renkteki metal seramik bir restorasyon, kolorimetre ile okunduğunda farklı sonuçlar verebilir. Bu duruma, “edge-loss” adı verilmektedir (94). Seghi ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışma, kolorimetre verilerinin transludent porselende ciddi biçimde değiştiğini göstermektedir (145).

Diş hekimliğinde renk değerlendirilmesi için dizayn edilmiş ilk cihaz 1980’li yılların başlarında tanıtılmış olan “Chromascan” (Sterngold, Stamford, Conn)’ dır. Ancak, kullanıcı ara biriminin oldukça zor bir program olması kullanımını sınırlamıştır (94). The ShadeEye NCC (Natural Color Concept) Chromametre (Shofu Dental) ise, ikinci jenerasyon modern dental tristimulus kolorimetrelerindedir. Işık dişle daire şeklinde plastik uç (prob) yardımı ile ulaşır. Probun merkezindeki alan, diş üzerinden yansıyan ve dağılan ışığı toplayarak ışık dedektörüne iletir. Kolorimetrelerdeki ışığın yansıma ve dağılma sorunlarına ilişkin problemleri elimine etmek amacı ile, ShadeEye sisteminde rengi alınacak olan materyalin cinsinin seçilebileceği bir düğme bulunmaktadır. Kalibrasyon öncesinde hangi materyalin rengi alınacaksa cihaz ona göre ayarlandığında, matematiksel algoritmalar o cisme göre ölçüm yapacaktır (94).

Kolorimetre kullanılarak renk ölçümü yapılan bir çalışmada, Douglas ve ark. (136), prefabriğe metal destekli kuronların renk ölçümlerini hem görsel yolla hem de kolorimetre cihazı kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışma sonuçları, görsel yolla renk seçimi yapan kişilerin, kuronların sarı-kırmızı düzeyindeki renkleri, açık-koyu farklılıklarına göre daha rahat tespit edebildikleri, renk değişimini ayırt edebilme sınırının ise  $1.7 \Delta E$  birim olduğunu göstermektedir. Ayrıca cihaz ile yapılan ölçümün, görsel yola göre daha başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Seghi ve ark.’nın (137), transludent dental porselenin renk farklılıklarını hem görsel yol hem de cihaz kullanarak ölçtükleri bir başka çalışmada, görsel ölçüm için 22 erkek 5 bayandan oluşan 12 yıllık diş hekimlerine örnekler verilmiştir. Cihaz ölçümü

için ise, Minolta CR 100 Chroma metre, kolorimetre cihazı kullanılmıştır. Görsel değerlendirme sonucunda, 27 kişiden hiçbiri örnekleri tam olarak sıralayamamış, maksimum 3 örnek sıralaması doğru bir şekilde yapılabilmektedir. Cihazla yapılan ölçümlerde ise numunelerin hepsi doğru şekilde sıralanabilmektedir.  $\Delta E$  sonuçlarının; 2  $\Delta E$  birimden yüksek olduğunda gözlemcilerin renk değişimini fark edebildikleri bildirilmiştir.

## **2. Spektrometreler**

Spektrometreler, radyometrik değerlerin ölçümü için dizayn edilmiş aletlerdir. Radyometrik enerji, görünür ışık spektrumunun üzerinde 5, 10 ve 20 nm'lerde ölçülmektedir.

Telespektrometreler, renk üretimi uygulamalarında sıklıkla kullanılan cihazlardır. Avantajları, görsel yol kullanılarak renk belirlenmesi ile aynı gözlem koşullarında, materyale değmeden renk ölçümünün yapılabilmesi, hem kendisi parlak olan cisimlerin hem de yüzeylerin renk ölçümlerinin yapılabilmesidir. Ancak, ölçüm pozisyonunda meydana gelebilecek ufak bir değişiklik sonuçlarda farklılık yaratabileceğinden, ölçümler büyük bir dikkat ile yapılmalıdır (94).

## **3. Spektrofotometreler**

Spektrofotometrelerin en yaygın kullanım alanı, yüzey renklerinin ölçülmesidir (Resim 16). İçerisinde bir monokromatör, bir dedektör ve ışık kaynağı bulunur. Üç değil çoklu sensör prensibiyle çalışan spektrofotometreler, bir çok dalga boyunda ölçüm yapabilen sensörlerle donatılmışlardır. İnsan gözünün tespit edemeyeceği renkleri bu sensörler sayesinde algılayabilirler. Çalışma prensipleri, örnekten yansıyan ışığın, beyaz bir yüzeyden yansıyan ışığa oranının ölçülmesidir. Metamerizmi ayırt edebilmeleri, kolorimetrelerden daha çok tercih edilmelerini sağlar. Güneş ışığı, ampul ışığı ve florasan ışıkta farklı ölçüm değerleri verebilmektedir. Bu nedenle spektrofotometreler daha profesyonel alanlarda, bilimsel çalışmalarda, kalite kontrolü ve renk tarif edilmesinde kullanılmaktadırlar (16, 94, 95, 147).



**Resim 16:** Spektrofotometre cihazı

Yapılan bir çalışmada (146), insan dişlerinin renk analizinde görsel ölçüm ile spektrofotometrik renk analizi beraber kullanılarak, farkları incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre cihaz kullanımının, daha doğru ve uygulanabilir bir renk analizi yöntemi olduğu belirtilmiştir.

Paul ve ark'nın (126) yaptığı bir çalışmada, görsel yol ile spektrofotometre cihazı karşılaştırılmıştır. Üç diş hekimi, 10 hastada bağımsız olarak maksiller santral dişlerin renklerini belirlemiş, daha sonra cihaz kullanılarak dişlerin rengi ölçülmüştür. Sonuç olarak; 10 vakanın 9'unda cihaz ile alınan renk kuronlar, hekimlerin seçtiklerinden daha uygun bulunmuş ve tercih edilmiştir

#### **4. Dijital kameralar**

Renk ölçümünde dijital kameraların kullanımı son yıllarda gittikçe popüler hale gelmiştir. Sistemin avantajı, tek bir noktanın ölçülmesi değil, tüm objenin renk görünümünün imaj halinde elde edilebilmesidir (94).

İstenilen objenin görüntüsü dijital bir kamera ile alındıktan sonra, kameranın bağlı olduğu bilgisayar bu değerleri CIE Lab cinsinden ifade etmektedir (148). Sistem; dijital kameranın dışında, bağlı olduğu bilgisayar, görüntüyü yakalayan bir sürücü, bilgisayar programı ve renk sensöründen meydana gelmektedir (94).

Yapılan bir çalışmada (149), dijital fotoğraf makinelerinin renk doğruluğu incelenmiş ve farklı makineler ile farklı kalibrasyon ayarlarının  $\Delta E$  değerinde 1.79-5.25 arası değişim meydana getirdiği ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir.

### **2.3.7 Porselen Restorasyonlarda Renk Uyumu**

Porselen restorasyonlarda ideal renk uyumunun elde edilebilmesi oldukça zor ve üzerinde yapılan çalışmaların sürekli devam ettiği bir konudur. Çalışmaların büyük bir kısmı, optimum rengin cihazlar yardımı ile belirlenebileceğini söylemektedir (126, 136, 137, 146). Ancak, renk her ne kadar doğru belirlenirse belirlensin, restorasyonda renk uyumsuzluğu söz konusu olabilir, Barghi ve ark., 1985 yılında yaptıkları bir çalışmada, porselende renk uyumsuzluk nedenlerini üç başlık altında incelemişlerdir (2):

#### 1. Hekime bağlı nedenler;

- Hekimin doğal dişe uygun rengi seçerken görsel olarak başarısız olması
- Hekim ile beraber çalıştığı teknisyen arasındaki iletişim eksikliği
- Kullanılan renk skalasının, seçilen doğal diş rengi için yetersiz kalması
- Metamerizmin etkisi
- Restorasyonun tipine bağlı olarak, diş üzerinde yeterli preparasyon derinliğinin hazırlanamaması

#### 2. Teknisyene bağlı nedenler;

- Porselen üzerine yapılacak makyaj ve renklendirici materyallerin yetersizliği
- Metal alt yapıli sistemlerde, opakler ile kamuflajın eksik olması
- Yetersiz porselen kalınlığı dolayısı ile rengin verilememesi
- Fırınlama ve glazür işlemleri

3. Üretici firmaya bağlı nedenler;

- Renk skalalarının porselen ile renk uyumunun olmaması
- Porselen partiküllerinin üretimine göre büyüklük ve şekillerinin farklı olması
- Oksidasyon tabakasının fazla olması
- Birbirleri ile uyumsuz kimyasal özelliğe sahip ürünler

O'Brien ve ark. renk farklılığı algısını Tablo 2'de gösterildiği şekilde yorumlamaktadırlar (150)

**Tablo 2:** Renk farklılığının klinik algısı

<b>Renk Farklılığı (<math>\Delta E</math>)</b>	<b>Klinik renk algısı</b>
<b>0</b>	Mükemmel
<b>0.5-1</b>	Çok iyi (Renk değişimi görsel olarak fark edilemez)
<b>1-2</b>	İyi (Renk değişimi kısmen fark edilebilir)
<b>2-3.5</b>	Klinik olarak kabul edilebilir
<b>&gt;3.5</b>	Uyumsuz

National Bureau of Standards tarafından belirlenmiş NBS kriterleri (151) renk değişim miktarının kliniğe uygulanabilmesi amacı ile renk değişimlerini standardize etmektedir. Tablo 3 NBS kriterlerini göstermektedir.

**Tablo 3:** NBS Kriterleri

<b>NBS Birim</b>	<b>Renk değişiminin belirtisi</b>	
<b>0.0 – 0.5</b>	Çok az:	Oldukça az değişim
<b>0.5 – 1.5</b>	Az:	Az değişim
<b>1.5 – 3.0</b>	Belirlenebilir:	Algılanabilir değişim
<b>3.0 – 6.0</b>	Farkedilebilir:	Belirgin değişim
<b>6.0 – 12.0</b>	Fazla değişim:	Oldukça belirgin
<b>12.0 ve üzeri</b>	Çok fazla oluşması:	Başka bir renk

NBS birimi =  $\Delta E \times 0.92$  olarak belirlenmiştir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda, lityum disilikat içeren bir cam seramik materyali olan IPS Empress e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) kullanılmıştır. Bu materyalin, üreticinin talimatları uyarınca klasik A-D skalasında A1 ve A3 renklerine tekabül eden MO1 ve MO2 (Medium Opacity) renklerinden her biri için 90' ar adet, toplamda 180 adet örnek disk hazırlanmıştır. Disklerin kalınlıkları  $1\pm 0.05$  mm, çapları ise 15 mm olarak belirlenmiştir (Resim 17).



**Resim 17:** IPS Empress e.max Press tam seramik altyapı materyali

A1 ve A3 renklerindeki bu disklere, daha sonra üç farklı rezin siman uygulanmıştır. Bunlar sırasıyla; Panavia F 2.0 (Kuraray Co Inc, Kurashiki, Japan), Rely X U100 (3M ESPE, St.Paul, Minneapolis, USA) ve Variolink 2.0 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) rezin simanlarıdır. Her farklı marka simanın ise, üç farklı rengi kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan materyaller Tablo 4' te gösterilmektedir.

**Tablo 4:** Çalışmada kullanılan materyaller

<b>Materyaller</b>	<b>Marka</b>	<b>Materyalin Tipi</b>	<b>Renk</b>	<b>Üretici Firma</b>
<b>Alt yapı seramiği</b>	IPS Empress e.max Press	Lityum disilikat içeren cam seramik	A1	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
			A3	
<b>Rezin simanlar</b>	Panavia F 2.0	Dual-cure Self-adeziv kompozit resin siman	Light	Kuraray Co Inc, Kurashiki, Japan
			White	
			Opaque	
	Rely X U100	Dual-cure Self-adeziv kompozit resin siman	Tracent	3M ESPE, St.Paul, Minneapolis, USA
			A2	
			A3	
	Variolink 2.0	Dual-cure Kompozit resin siman	Translucent	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
			A1	
			A3	

Çalışmamızda, renk ölçümlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla spektrofotometre cihazı (CM-2600d, Konica Minolta Sensing Inc., Sakai-ku, Sakai, Osaka, Japan) kullanılmıştır. İlk spektrofotometrik ölçümler; IPS Empress e.max Press tam seramik alt yapı disklerinin yüzey işlemlerinden sonra siman eklenmeden yapılmıştır. Renk ölçümleri tamamlandıktan sonra, tam seramik disklerin üzerine üç farklı marka rezin simanın, üç farklı rengi uygulanarak aynı örneklerin ikinci renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri örneklerin üç farklı noktasından yapılarak ortalamaları değerlendirilmiştir.

### 3.1 Porselen Örneklerin Elde Edilmesi

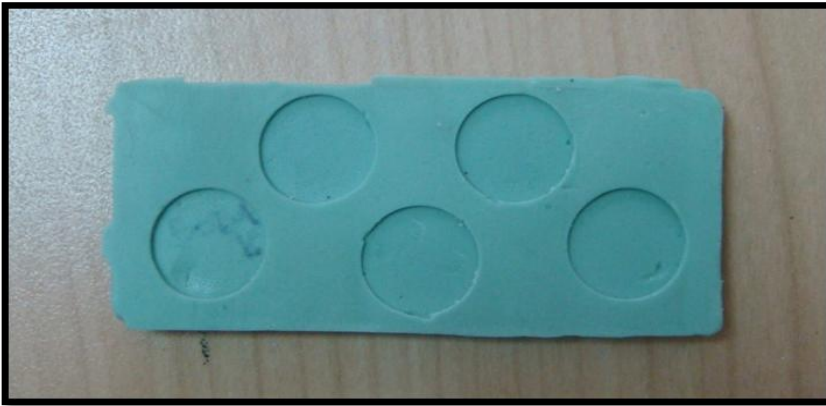
#### 3.1.1 IPS Empress e.max Press örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda kullanılacak olan seramik örneklerin preslenebilmesi için,  $1.2\pm 0.05$  mm kalınlık ve 15 mm çap olmak üzere metal diskler hazırlanmıştır. Bu örnekler, zımparalama işlemlerini takiben  $1\pm 0.05$  mm kalınlığa indirilmiştir (Resim 18).



**Resim 18:** Metal diskler

Hazırlanan metal diskler, yüksek vizkoziteli silikon esaslı bir ölçü maddesine (Zetaplus, Zhermack Spa, Italy) gömülerek bir ana model elde edilmiştir (Resim 19).



**Resim 19:** Metal disklerden elde edilen ana model



Bu ana model içine orta-sert, beyaz bir modelaj mumu (Real Art, aldente dental prodekte, Mackenbauren, Germany) ısıtılıp damlatılarak doldurulmuş (Resim 20), ana modelin üst kısmı sıcak bir spatül yardımı ile düzeltilmiş ve ölçü maddesi ile kenarı sıfırlanmıştır. Soğuması beklendikten sonra, mum diskler modelden ayrılmıştır (Resim 21, Resim 22).



**Resim 20:** Modelaj mumunun ısıtılıp ana modele dökülmesi



**Resim 21:** Modelaj mumu sertleştikten sonra çıkartılan mum örnekler



**Resim 22:** Metal diskler, ana model ve mum modeller

Mum örnekler için, üretici firmanın talimatları doğrultusunda, mum ağırlığına göre uygun boyutlarda manşet ve tabletlerin seçimi gerçekleştirilmiştir (Tablo 5, Resim 23).

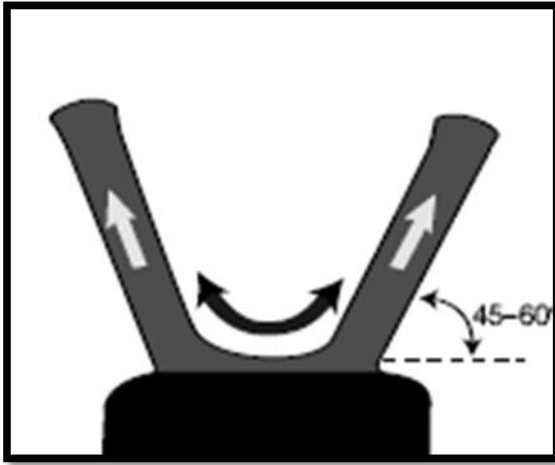
**Tablo 5:** Mum ağırlıklarına göre manşet ve tablet sistemleri

	Küçük Tablet	Büyük Tablet
Mum ağırlığı	0.75 gr ' a kadar	2.0 gr' a kadar
Manşet sistemi	100 gr ve 200 gr	200 gr



**Resim 23:** Mum ağırlıklarının ölçülmesi

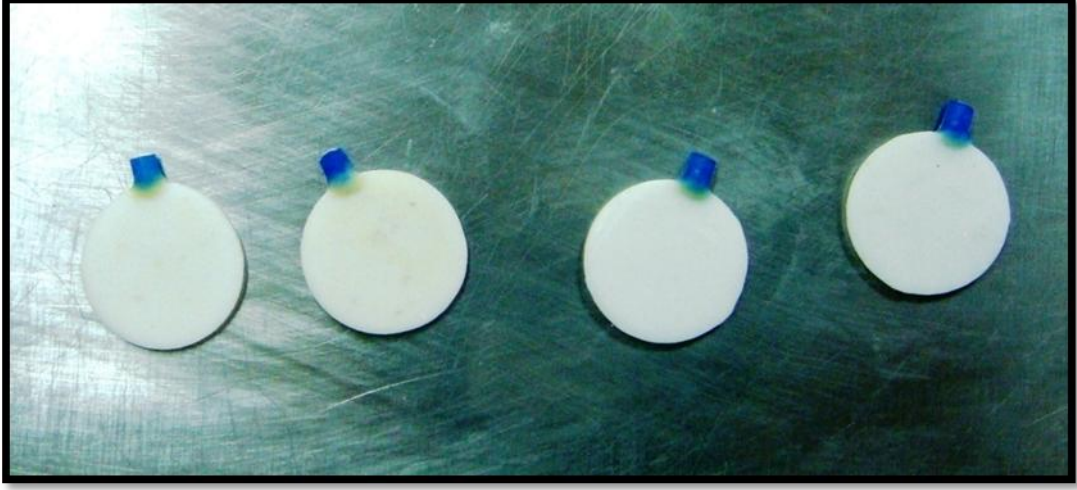
Hazırlanan mum örnekler, dörderli gruplar halinde, tij uzunlukları 5 mm olacak ve yatay düzlemle 45–60° açı yapacak şekilde (Resim 24) tijlenerek (Tablo 6) IPS Empress e.max Press için özel olarak üretilmiş 200 gr'lık hazır silikon manşetlere yerleştirilmiştir (Resim 25, Resim 26, Resim 27, Resim 28).



**Resim 24:** Tijin yatay düzlemle yapması gereken açı

**Tablo 6:** Tij özellikleri

Tij Çapı (Ø)	2.5 – 3 mm
Tij uzunlukları	Min. 3mm, max. 8 mm
Mum örneklerle beraber uzunluk	18 – 20 mm
Tijlerin yatay düzlemle yaptığı açı	45 – 60 °
Mum örnekler arası mesafe	3 – 4 mm
Mum örneklerin üst sınırı ile manşet kapağı arasındaki mesafe	10 mm



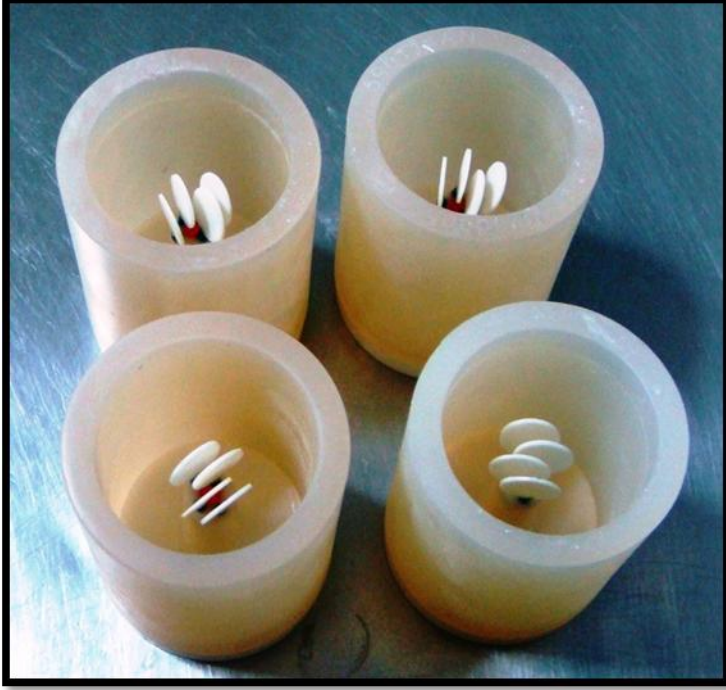
**Resim 25:** Tijenmiş mum örnekler



**Resim 26:** Silikon halkaya sabitlenmiş mum örnekler (Yandan görünüş)



**Resim 27:** Silikon halkaya sabitlenmiş mum örnekler (Üstten görünüş)



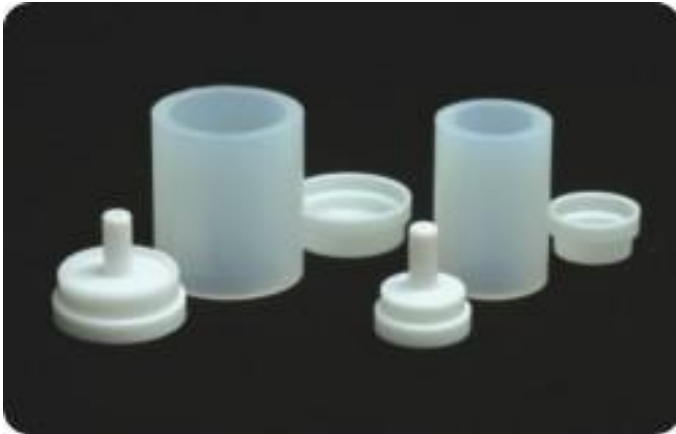
**Resim 28:** Silikon manşete alınmış mum örnekler

Revetman tozu ve likidi (IPS Press Vest Speed Investment, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) üretici firmanın talimatları doğrultusunda; 27 ml revetman sıvısı 11 ml distile su ile seyreltikten sonra 100 gr revetman tozu eklenerek, önce bir spatula yardımı ile 20 saniye karıştırılmıştır. Daha sonra karıştırma makinesinde (Smartmix, Amann Girrbach AG, Österreich, Germany) (Resim 29) vakum altında 60 saniye karıştırılarak karıştırma işlemi tamamlanmıştır.



**Resim 29:** Smartmix otomatik karıştırıcı

Hazırlanan revetman, silikon manşete (IPS Silicone ring, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein, Germany) (Resim 30) döküldükten sonra, vibrasyon aleti ile hava kabarcıklarının giderilmesi işlemi (Resim 31) tamamlanarak, revetmanın kapağı yerleştirilmiş (Resim 32, Resim 33), revetmanın sertleşmesi ve tepkimenin tamamlanması için 45 dakika beklemeye bırakılmıştır (Resim 34).



**Resim 30:** IPS Silicone ring (silikon halka) ve manşetleri



**Resim 31:** Revetmanın dökülmesi ve hava kabarcıklarının çıkartılması



**Resim 32:** Revetmanın kapatılması I



**Resim 33:** II



**Resim 34:** Revetmanın kapatılmış hali

45 dakikalık sertleşme sonrasında, revetman mum uçurma işlemine hazır hale gelmiştir. Manşetin üst ve alt kapakları çevrilerek çıkartıldıktan sonra, silikon manşet halkası dikkatlice revetman halkasından ayrılmıştır. Mum uçurma işlemi fırın sıcaklığı 850°C’ de iken yapılmaktadır. Revetman, ön ısıtma fırınının içine, halkanın açık ucu fırının arka duvarına doğru eğimli olacak şekilde yerleştirilmiştir (Resim 35). Üretici firmanın talimatları doğrultusunda alüminyum itici piston (IPS Alox Plunger, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein) (Resim 36) ve seramik ingotlar (IPS e.max Press Ingots, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein) (Resim 37) önceden ısıtılmamıştır. Büyük manşetler için 60 dak.’lık fırında bekletilme sonrasında, kullanılacak olan alüminyum oksit itici piston ve rengi seçilmiş seramik ingot soğuk olarak hazırlanmıştır. Presleme işlemi sırasında pistonun seramik tablete yapışmasının engellenebilmesi amacı ile piston yüzeyi bir izolasyon materyali (IPS e.max Alox Plunger Separator, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein, Germany) ile izole edilmiştir (Resim 38).





**Resim 35:** Manşetin ön ısıtma fırınındaki eğilendirilmiş duruşu



**Resim 36:** IPS e.max Alox Plunger – itici aluminyum piston



**Resim 37:** IPS e.max Press ingotları



**Resim 38:** IPS e.max Alox Plunger Separator

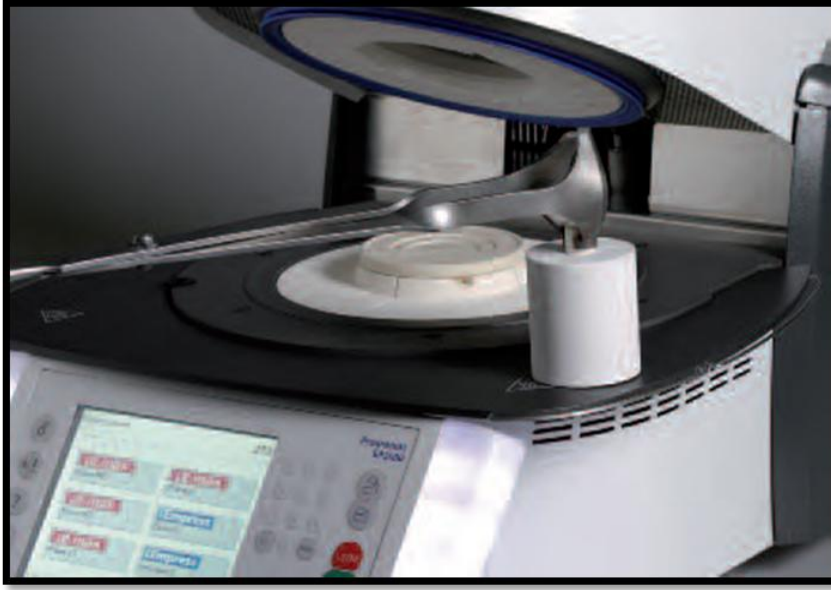
Fırından çıkarılan sıcak manşetin içine preslenecek olan soğuk seramik ingotlar, rengin kontrol edilebilmesi için yazılı kısım üste gelecek şekilde zaman kaybetmeden yerleştirilmiş, revetmanın soğumaması için 1 dak. içinde presleme fırınına nakledilmiştir. Aynı şekilde alüminyum oksit itici piston da soğuk şekilde, seramik tabletin arkasına yerleştirilmiştir (Resim 39, Resim 40, Resim 41).



**Resim 39:** IPS e.max Press seramik tablet ve IPS Alox Plunger (itici piston)

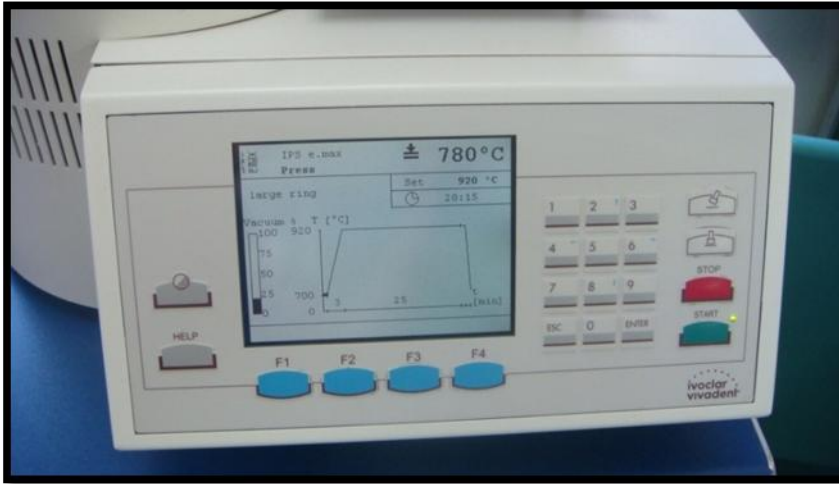


**Resim 40:** IPS e.max Press seramik tablet sıcak manşete yerleştirilirken



**Resim 41:** IPS e.max Alox Plunger – itici piston manşete yerleştirilirken

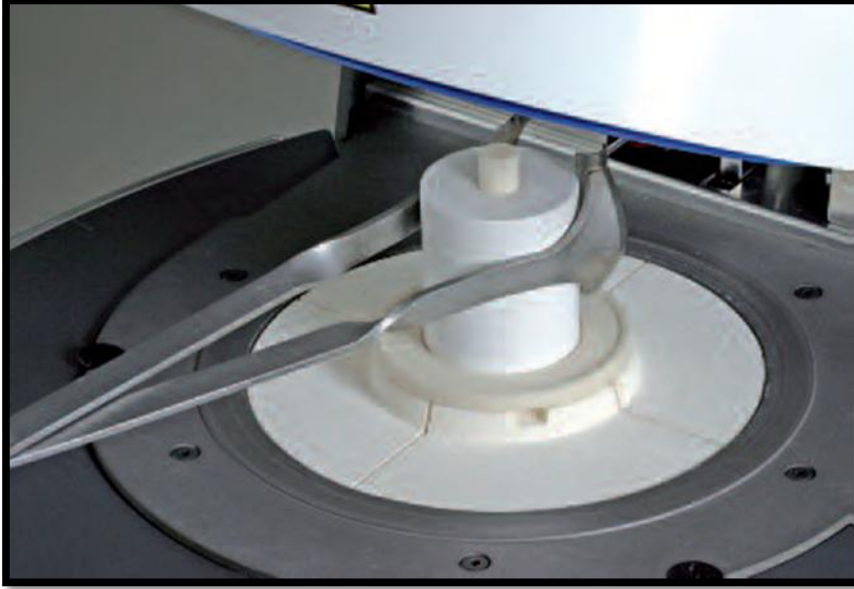
İçine soğuk seramik tablet ve alüminyum itici pistonun yerleştirildiği sıcak manşet preslenmeye hazır hale gelmiştir. Presleme işlemi için manşet, presleme fırınının (Ivoclar EP 600 Combi, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein, Germany) (Resim 42, Resim 43) orta kısmına bir maşa ile yerleştirilerek üretici firmanın talimatları uyarınca fırınlanmıştır (Tablo 7).



**Resim 42:** IPS Empress' e özel EP 600 Fırın

**Tablo 7:** IPS e.max Press seramik materyalinin EP 600 fırınında presleme programı

Başlangıç ısı	Son ısı	Isı artış oranı	Son ısıda presleme süresi
700 °C	920 °C	60 °C / dak.	25 dak.



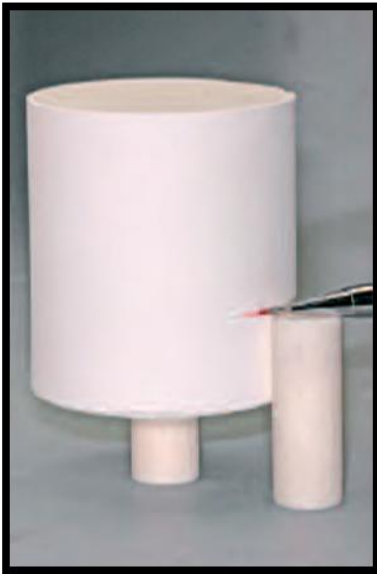
**Resim 43:** IPS e.max Press seramik tablet ve itici piston presleme fırınına yerleştirilirken

Revetman kalıp, presleme programının tamamlanmasını takiben bir maşa yardımı ile fırından çıkartılarak oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır (Resim 44).



**Resim 44:** Fırından çıkarılan sıcak manşetin soğumaya bırakılması

Yaklaşık 60 dakika içerisinde elle tutulabilecek kadar soğumuş olan manşet açılmış, fazla alüminyum oksit itici piston malzemesinin yeri işaretlenerek kesilmiştir (Resim 45, Resim 46, Resim 47).



**Resim 45:** Alüminyum itici pistonun uzunluğunun işaretlenmesi



**Resim 46:** İşaretlenen uzunluktan revetmanın separe ile kesilmesi

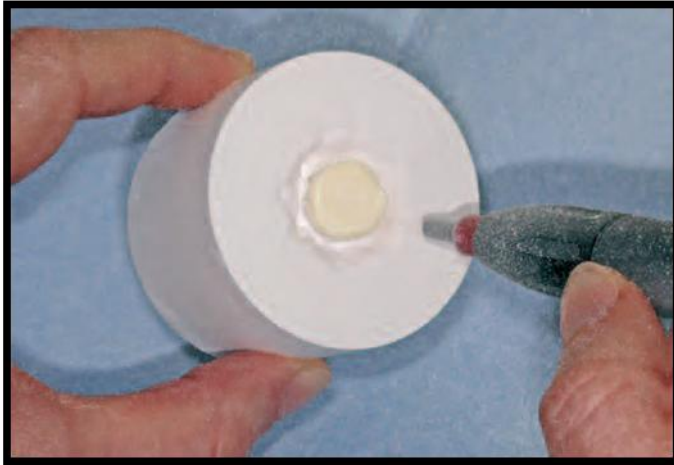


**Resim 47:** Kesilmiş revetman

Numunelerin çevresinde yer alan revetmanın temizlenmesi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle; 4 bar basınç altında 50  $\mu$ ' luk cam kum ile (Strahlmittel Abrasives, Rolloblast No:1594–1305) (Resim 3.1.1.31) örnekler görünmeye başlayıncaya kadar, daha sonra ise hassas temizleme işlemi için 2 bar basınç altında 50  $\mu$ ' luk cam kumla (Resim 48) kumlama işlemi (Resim 49) yapılarak uzaklaştırılmıştır.



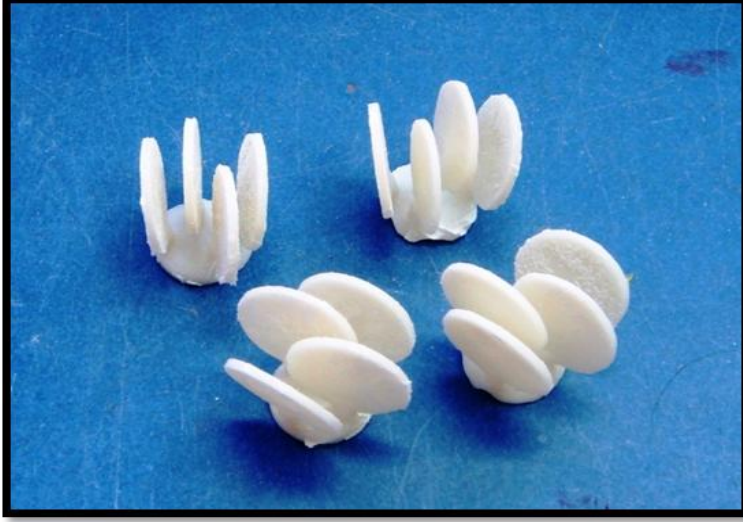
**Resim 48:** 50  $\mu$ ' luk cam kum



**Resim 49:** Kumlama işlemi

Revetmandan arındırılmış örneklerin (Resim 50), presleme işlemi sırasında yüzeylerinde meydana gelen reaksiyon tabakasının uzaklaştırılması ve yüzeylerinin temizlenmesi için; içerisinde %1' den az miktarda hidroflorik ve fosforik asit bulunan bir likit (IPS e.max Press Invex Liquid, Ivoclar Vivadent, Schaan Liechtenstein, Germany) (Resim 51) kullanılmıştır. Örneklerin üzeri tamamen likitle kaplanarak 10 dakika, daha sonra ise ultrasonik temizleyicide 30 dakika bekletilmiştir (Resim 52).





**Resim 50:** Revetmandan çıkarılan örnekler



**Resim 51:** IPS e.max Press Invex Liquid



**Resim 52:** IPS e.max Press Invex Liquid içerisinde bekletilen örnekler

Solüsyondan çıkarılan örnekler distile su ile yıkanıp kurutulmuş ve  $100\mu'$  luk  $Al_2O_3$  tozu (Strahlmittel Abrasives, Rolloblast No: 1583–1005, Renfert, Germany) kullanılarak kumlanmıştır. Örnekler ince bir elmas separe ile basınç uygulanmadan ve düşük devirde tijlerinden ayrılarak buhar makinasında (Bego Triton SLA, Germany) (Resim 53) temizlenmiştir.



**Resim 53:** Buharla temizleme aleti (Bego Triton SLA)

### 3.1.2 Örneklerin Yüzey Bitim İşlemleri

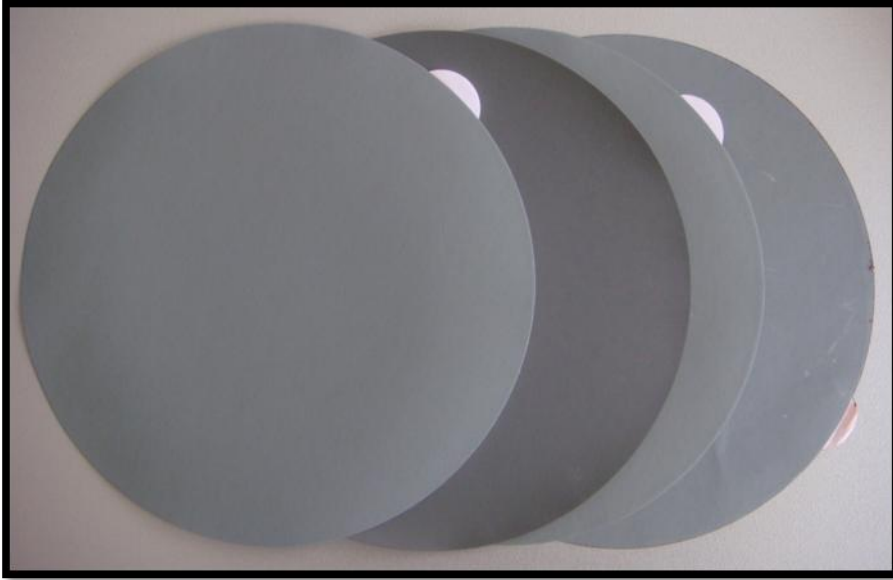
Presleme sonrasında IPS e.max Press tam seramik sistemi kullanılarak, 15 mm çap ve  $1.2\pm 0.05$  mm kalınlıkta, 180 adet disk elde edilmiştir (Resim 54). Bu 180 adet diskin yüzey işlemleri; yüzey aşındırma ve parlatma cihazında (Phoenix Beta, Buehler, Illinois, USA) (Resim 55) yapılmıştır. Dakikada 100 devir ile yapılan aşındırmada sırası ile; 320, 600, 800, 1000 ve 1200 numaralı silikon karbid aşındırma kağıtları (Buehler Abrasives, Germany) (Resim 56) kullanılmıştır. Her örnek, su altında ayrı ayrı ve 15 sn süresince parmak basıncı (Resim 57) ile zımparalanmış ve cilalanmıştır. Zımparalama ve aşındırma işlemleri süresince, örneklerin kalınlıkları elektronik bir kumpas (Absolutte Digimatic Caliper, Mitutoyo, Kawasaki, Japan) (Resim 58) ile ölçülerek, örnekler  $1\pm 0.05$  mm kalınlığa gelecek şekilde inceltirilmiştir.



**Resim 54:** Zımparalanmaya hazır hale gelmiş IPS e.max Press alt yapılar



**Resim 55:** Yüzey aşındırma ve parlatma cihazı



**Resim 56:** Yüzey aşındırma kağıtları



**Resim 57:** Parmak basıncı ile yüzey işlemleri yapılması



**Resim 58:** Elektronik kumpas

### 3.2 İlk Spektrofotometrik Ölçüm

Örneklerin renk ölçümleri Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Test Laboratuvarında bulunan spektrofotometre cihazı (CM-2600d, Konica Minolta Sensing Inc., Sakai-ku, Sakai, Osaka, Japan) (Resim 59) ve “Spectra-Magic 3.1” bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometrede her örnek için üç farklı noktadan ölçüm yapılmıştır (Resim 60). Bilgisayar programı kullanılarak bu ölçümlerin ortalama değeri elde edilmiştir.



**Resim 59:** Spektrofotometre cihazı



**Resim 60:** Örneklerin spektrofotometreye yerleştirilmesi

Yüzey pürüzlerinden arındırma ve cilalama işlemleri tamamlanmış A1 ve A3 renklerinden oluşan, 15 mm çapında ve  $1\pm 0.05$  mm kalınlığındaki 90'ar adet, toplamda 180 adet örnek diskin, rezin siman uygulaması öncesinde ilk spektrofotometrik ölçümleri yapılmış ve renk özellikleri CIELab renk sistemine göre elde edilmiştir. Elde edilen veriler kaydedilerek, siman uygulaması sonrasında yapılacak ikinci ölçümler için bekletilmiştir.

### 3.3 Rezin simanların alt yapı disklerine uygulanması

90 adet A1 ve 100 adet A3 renklerinden meydana gelen tam seramik disklerin tümüne rezin simanlar uygulanmıştır. Alt yapı disklerine uygulanan rezin simanlar ve renkleri Tablo 8' de gösterilmektedir.

**Tablo 8:** Çalışmada kullanılan farklı renkteki alt yapı diskleri ve rezin simanların renkleri ve örnek sayıları

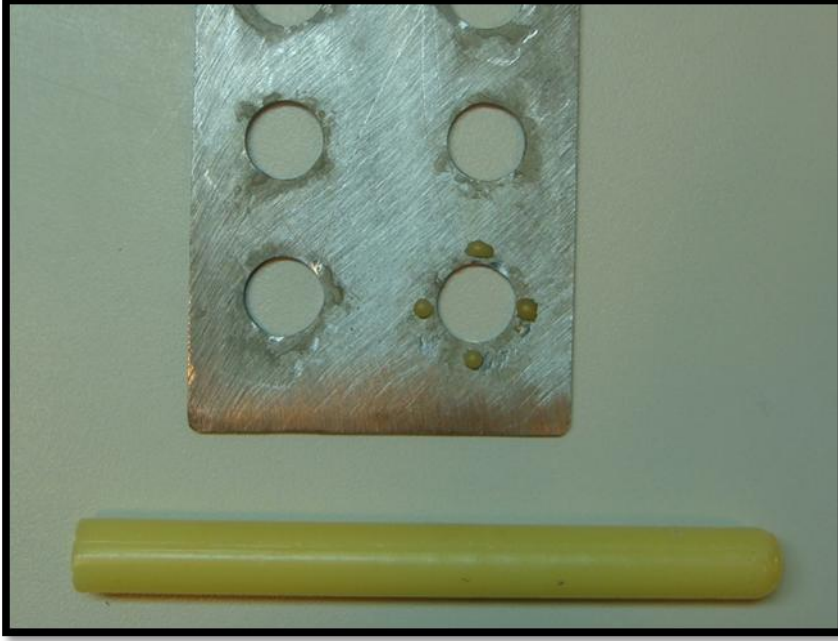
Alt yapı disk rengi	Rezin simanlar	Resin siman rengi	Örnek sayısı (n)
A1	Panavia F 2.0	Light	10
		White	10
		Opaque	10
	Rely X U100	Tracent	10
		A1	10
		A3	10
	Variolink 2.0	Translucent	10
		A1	10
		A3	10
A3	Panavia F 2.0	Light	10
		White	10
		Opaque	10
	Rely X U100	Tracent	10
		A2	10
		A3	10
	Variolink 2.0	Translucent	10
		A1	10
		A3	10

Seramik diskler üzerine uygulanacak siman kalınlığında standardizasyon sağlanması amacı ile, üzerinde 10 adet daire şeklinde, 0.7 mm kalınlık ve 10 mm çapta boşluklar bulunan dökümden metal bir model hazırlanmıştır (Resim 61). Seramik diskler, metal modeldeki boşluklar üzerine, cilalı yüzeyleri yukarıda olacak şekilde merkezi olarak yerleştirilmiş ve dış kenarlarından sirkolan mumu ile modele sabitlenmiştir (Resim 62). Metal model ters çevrildiğinde, boşluklardan tam seramik disklerin yüzey işlemi yapılmamış yüzeyleri görünmektedir (Resim 63). Rezin simanlar, bu yüzeyler üzerine uygulanmıştır. Metal modelin üzerinden taşan fazla rezin siman, ince bir spatül yardımı ile temizlenmiş sonrasında da 80 w'lık ampule sahip bir halojen ışık cihazı (Optilux 501, Demetron/Kerr Corporation, Danbury, USA) (Resim 64) kullanılarak polimerize edilmiştir. Böylelikle, her örnek üzerinde 0.7 mm rezin siman kalınlığı elde edilmiştir.



**Resim 61:** Üzerinde boşluklar bulunan metal model





**Resim 62:** Disklerin metal modele sabitlenmesi



**Resim 63:** Sabitlenmiş diskler



**Resim 64:** Optilux 501 ışın cihazı

Rezin simanın polimerizasyonu tamamlandıktan sonra diskler metal modelden teker teker ayrılmış ve her birine ayrı bir numara verilerek saklanmıştır (Resim 65).



**Resim 65:** Rezin siman uygulamasından sonra disklerin saklanması

### 3.3.1 Panavia F 2.0 in Uygulanması

Dual-cure (hem fiziksel hem de kimyasal yöntemlerle polimerize olan) bir rezin siman olan Panavia F 2.0, üretici firmanın talimatları doğrultusunda A ve B patlarından eşit miktarlarda olmak üzere en az 20 sn. boyunca karıştırılarak, diskler metal modele sabitlendikten sonra metal modeldeki boşluklar içine uygulanmıştır. Taşan siman temizlendikten sonra polimerizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Üretici firma talimatlarına göre, polimerizasyon 5 farklı noktadan 20' şer saniye süresince yapıldıktan sonra diskler metal modelden ayrılmıştır (Resim 66).



Resim 66: Panavia F 2.0 uygulaması

### 3.3.2 Rely X U100'ün Uygulanması

Panavia F 2.0 gibi Rely X U100 de bir dual-cure resin simandır. Üretici firmanın verdiği talimatlar uyarınca; “Clicker” denilen basmalı bir ambalajda bulunan rezin siman gerekli miktarlarda karıştırma kağıdına sıkılıp (Resim 67) 20 saniye boyunca karıştırıldıktan sonra, metal modele sabitlenmiş seramik disklerin yüzey işlemi uygulanmamış olan yüzeylerine yerleştirilmiştir. Fazlalıklar temizlendikten sonra polimerizasyon işlemine geçilmiştir.

Üretici firma talimatlarına göre beş farklı noktadan 20’ şer saniye ışık verildikten sonra diskler metal modelden ayrılmıştır.



**Resim 67:** Rely X U100 uygulaması

### 3.3.3 Variolink 2'nin Uygulanması

Çalışmamızda kullanılan diğer iki rezin siman gibi Variolink 2.0 (Resim 68) da bir dual-cure rezin simandır. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda, Variolink II katalizör ve Variolink II baz karıştırılarak, metal modele sabitlenmiş disklerin yüzey işlemi gerçekleştirilmemiş kısımlarına uygulanmıştır. Fazlalıklar temizlendikten sonra firma talimatlarına göre farklı noktalardan 40 saniye ışık verilerek polimerizasyon sağlanmıştır.



**Resim 68:** Variolink 2.0 uygulaması

### 3.4 İkinci Spektrofotometrik Ölçüm

A1 ve A3 renklerindeki 180 örnekten meydana gelen IPS e.max Press tam seramik alt yapı diskleri üzerine; üç farklı markanın, üç farklı renginde rezin siman uygulanmıştır. İlk spektrofotometrik ölçümler sonrasında numaralandırılan ve numara sıralarına göre saklanan bu örnekler, rezin siman uygulaması sonrasında; aynı sıraya göre ikinci spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Renk okumaları öncesinde cihazın bilgisayar programı kullanılarak gerekli olan kalibrasyonlar ve ayarlamalar yapılmış ve tüm disk örnekleri yüzey işlemleri yapılmış olan tarafları üstte kalacak şekilde spektrofotometre cihazına yerleştirilmiştir. Örneklerin renk okumaları üç farklı noktadan alınmıştır. Bu farklı noktaların ortalama değerleri, bilgisayar tarafından kaydedilmiştir. Elde edilen veriler aşağıdaki formüle uygulanarak  $\Delta E$  değerleri bulunmuştur.

$$\Delta E_{2-1} = [ (\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 ]^{1/2}$$

Elde edilen veriler, spektrofotometrik değerlerin klinik olarak değerlendirilebilmesi amacı ile aşağıdaki formül kullanılarak National Bureau of Standards birimlerine (NBS units) çevrilmiştir.

$$\text{NBS birimleri} = \Delta E \times 0.92$$

### 3.5 İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda kullanılan istatistiksel analizler, NCSS 2007 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma, standart hata, oranca) yanı sıra renk ve materyal karşılaştırmalarında iki yönlü varyans analizi (Two-Way ANOVA) kullanılmıştır. Simanlı ve simansız örneklerin karşılaştırılmasında, örnek sayısı göz önüne alınarak parametrik olmayan Mann Whitney-U testi kullanılmıştır. A1 ve A3 renk alt yapılar da meydana gelen renk değişimleri ise, eşleştirilmiş t-testi (Paired samples t-test) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar %95' lik güven aralığında ve  $p < 0.05$  anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Rezin siman uygulaması sonrasında ölçülen L\*, a\* ve b\* değerlerine ait bulgular:

A1 ve A3 renk tam seramik disklerin rezin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki renk ölçümlerine ait L\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 9'da gösterilmektedir.

**Tablo 9:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki L\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

Seramik	Siman	L*			
		Simansız	Simanlı	MW	p
A1	Panavia Light	79,73±0,51	81,5±0,91	10	<b>0,002</b>
	Panavia White	87,58±0,7	84,16±0,57	0	<b>0,0001</b>
	Panavia Opak	87,67±0,4	85,28±0,35	0	<b>0,0001</b>
	Rely X Tracent	87,74±0,67	79,98±0,99	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	87,82±0,53	80,21±1,24	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A3	87,98±0,4	83,24±0,52	0	<b>0,0001</b>
	Variolink Translucent	88,23±0,63	78,97±0,99	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	87,76±0,68	80,35±0,71	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	87,66±0,43	78,95±1,43	0	<b>0,0001</b>
A3	Panavia Light	84,21±0,49	78,8±0,5	0	<b>0,0001</b>
	Panavia White	84,27±0,63	82,52±0,58	2	<b>0,0001</b>
	Panavia Opak	84,33±0,69	82,67±0,53	3	<b>0,0001</b>
	Rely X Tracent	84,24±0,33	78,26±0,51	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	84,2±0,53	77,44±0,93	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A3	84,44±0,41	80,72±0,44	0	<b>0,0001</b>
	Variolink Translucent	84,08±0,45	77,31±0,61	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	84,33±0,96	76,94±0,51	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	84,44±0,52	76,55±0,78	0	<b>0,0001</b>

Tüm disklerle yapılan siman uygulamaları sonrasında L\* değerleri sadece Panavia Light eklenmiş A1 renk alt yapı disklerinde istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşük bulunmuş, diğer tüm gruplarda ise L\* değeri istatistiksel olarak anlamlı şekilde yükselmiştir (Tablo 9).

A1 ve A3 renk tam seramik disklerin rezin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki renk ölçümlerine ait a\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 10'da gösterilmektedir.

**Tablo 10:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki a\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

Seramik	Siman	a*			
		Simansız	Simanlı	MW	p
A1	Panavia Light	0,36±0,26	1,77±0,59	1	<b>0,0001</b>
	Panavia White	0,22±0,26	0,32±0,22	37,5	0,344
	Panavia Opak	0,36±0,16	1,99±0,46	0	<b>0,0001</b>
	Rely X Tracnet	0,28±0,15	-1,05±0,35	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	0,32±0,33	0,13±0,3	35	0,256
	Rely X A3	0,31±0,25	1,18±0,51	9	<b>0,002</b>
	Variolink Translucent	0,27±0,22	-0,56±0,26	1	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	0,33±0,29	-0,38±0,2	3,5	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	0,35±0,32	0,19±0,46	40,5	0,472
A3	Panavia Light	3,53±0,31	3,47±0,31	45	0,705
	Panavia White	3,4±0,32	2,9±0,35	14,5	<b>0,007</b>
	Panavia Opak	3,4±0,34	4,93±0,2	0	<b>0,0001</b>
	Rely X Tracnet	3,52±0,15	1,16±0,2	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	3,5±0,29	1,18±0,23	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A3	3,33±0,26	3,28±0,24	47	0,821
	Variolink Translucent	3,55±0,29	1,67±0,28	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	3,48±0,25	1,13±0,38	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	3,35±0,23	2,04±0,46	0	<b>0,0001</b>

Tüm disklerle uygulanan rezin simanlar arasında, Panavia Light eklenmiş A1, Panavia Opak eklenmiş A1, Rely X A3 eklenmiş A1 alt yapı disk gruplarında **a\* değeri**; siman eklenmemiş disklerle göre, istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Panavia White eklenen A1, Rely X A2 eklenen A1, Variolink A3 eklenen A1, Panavia Light eklenen A3 ve Rely X A3 eklenen A3 renk alt yapı disk gruplarında **a\* değeri**; siman eklenmemiş diskler ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Kalan tüm gruplarda ise, simanların eklenmesi **a\* değeri**nde istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 10).



A1 ve A3 renk tam seramik disklerin rezin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki renk ölçümlerine ait b\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 11’de gösterilmektedir.

**Tablo 11:** Disklerin siman uygulaması öncesi ve sonrasındaki b\* değerleri ve istatistiksel analiz verileri

Seramik	Siman	b*			
		Simansız	Simanlı	MW	p
A1	Panavia Light	17,98±0,71	15,29±1,17	2	<b>0,0001</b>
	Panavia White	17,43±0,71	16,12±0,69	7,5	<b>0,001</b>
	Panavia Opak	17,9±0,42	16,8±0,85	12,5	<b>0,005</b>
	Rely X Tracent	17,91±0,68	11,33±1,1	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	17,89±0,73	12,18±1,21	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A3	18,05±0,62	14,53±0,84	0	<b>0,0001</b>
	Variolink Translucent	18,21±0,52	11,14±0,71	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	17,91±0,61	10,57±0,66	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	17,64±1,21	10,43±0,87	0	<b>0,0001</b>
A3	Panavia Light	23,2±0,49	18,42±0,9	0	<b>0,0001</b>
	Panavia White	22,74±0,7	20,34±0,78	1	<b>0,0001</b>
	Panavia Opak	22,81±0,59	21,02±0,49	1	<b>0,0001</b>
	Rely X Tracent	23,13±0,79	16,43±0,77	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A2	22,81±0,76	14,25±0,5	0	<b>0,0001</b>
	Rely X A3	22,43±0,94	18,08±0,71	0	<b>0,0001</b>
	Variolink Translucent	23,39±0,61	16,31±0,84	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A1	23,08±0,54	14±0,63	0	<b>0,0001</b>
	Variolink A3	22,59±0,57	13,93±0,84	0	<b>0,0001</b>

Alt yapı disklerine rezin simanların eklenmesinden sonra tüm örneklerde **b\*** değeri, siman eklenmemiş disklerle göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 11).

## 4.2 Rezin siman uygulaması sonrasında meydana gelen $\Delta E$ ve NBS değerleri

Rezin simanlar uygulandıktan sonra disklerde meydana gelen ortalama renk değişimleri ( $\Delta E$ ) ve klinik algısını gösteren NBS kriterleri Tablo 12’de gösterilmektedir.

**Tablo 12:** Disklerin siman uygulamasından sonraki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) ve NBS değerleri

Seramik	Siman	$\Delta E$	NBS
A1	Panavia Light	7.11	6.54
	Panavia White	3.66	3.36
	Panavia Opak	3.24	2.98
	Rely X Tracent	9.24	8.51
	Rely X A2	9.81	9.02
	Rely X A3	6.02	5.53
	Variolink Translucent	12.91	11.49
	Variolink A1	10.16	9.34
	Variolink A3	12.48	11.48
A3	Panavia Light	7.02	6.46
	Panavia White	3.07	2.82
	Panavia Opak	2.99	2.75
	Rely X Tracent	9.48	8.73
	Rely X A2	11.25	10.35
	Rely X A3	5.58	5.13
	Variolink Translucent	8.69	7.99
	Variolink A1	12.07	11.1
	Variolink A3	11.72	11.7

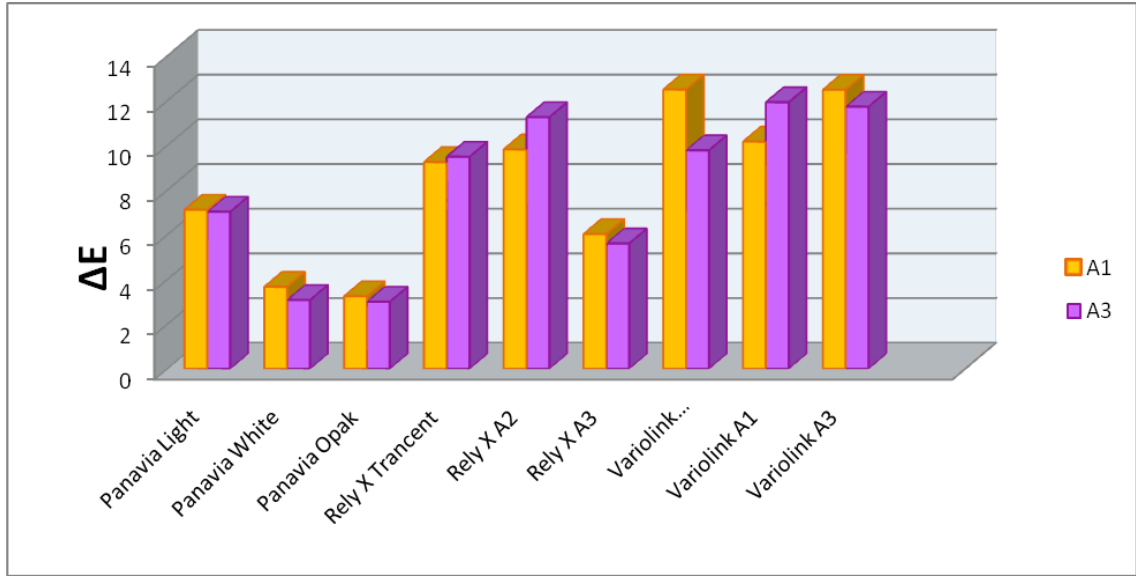
Tablo sonuçlarına göre, Panavia White, Panavia Opak ve Rely X A3 renk rezin simanların hem A1 hem A3 renk alt yapı disklerine uygulanması NBS kriterlerine göre, “**fark edilebilir**” bir değişim meydana getirirken, diğer bütün rezin simanlar her iki renk alt yapı diskleri üzerinde “**oldukça belirgin**” renk değişimine sebep olmuştur.

**4.3 Rezin simanların A1 ve A3 renk seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk farklılıklarının karşılaştırılmasına ait bulgular:**

Farklı marka ve renklerdeki rezin simanların ayrı ayrı A1 ve A3 renk alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği renk değerlerinin karşılaştırılmasına ait bulgular Tablo 13 ve Şekil 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 13:** Rezin simanların A1 ve A3 seramik diskler üzerinde meydana getirdikleri renk farklılıklarının karşılaştırılması (Eşleştirilmiş t-testi: Paired Samples t-test)

Eşleşmiş farklar									
Siman renkleri	Eşleşmiş örnekler		%95 Güven aralığı						
	Ortalama	Ort.	SS	SE	Alt	Üst	t	P	
	$\Delta E$			Ort.					
<b>Seramik</b>									
	<b>A1</b>	<b>A3</b>							
<b>Panavia Light</b>	7,11	7,02	9,10	0,96	0,30	-0,60	0,78	0,29	0,773
<b>Panavia White</b>	3,66	3,07	0,59	0,55	0,17	0,19	0,98	3,38	<b>0,008</b>
<b>Panavia Opak</b>	3,24	2,99	0,24	0,36	0,11	-1,05	0,50	2,16	<b>0,058</b>
<b>Rely X Traccent</b>	9,24	9,48	-0,24	1,11	0,35	-1,03	0,55	-0,68	0,511
<b>Rely X A2</b>	9,81	11,2	-1,43	0,81	0,25	-2,02	-0,85	-5,56	<b>0,000</b>
<b>Rely X A3</b>	6,02	5,58	0,41	1,10	0,34	-0,37	1,20	1,19	0,263
<b>Variolink Transludent</b>	12,9	8,69	2,72	0,86	0,27	2,10	3,34	9,96	<b>0,000</b>
<b>Variolink A1</b>	10,1	12,0	-1,75	0,94	0,30	-2,43	-1,07	-5,84	<b>0,000</b>
<b>Variolink A3</b>	12,4	11,7	0,76	1,00	0,31	4,61	1,48	2,40	<b>0,039</b>



**Şekil 1:** Rezin simanların A1 ve A3 renk diskler üzerinde meydana getirdikleri renk farklılıkları grafiği

Çalışmamızda kullanılan tüm rezin simanların, A1 ve A3 renk seramik diskler üzerine uygulandığında meydana gelen renk farklılıklarının ( $\Delta E$ ) bulgularına göre; Rely X A2, tüm Variolink renkleri ile Panavia White ve Opak renk rezin simanların uygulanması sonucunda A1 ve A3 renk seramik disklerde istatistiksel olarak anlamlı ölçüde renk değişimi meydana gelmiştir. Panavia Light, Rely X Tracent ve A3'ün uygulanması ise, farklı renk diskler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı renk farklılığı meydana getirmemiştir (Tablo 13).

Panavia rezin simanının tüm renkleri A1 renk diskler üzerinde daha fazla renk değişimi meydana getirmiştir. Rely X rezin simanda, Tracent ve A2 renkleri, A3 renk seramik diskler üzerinde daha fazla renk değişimi meydana getirirken, A3 renk ise A1 renk alt yapıda daha fazla renk değişimi göstermiştir. Variolink'te ise; Transludent ve A3 renkleri A1 renk alt yapıda daha belirgin renk değişikliğine sebep olurken, A1 rengi ise A3 renk alt yapıda daha belirgin renk değişimi meydana getirmiştir (Şekil 1).

#### 4.4 Farklı markalardaki rezin simanların translusent renklerinin karşılaştırılmasına ait bulgular:

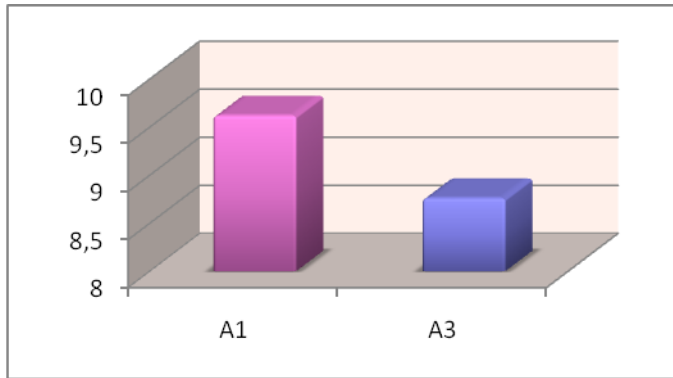
##### 4.4.1 Translusent renk simanların seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişikliklerine ait bulgular:

Translusent renk simanların marka ayrımı olmaksızın, seramik disklerin farklı renkleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 14 ve Şekil 2’de gösterilmektedir.

**Tablo 14:** Translusent renk simanlar eklendikten sonra seramik disklerde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Seramik	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
A1	9,62	0,12	9,38	9,85
A3	8,76	0,12	8,52	8,99

Çiftli karşılaştırmalar	p
A1/A3	0,0001



**Şekil 2:** Marka ayrımı yapılmaksızın tüm translusent renk simanların alt yapı disk renkleri üzerindeki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Farklı markalardaki rezin simanların translusent renklerinin uygulanması, A3 renk seramik diskler üzerinde A1 renk disklerle göre daha az renk değişimi meydana getirmiştir. Bu renk değişimi farkı istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,0001$ ) (Tablo 14).

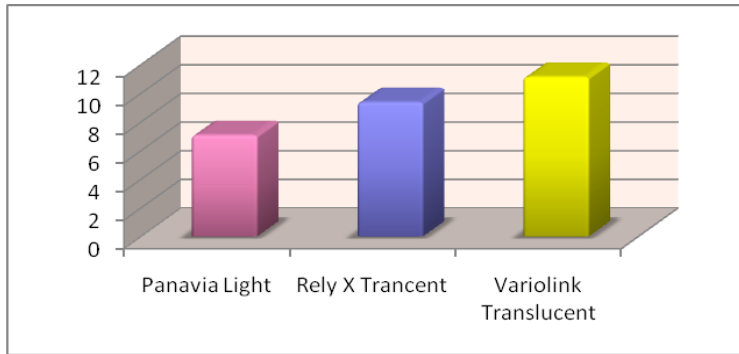
#### 4.4.2 Transludent renk simanların oluşturduğu renk değişikliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular:

Rezin simanların transludent renklerinin, seramik renk ayırımına bakılmadan tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 15 ve Şekil 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 15:** Rezin simanların transludent renklerinin seramik renk ayırımı yapılmaksızın tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Siman	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
Panavia Light	7,07	0,14	6,78	7,35
Rely X Tracent	9,37	0,14	9,08	9,66
Variolink Translucent	11,13	0,14	10,84	11,42

Çiftli karşılaştırmalar	p
Panavia Light/Rely X Tracent	<b>0,0001</b>
Panavia Light/Variolink Translucent	<b>0,0001</b>
Rely X Tracent/Variolink Translucent	<b>0,0001</b>



**Şekil 3:** Transludent renk simanların seramik renk ayırımı yapılmaksızın birbirleri arasındaki renk farklılıklarının grafiği

Renk ayırımı gözetilmeksizin tüm seramik diskler üzerine eklenen transludent renk simanlar arasında en fazla renk değişimini Variolink Translucent eklenen seramik diskler göstermiştir. Rely X Tracent, Variolink Translucent'i izlerken, en az renk değişimini ise Panavia Light göstermiştir. Tüm renk değişimleri istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,0001$ ) (Tablo 15).

#### 4.5 Rely X ve Variolink rezin simanların A3 renklerinin karşılaştırılmasına ait bulgular:

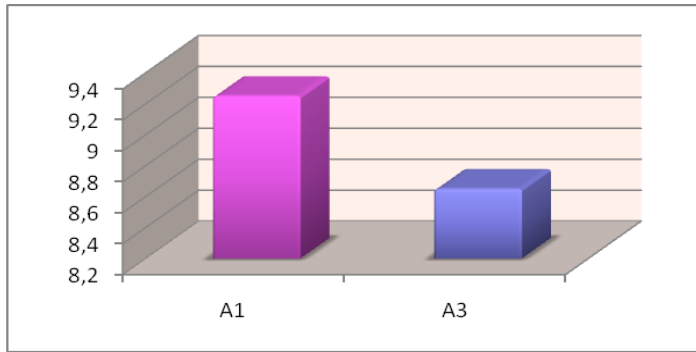
##### 4.5.1 A3 renk rezin simanların seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular:

A3 renk simanların marka ayrımı olmaksızın, farklı renk seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 16 ve Şekil 4'te gösterilmektedir.

**Tablo 16:** A3 renk simanlar eklendikten sonra seramik disklerde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Seramik	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
A1	9,25	0,15	8,95	9,56
A3	8,65	0,15	8,35	8,96

Çiftli karşılaştırmalar	p
A1/A3	<b>0,008</b>



**Şekil 4:** Marka ayrımı yapılmaksızın tüm translüsent renk simanların alt yapı disk renkleri üzerindeki ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Rely X ve Variolink rezin simanların A3 renklerinin seramik diskler üzerine uygulanması sonucunda, A3 renk disklerde A1 renk disklerle göre daha az renk değişimi gözlenmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,008$ ) (Tablo 16).

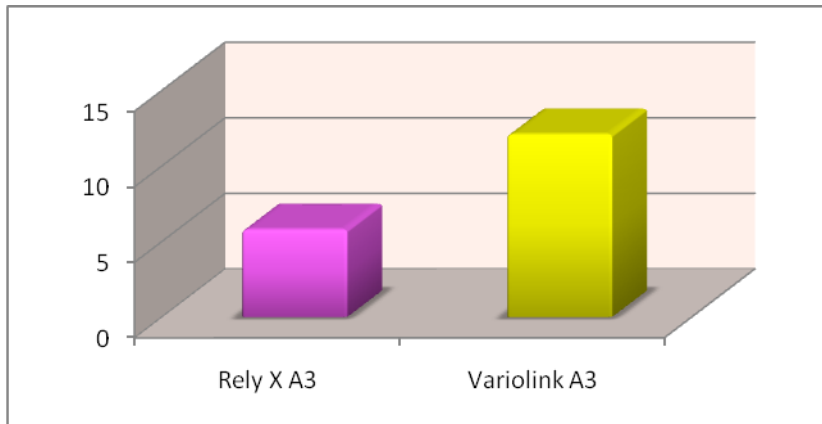
#### 4.5.2 A3 renk simanların oluşturduğu renk değişikliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular:

Rezin simanların A3 renklerinin, seramik renk ayırımına bakılmadan tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 17 ve Şekil 5'te gösterilmektedir.

**Tablo 17:** Rezin simanların A3 renklerinin seramik renk ayırımı yapılmaksızın tüm diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Siman	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
Rely X A3	5,80	0,15	5,50	6,11
Variolink A3	12,10	0,15	11,80	12,41

Çiftli karşılaştırmalar	p
Rely X A3 / Variolink A3	<b>0,0001</b>



**Şekil 5:** A3 renk simanların seramik renk ayırımı yapılmaksızın birbirleri arasındaki renk farklılıklarının grafiği

Rely X ve Variolink rezin simanların A3 renklerinin renk ayırımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerine uygulanması sonucu; Variolink A3, Rely X A3'e göre çok daha belirgin renk farklılığı meydana getirmiştir. Bu renk farklılığı istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,0001$ ) (Tablo 17).



#### 4.6 Panavia F 2.0 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular:

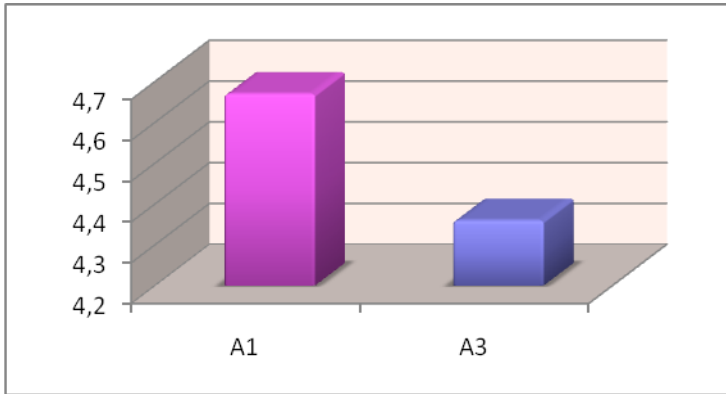
##### 4.6.1 Panavia F 2.0'ın seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular:

Panavia rezin simanının renk ayırımına bakılmaksızın tüm renklerinin, seramik disklerin farklı renkleri üzerine uygulandığında meydana gelen ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 18 ve Şekil 6'te gösterilmektedir.

**Tablo 18:** Panavia rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Seramik	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
A1	4,67	0,09	4,50	4,85
A3	4,36	0,09	4,19	4,54

Çiftli karşılaştırmalar	p
A1/A3	<b>0,016</b>



**Şekil 6:** Panavia rezin simanının renk ayırımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Panavia rezin simanının tüm renklerinin seramik diskler üzerine uygulanması, A1 renk disklerde A3 renk disklerle oranla daha fazla renk değişikliği meydana getirmiştir. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,016$ ).

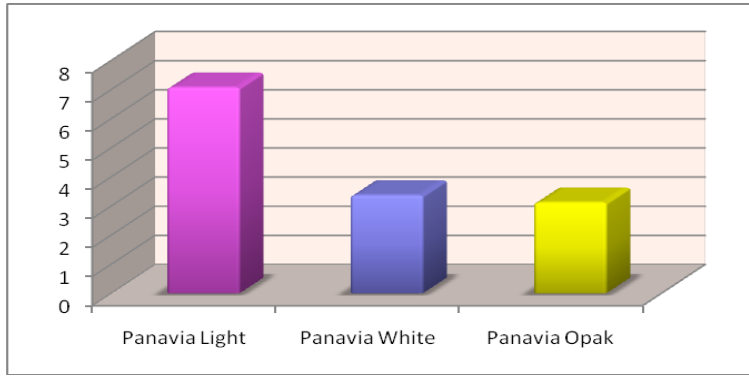
#### 4.6.2 Panavia F 2.0 renklerinin oluşturduğu renk değişikliklerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular:

Panavia rezin simanının tüm renklerinin, seramik alt yapı renk farkı gözetilmeksizin tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 19 ve Şekil 7’de gösterilmektedir.

**Tablo 19:** Panavia simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Siman	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
Panavia Light	7,07	0,11	6,85	7,28
Panavia White	3,37	0,11	3,15	3,58
Panavia Opak	3,12	0,11	2,90	3,33

Çiftli karşılaştırmalar	p
Panavia Light/Panavia White	<b>0,0001</b>
Panavia Light/Panavia Opak	<b>0,0001</b>
Panavia White/Panavia Opak	0,108



**Şekil 7:** Panavia rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Panavia rezin simanının renk farkı gözetilmeksizin tüm seramik diskler üzerine uygulanması sonucunda, Panavia Opak istatistiksel olarak en az renk farklılığı gösteren siman olmuştur ( $p=0,0001$ ). Panavia White onu izlerken, en fazla renk farklılığını ise, Panavia Light göstermiştir. Ancak Panavia White ve Light renkleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ( $p=0,108$ ) (Tablo 19).

#### 4.7 Rely X U100 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular:

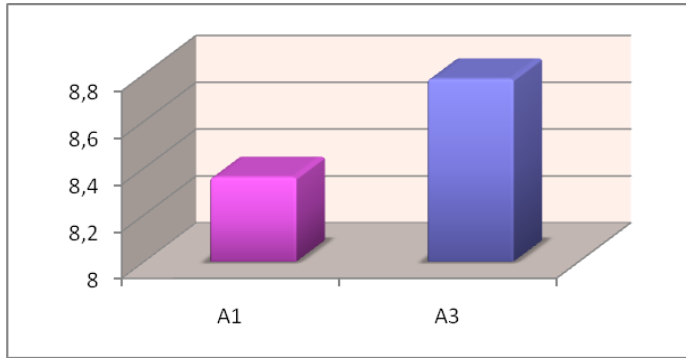
##### 4.7.1 Rely X U100'ün seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular:

Rely X rezin simanının renk ayırımına bakılmaksızın tüm renklerinin, seramik disklerin farklı renkleri üzerine uygulandığında meydana gelen ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 20 ve Şekil 8'de gösterilmektedir.

**Tablo 20:** Rely X rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Seramik	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
A1	8,36	0,12	8,11	8,61
A3	8,78	0,12	8,53	9,02

Çiftli karşılaştırmalar	p
A1/A3	<b>0,021</b>



**Şekil 8:** Rely X rezin simanının renk ayırımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Rely X rezin simanının tüm renklerinin A1 ve A3 renk seramik diskler üzerine uygulanması sonucunda, A1 renk disklerde A3 renk disklerle oranla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha az renk değişimi meydana gelmiştir ( $p=0,021$ ) (Tablo 20).

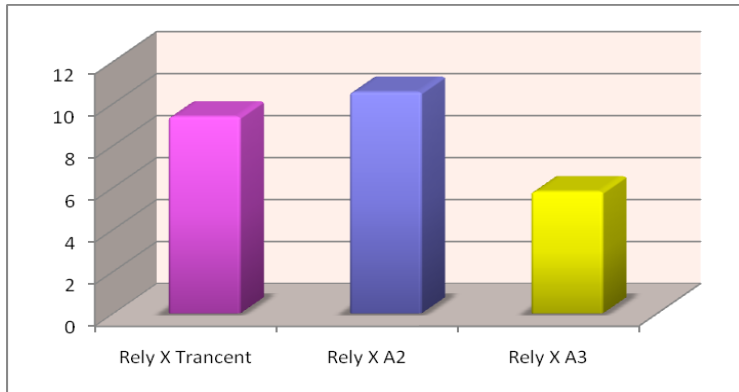
#### 4.7.2 Rely X U100 renklerinin oluşturduğu renk değişimlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular:

Rely X rezin simanının tüm renklerinin, seramik alt yapı renk farkı gözetilmeksizin tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 21 ve Şekil 9’da gösterilmektedir.

**Tablo 21:** Rely X simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Siman	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
Rely X Tracent	9,37	0,15	9,06	9,67
Rely X A2	10,54	0,15	10,23	10,84
Rely X A3	5,80	0,15	5,50	6,11

Çiftli karşılaştırmalar	p
Rely X Tracent / Rely X A2	0,0001
Rely X Tracent / Rely X A3	0,0001
Rely X A2/ Rely X A3	0,0001



**Şekil 9:** Rely X rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Renk ayrımı gözetilmeksizin tüm seramik alt yapı disklerine eklenen Rely X rezin simanının renkleri arasında en az renk değişimi meydana getiren Rely X A3 olmuştur. Rely X Tracent onu izlerken en fazla renk değişimine ise Rely X A2 sebep olmuştur. Tüm renk değişimleri istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,0001$ ) (Tablo 21).

#### 4.8 Variolink 2 rezin simanının meydana getirdiği renk farklılıklarına ait bulgular:

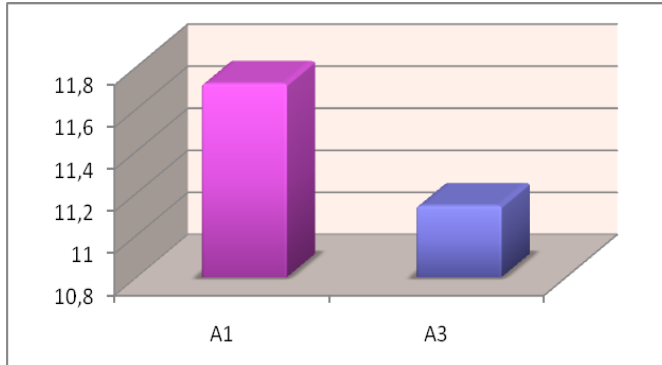
##### 4.8.1 Variolink 2'nin seramik diskler üzerinde meydana getirdiği renk değişimlerine ait bulgular:

Variolink rezin simanının renk ayırımına bakılmaksızın tüm renklerinin, seramik disklerin farklı renkleri üzerine uygulandığında meydana gelen ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 22 ve Şekil 10'da gösterilmektedir.

**Tablo 22:** Variolink rezin siman eklendikten sonra seramik diskler üzerinde meydana gelen ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) ve karşılaştırılması (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Seramik	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
A1	11,72	0,12	11,48	11,96
A3	11,14	0,12	10,90	11,38

Çiftli karşılaştırmalar	p
A1/A3	0,001



**Şekil 10** Variolink rezin simanının renk ayırımı yapılmaksızın tüm renklerinin farklı renk alt yapı disklerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Variolink rezin simanının tüm renklerinin A1 ve A3 renk alt yapı diskleri üzerine uygulanması sonucunda, A3 renk disklerde A1 renk disklerle oranla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha az renk değişimi meydana gelmiştir ( $p=0,001$ ). Variolink rezin simanının renkleri, A1 renk disklerde daha belirgin renk değişimine neden olmuştur (Tablo 22).

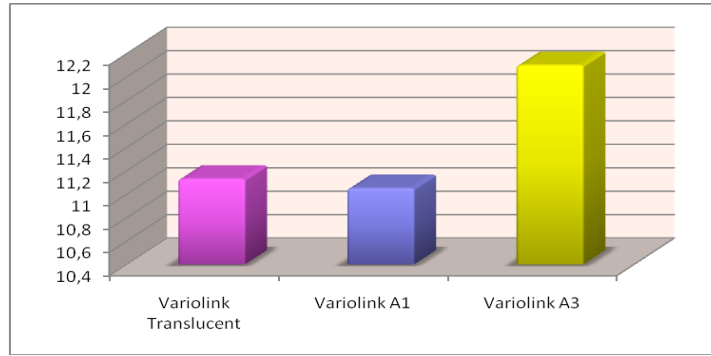
#### 4.8.2 Variolink 2 renklerinin oluşturduğu renk değişimlerinin birbirleri ile karşılaştırılmasına ait bulgular:

Variolink rezin simanının tüm renklerinin, seramik alt yapı renk farkı gözetilmeksizin tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri istatistiksel analiz sonuçları Tablo 23 ve Şekil 11’de gösterilmektedir.

**Tablo 23:** Variolink simanının farklı renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm seramik diskler üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) (Çift yönlü varyans analizi-Two way ANOVA)

Siman	$\Delta E$		95% Güven Aralığı	
	Ort	SE	Alt Sınır	Üst Sınır
Variolink Translucent	11,13	0,15	10,84	11,43
Variolink A1	11,05	0,15	10,75	11,34
Variolink A3	12,10	0,15	11,81	12,40

Çiftli karşılaştırmalar	p
Variolink Translucent / Variolink A1	0,681
Variolink Translucent / Variolink A3	<b>0,0001</b>
Variolink A1/ Variolink A3	<b>0,0001</b>



**Şekil 11:** Variolink rezin siman renklerinin renk ayrımı yapılmaksızın tüm alt yapı diskleri üzerinde meydana getirdiği ortalama renk değişim ( $\Delta E$ ) değerleri grafiği

Variolink rezin simanının renklerinin renk ayrımı gözetilmeksizin tüm alt yapı disklerine uygulanması sonucunda, en fazla renk değişimi istatistiksel olarak anlamlı şekilde Variolink A3 uygulanan disklerde görülmüştür ( $p=0,0001$ ). Variolink Translucent onu izlerken Variolink A1 ise tüm diskler üzerinde en az renk değişimi meydana getiren siman olmuştur. Ancak Variolink Translucent ve A1 renkleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlılık göstermemektedir ( $p=0,681$ ) (Tablo 22).

## 5. TARTIŞMA

Dental seramikler, sabit protezlerde kullanılan ve doğal diş taklit edebilen en estetik materyallerdir (32). Doğal dişlerle uyumlu makyaj ve efektlerin yapılabilmesi ve renk stabiliteelerini uzun süre koruyabilmeleri gibi estetik özelliklerinin yanında, üstün biyolojik uyumluluk, kimyasal stabilite, ağız içi sıvılarından etkilenmeme, çiğneme kuvvetleri ile minimum aşınma ve minimum yüzey pürüzlülüğü gibi özellikleri ile seramikler, protetik diş hekimliğinde metal destekli ve tam seramik sistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (3, 14, 32, 152, 153, 154, 155).

Metal destekli seramik restorasyonların ağız içi kuvvetlere karşı dirençli sistemler olmaları, klinikte oldukça yüksek başarı elde etmelerini sağlamıştır (29), ancak alt yapı metalinden dolayı dişeti renklenmesi ve doğal diş yapısından oldukça farklı olan metalin ışık geçirgen olmaması gibi estetik dezavantajları, özellikle komşu doğal diş varlığında renk uyumu açısından problemler meydana getirmektedir (15, 42, 43, 44, 46, 47, 48). Renkten kaynaklanan estetik sorunların giderilmesi için pek çok çalışma yapılmıştır ve halen de çalışmalar devam etmektedir (4, 26, 27). Metal seramik sistemlerin yetersizlikleri, özellikle anterior bölgede estetikten ödün verilmemesi gereken durumlarda tam seramik sistemlerin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Tam seramik sistemlerde, alt yapının da seramik olması sayesinde, ışık optik olarak yansıtıldığı için belirli bir translusentlik derinliği meydana gelmesi, doğal dişe çok daha yakın estetik sonuçlar alınabilmesini sağlamaktadır (42, 47). Bizim çalışmamızda ise, estetik açıdan oldukça önemli olan tam seramik materyallerinden biri olmakla beraber, üzerinde IPS Empress I ve II kadar fazla renk çalışması yapılmamış, lityum disilikat içerikli IPS e.max Press cam seramik materyali kullanılmıştır.

Protetik restoratif sistemlerde renk uyumunun sağlanabilmesi, yalnızca kullanılan seramik sistemine bağlı değildir. Renkle ilgili yapılmış çalışmalar; porselenin metal alt yapı içermesi (136), porselen kalınlığı (12, 15, 121, 157, 158), fırınlama sayısı ve şekli (11, 12, 15, 128, 159, 160), boyama tekniği (6, 120), yaşlandırma işlemleri (160, 161), yüzey bitim işlemleri (12, 161), alt yapı kalınlığı (157) ve rengi (162),

yapıştırma ajanının kalınlığı ve renginin (163) restorasyonun son rengine etki edebildiğini göstermektedir. Özellikle lamina tipi vener sistemlerinde yapıştırma ajanları renk üzerine farklı etkiler yapmaktadır (127). Bizim çalışmamızda, tam seramik restorasyonların yapıştırılmasında sıklıkla kullanılan Panavia F 2.0, Rely X U100 ve Variolink 2.0 rezin simanlarının farklı renkleri kullanılarak, A1 ve A3 renk IPS e.max Press alt yapı disklerinde meydana gelen renk değişimleri, CIE L\*a\*b\* renk sistemine göre hesaplanan  $\Delta E$  renk değişim değerlerinin eldesi ile spektrofotometrik olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sonucunda elde edilen bulgular, rezin siman renginin, alt yapıda renk değişikliği meydana getirebileceği şeklindeki hipotezimizi destekler niteliktedir.

Birçok araştırmada (15, 36, 81, 121, 129, 156, 162) tam seramik numunelerin elde edilebilmesi amacı ile, hazırlanmış kalıplara mum dökülerek mum örnekler elde edilmiş ve daha sonra bu örnekler revetmana alınıp presleme işlemine tabi tutulmuştur. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde, istenilen çap ve kalınlıkta özel metal diskler hazırlanarak elde edilen silikon ana model üzerine, mum dökülmek sureti ile mum örnekler hazırlanmış ve revetmana alınmıştır. Mumdan kaynaklanan kalınlık düzensizlikleri ise, yüzey bitim işlemleri sırasında tüm numuneler üç farklı yerinden elektronik kumpas ile ölçülerek elimine edilmiştir.

Çalışmamızda, Empress sisteminin kullanıldığı diğer çalışmalara benzer olarak, tam seramik alt yapı diskleri, firmanın talimatları uyarınca kendi özel revetman tozu ile likidi kullanılarak, revetmana alınıp mum uçurulduktan sonra, kendi özel fırınında preslenmiştir (13, 15, 35, 78, 79, 121, 129, 162, 163, 164).

Son yıllarda yapılmış çalışmalarda (165, 166, 167) olduğu gibi bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer şekilde, IPS e.max Press'ten meydana gelen 180 adet diskin yüzey bitim ve cilalama işlemleri için 320-, 600-, 800-, 1000- ve 1200- gren çaplı silikon karbit aşındırma kağıtları kullanılmıştır.

Diş hekimliğinde renk seçimi için kullanılan iki farklı yol bulunmaktadır. Görsel yol ve aletler ile yapılabilen renk seçimi uzun yıllardır araştırmacılar tarafından tartışılan konular olmuştur. Yapılan araştırmalar cihaz kullanılarak yapılan renk seçiminin, görsel yola göre daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (111,



119, 126, 136, 137, 153). Kolorimetre kullanılarak renk ölçümü yapılan bir çalışmada, Douglas ve ark. (136), cihaz ile yapılan ölçümün, görsel yola göre daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Seghi ve ark. (145)'nin yaptığı bir çalışmada ise kolorimetre kullanımının translusent porselende eksik sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Kolorimetreler, sabit bir ışık kaynağı ve görme açısı kullanarak tristimulus değerlerini sadece üç renk sensörü ile ölçebilen aletlerdir; ancak spektrofotometreler çoklu sensör sistemi ile çalışarak daha detaylı renk ölçümü yapabilme olanağı sunar. İnsan gözünün saptayamayacağı renkleri bu sensörler sayesinde algılayabilirler (16, 94, 95). Görsel yol ile spektrofotometre cihazının karşılaştırıldığı renk çalışmalarında (126, 153) da spektrofotometre cihazı görsel yola göre çok daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, çalışmamızda renk ölçümleri için Minolta CM-2600d spektrofotometre cihazı tercih edilmiştir.

CIE L\*a\*b\* renk sisteminde renk değişim değeri ( $\Delta E$ ), iki rengin L\*, a\* ve b\* koordinatları arasındaki uzaklığın sayısal olarak ifade edilmesidir (15). Dental materyallerin renk değişimi; spektrofotometreden yansıyan ışının, CIE L\*a\*b\* renk sistemi kullanılarak ölçülmesi ile gerçekleşmektedir (95, 96, 116).  $\Delta E$  değerinin, kliniğe yansımaları araştıran birçok farklı çalışma bulunmaktadır. Johnston ve ark. (116)'nın 1989 yılında yaptıkları çalışmanın sonuçları,  $\Delta E$  değerinin 1 birimden küçük ( $\Delta E < 1$ ) olmasının; iki renk arasındaki renk farklılığının görsel olarak fark edilemeyeceğini,  $\Delta E$  değerinin 1 ile 2 birim arasında ( $1 < \Delta E < 2$ ) olmasının; gözlemciler tarafından genellikle kısmen fark edilebileceğini,  $\Delta E$  değerinin 2 birimden fazla olmasının ( $\Delta E > 2$ ) ise; tüm gözlemcilerin rahatlıkla algılayabilecekleri bir renk farklılığına sebep olduğunu göstermiştir. O'Brien ve ark. (150) ise, renk farklılığı algısını şu şekilde yorumlamaktadırlar;  $\Delta E$  değeri "0" ise, klinik renk algısı mükemmel (renk farklılığı yok),  $\Delta E$  değeri "0.5-1" arasında ise, klinik renk algısı çok iyi (renk değişimi görsel olarak fark edilemez),  $\Delta E$  değeri "1-2" arasında ise, renk değişimi kısmen fark edilebilir,  $\Delta E$  değeri "2-3.5" arasında ise, klinik olarak kabul edilebilir bir renk değişikliği meydana gelir,  $\Delta E$  değeri "3.5"tan büyük ise, renk klinik olarak uyumsuzdur. Ragain ve Johnston (168)'in 2001 yılında yaptıkları bir çalışma sonucuna göre ise, hastalar ortalama 2.69 birim, diş hekimleri ise ortalama 1.78 birim  $\Delta E$  farklılığını klinik olarak saptayabilmektedir. Renkle ilgili yapılmış birçok farklı çalışma bulunmaktadır, bunlara bakıldığında, bazıları renk değişiminin klinik olarak fark edilebilmesi için  $\Delta E$

değerinin 1  $\Delta E$  birimden (7, 95, 119), bazıları 3  $\Delta E$  birimden (120, 121), bazıları da 3.7  $\Delta E$  birimden (116, 117, 123) büyük olması gerektiğini ifade etmektedir. Tüm bu çalışmaların ışığında,  $\Delta E$ 'nin 2-3.5 birim arasında olmasının klinik olarak kabul edilebilir renk farklılığına neden olduğu kabul edilmektedir. Renk değişim miktarının kliniğe uygulanabilmesi amacı ile renk değişimlerini standardize eden National Bureau of Standards (NBS) tarafından belirlenmiş, kriterlere (151) göre ise; 0.0-0.5 birim **“oldukça az”**, 0.5-1.5 birim **“az”**, 1.5-3.0 birim **“algılanabilir”**, 3.0-6.0 birim **“fark edilebilir”**, 6.00-12.00 birim **“oldukça belirgin”** renk değişimleri meydana getirmektedir. 12 birim üzeri renk değişimi ise **“başka bir renk”** olarak nitelendirilmektedir. Bizim çalışmamızda da, elde edilen renk değişim değerleri NBS kriterlerine çevrilerek klinik renk algısı değerlendirilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, A1 ve A3 renk diskler üzerine uygulanan rezin simanlar arasında en az renk farklılığını gösteren Panavia F 2.0 olarak belirlenmiştir. Panavia F 2.0 A1 diskler üzerinde renklerine göre; Light 7.11 birim, White 3.66 birim, Opak ise 3.24 birimlik, A3 diskler üzerinde ise aynı sıraya göre; 7.02 birim, 3.07 birim ve 2.99 birimlik  $\Delta E$  değerleri göstermiştir. Renk değişim değerlerinin ( $\Delta E$ ) kliniğe yansması amacı ile kullanılan NBS değerlerine çevrildiğinde ise; A1 diskler üzerinde; Light 6.54 birim, White 3.36 birim ve Opak 2.98 birimlik, A3 diskler üzerinde ise; sırası ile 6.46 birim, 2.82 birim, 2.75 birimlik değerlere ulaşılmıştır. NBS kriterlerine çevrildiğinde; Panavia F 2.0 rezin simanı **“algılanabilir”** renk değişimi meydana getirmiştir. Çalışmamızda kullanılan diğer rezin simanlardan Rely X U100 rezin simanı, **“belirgin”** değişim meydana getirirken, Variolink 2 rezin simanı ise; **“oldukça belirgin”** renk değişimi göstermiştir.

Çalışmamızda, spektrofotometrik olarak renk değeri ölçülecek olan disklerin çapları, yapılmış birçok farklı spektrofotometrik çalışmaya (120, 157, 160, 165) benzer şekilde spektrofotometre cihazının okuma tablasına oturacak şekilde 15 mm olarak belirlenmiştir. Bu sayede, spektrofotometre cihazının okuma alanı 0.8 mm olduğundan disklerin okuma tablasında kayması durumunda meydana gelecek hatalar engellenmiştir. Tam seramik alt yapı disklerinin kalınlığı ise; Douglas ve ark. (121), Çelik ve ark. (159), Azer ve ark. (162) ve Vichi ve ark. (163)'nın yaptıkları çalışmalara benzer şekilde 1mm olarak belirlenmiştir.

2004 yılında Özyeşil ve ark. (169)'nın yaptığı bir çalışmada tam seramik restorasyonların altında kullanılan rezin simanın, konvansiyonel bir ışık cihazı kullanılarak polimerize edilmesinde, ışınlama süresi açısından plazma ark ve yoğunlaştırılmış halojen ışık kaynaklarına göre daha uzun süre ışınlanması gerektiği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucuna göre, konvansiyonel ışık kaynağı ile polimerizasyon için 20-40 saniye süre gerekmektedir. Bu bilgilerin ışığı doğrultusunda, çalışmamızda kullanılan rezin simanların polimerizasyonu, üretici firmaların talimatlarına uygun olarak konvansiyonel bir ışık kaynağı ile farklı noktalardan 40'ar saniye süresince yapılmıştır.

Kompozitten yapılan farklı renk diskler üzerine seramik eklenerek, farklı destek diş ve siman renginin restorasyonun son rengine etkisini araştıran Azer ve ark. (162)'nin yaptıkları bir çalışmada 64 adet A2 renk Empress, 64 adet dört farklı renkte (A3, B3, C3 ve D3) Tetric Ceram kompozit rezin disk hazırlanmıştır. Disklerin tümünün çapları 20 mm iken, kalınlıkları Empress için 1 mm, kompozit için 4 mm olarak belirlenmiştir. Empress ve kompozit diskler Variolink 2 simanının A3 ve Translucent renkleri kullanılarak birbirlerine simante edilmiştir. Simantasyon sonrası, kolorimetre yardımı ile renk ölçümleri yapılmış ve ölçümler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; A3 renk kompozit diskler ile A2 renk Empress diskler hem A3 hem translusent renk simanlar ile yapıştırılmıştır. Kullanılan iki farklı renk simanın meydana getirdiği renk değişimi ( $\Delta E$ ) 1.1 birim olarak belirlenmiştir. Kompozit ve seramik disklerin rezin siman uygulaması ile birbirine yapıştırıldığı çalışmada, siman kalınlığı önemsenmemiştir. Çalışmanın sonucunda; farklı kompozit disklerin farklı renk simanlar ile yapıştırılmasının, kompozit-siman-seramik bütünlüğünün rengine etki etmediği bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda ise, temel amaç, kompozit disk kullanılmadan yani restorasyonun altındaki diş rengi elimine edilerek yalnızca rezin simanın, seramik alt yapı rengi üzerine olan etkisinin değerlendirilmesidir. Bu nedenle, siman kalınlığı dikkate alınmış ve normalden kalın olarak seçilerek etkisi araştırılmıştır. Sonuçta elde edilen renk farklılıklarının, Azer ve ark.(162)'nin çalışmasına göre oldukça yüksek bulunmuş olması, çalışmamızda kullanılan rezin simanın kalınlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Azer ve ark.(162)'nin çalışmasında kullanılan siman kalınlığı ise, belirli bir miktar olarak standardize edilmemiş, yalnızca iki diskin arasındaki bağlantıyı sağlayacak kadar belirlenmiştir. Çalışmamızda ayrıca, 1 mm

kalınlığındaki seramik IPS e.max Press diskler üzerine direkt olarak rezin siman uygulaması yapılmış, uygulama öncesi ve sonrasındaki renk farklılıkları spektrofotometre ile değerlendirilmiştir. A3 renk rezin simanlar ile translusent rezin simanların diskler üzerine etkisine bakıldığında ise, Rely X A3 renk siman hem A1 hem A3 renk diskler üzerinde, Variolink A3 renk simana göre daha düşük renk farklılığına ( $\Delta E$ ) sebep olmuştur. Resin simanların translusent renkleri arasında en az renk değişimi ( $\Delta E$ ) her iki renk disk üzerinde Panavia resin simanının Light rengi uygulandığında görülmüştür. Renk değişimleri ise, hem A3 renk simanlar hem translusent simanlar için istatistiksel olarak anlamlı olarak bulunmuştur. Heffernan ve ark. (129)'nın 2002 yılında yapmış oldukları çalışmanın sonucuna benzer şekilde, bizim çalışmamız sonucuna göre de, kullanılan resin siman alt yapı rengine etki etmektedir.

2004 yılında Lee ve ark.'nın (170) yapmış olduğu bir çalışmada, Empress II' den yapılmış seramik blokları üzerine, Rely X, Variolink 2 ve Choice resin simanlarının aynı renkleri iki farklı kalınlıkta (30 $\mu$ m-80 $\mu$ m) uygulanmış ve renk değişimleri spektrofotometre ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, 30 $\mu$ m siman kalınlığına sahip örneklerde renk değişim değerleri ( $\Delta E$ ) sırası ile, Rely X = 0.93, Variolink 2 = 1.97 ve Choice = 1.03 birim olarak kaydedilmiştir. Siman kalınlığı 80 $\mu$ m' a çıkartıldığında ise  $\Delta E$  değerleri yaklaşık olarak 2 kat artmış ve sırası ile Rely X = 1.89, Variolink 2 = 2.47, Choice = 2.06 birim olarak ölçülmüştür. Tüm sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı olarak belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, resin siman kalınlığının alt yapı rengine etki ettiğini ve siman kalınlığı arttıkça renk değişim değerinin de paralel olarak arttığını göstermektedir. Bizim çalışmamızda, siman kalınlığı sabit tutulmuş ancak farklı renk resin simanlar uygulanmıştır. Çalışmamızın sonuçları, siman kalınlığı 0.7mm olarak alındığında Panavia White, Panavia Opak ve Rely X A3 renk resin simanların hem A1 hem A3 renk alt yapı disklerine uygulanması NBS kriterlerine göre, fark edilebilir bir değişim meydana getirirken (3.00-6.00 birim), diğer bütün resin simanlar her iki renk alt yapı diskleri üzerinde oldukça belirgin renk değişimine (6.00-12.00 birim) sebep olmuştur. Renk değişim değerlerindeki bu farklılık, çalışmamızda kullanılan siman kalınlığının Lee ve ark.(170)'nın çalışmasına göre fazla olmasından kaynaklanmış olabilir.

Barath ve ark. (171)'nin 2003 yılında yaptığı bir çalışmada, Empress II ve InCeram tam seramik materyallerinden meydana gelen rastgele seçilmiş renkteki seramik diskler ve porselen üzerine; üç farklı siman uygulanmıştır. Kullanılan simanlardan biri çinkofosfat (ZNPO), biri cam iyonomer (KetacCem), diğeri ise kompozit rezin siman (Compolute)'dir. 1.4 mm kalınlıktaki seramik disklerin ilk renk ölçümleri kolorimetre cihazı kullanılarak, rezin siman eklenmeden önce siyah ve beyaz arka planlar üzerinde gerçekleştirilmiş ve renk değişim değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra her grup için örnekler üçe ayrılarak üzerlerine 0.2 mm kalınlığında simanlar eklenmiş, ayrı ayrı siyah ve beyaz arka planlarda renk ölçümü tekrarlanarak simanlı örnekler ile simansız örnekler arasında renk karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Empress II diskler, kompozit rezin siman uygulanmadan, siyah-beyaz arka planlar üzerinde okunduğunda, iki farklı renk arka plan üzerinde sırası ile üç renk için; 13.44, 8.7 ve 6.86 birimlik farklılık göstermiştir. Empress II örnekler siman uygulanması sonrasında ise, yine siyah ve beyaz arka planlar üzerinde okunduğunda farklı üç renk seramik için sırasıyla; 16.01, 9.41 ve 7.04 birimlik renk değişim değerleri göstermiştir. Çalışma sonuçları Empress II sistemi ile beraber kullanılan rezin simanın, 1.4 mm'lik seramik ve 0.2 mm'lik siman kalınlığında farklı renklere göre sırasıyla; yaklaşık 2.5, 1.5 ve 1 birimlik renk farklılıkları ( $\Delta E$ ) meydana getirdiğini göstermektedir. Bizim çalışmamızda ise, arka plan rengi sabit beyaz olarak belirlenmiş ve sabit renk üzerindeki renk farklılıkları değerlendirilmiştir. Resin simanların ve alt yapı disklerinin farklı renkleri arasında 2.75 ile 11.48 arasında değişen renk farklılıkları belirlenmiştir. Çalışmamızda uygulanan siman kalınlığı bu çalışmada uygulanan siman kalınlığından daha fazla olduğundan, renk farklılıklarının da bu çalışmaya göre yüksek olması olağandır. Ayrıca, bizim çalışmamızda kullanılan alt yapı materyal kalınlığı 1mm olarak belirlenmiştir yani bu çalışmaya oranla daha incedir. Çalışmamızın bir diğer farkı ise kolorimetre cihazı yerine spektrofotometre cihazı kullanılmasıdır. Çalışmaların sonuçları arasındaki farklılıklar, farklı uygulamalar, farklı kalınlıklar ve renk ölçüm metodu ile ilişkili olabilir.

2009 yılında Li ve ark. (165)'nin yapmış olduğu bir çalışmada, Empress II, InCeram ve Vita Mark 2 porseleninden oluşan 14 mm çap ve 1.5 mm kalınlıktaki A1 ve A3 renklerdeki diskler, 3.0 mm kalınlık ve 16 mm çapta disk şeklindeki farklı marka ve farklı renklerdeki kompozit korlar ile beraber kullanılmak amacı ile, 0.1 mm'lik

siman kalınlığı olacak şekilde Rely X ARC rezin simanının A3 rengi kullanılarak birbirlerine simante edilmiştir. Simanlı ve simansız disklerin renk farklılıkları spektrofotometre kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, A1 ve A3 renk Empress II diskler üzerinde en fazla renk değişimine Bisco Core-Flo Opak ( $\Delta E_{A1}=11.50$ ,  $\Delta E_{A3}=14.51$ ) ve DMG Blue ( $\Delta E_{A1}=13.08$ ,  $\Delta E_{A3}=16.81$ ) kompozit renkleri sebep olmuştur. Translucent renk kompozit korda meydana gelen renk değişimi; A1 renk seramikte 6.2, A3 renk seramikte ise 10.70 birim olarak belirlenmiştir. Para Post White ve DMG White renk kompozitlerde A1 ve A3 renk seramik üzerinde sırası ile 5.01 ve 9.71 ile 4.56 ve 9.10 birimlik renk değişimleri görülmüştür. DMG kompozitinin A3 renginin sebep olduğu renk değişimi ise, A1 diskler üzerinde 4.55, A3 diskler üzerinde ise 8.95 birim olarak kaydedilmiştir. Bizim çalışmamızda ise, Panavia rezin simanının Opak rengi kullanıldığında meydana gelen renk değişimi ( $\Delta E$ ), Li ve ark.'nın çalışmasından farklı olarak diğer renk simanlara göre oldukça azdır ( $\Delta E_{A1}=3.24$ ,  $\Delta E_{A3}=2.99$ ). Panavia White renk simanın meydana getirdiği renk değişimine bakıldığında ise, A1 renk diskler üzerinde 3.66 birimlik renk değişimi meydana gelirken, A3 renk disklerde 3.07 birim renk değişimi kaydedilmiştir. Bu renk değişimleri, Li ve ark.'nın kullandığı White renk kompozit korların meydana getirdiği renk değişimlerinden daha azdır. Ayrıca, çalışmamızda kullanılan Rely X ve Variolink A3 renk simanların meydana getirdiği renk değişimleri ise Li ve ark.'nın yaptığı çalışmadan farklı şekilde;  $\Delta E_{A1-RelyX} = 6.02$ ,  $\Delta E_{A3-RelyX} = 5.58$  ve  $\Delta E_{A1-Variolink} = 12.4$ ,  $\Delta E_{A3-Variolink} = 11.7$  birim olarak ölçülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızın sonuçlarıyla direkt olarak karşılaştırılamasa da, alttaki herhangi bir materyalin renginin, seramiğin alt son rengi üzerine ne derece etki edebileceğini göstermek bakımından önem taşımaktadır. Görüldüğü gibi renk değişim miktarları bizim çalışmamızda olduğu gibi önemli ölçüde değişmiştir.

Çalışmamızda IPS e.max seramik disklerin üzerinde kullanılan rezin siman renginin seramiğin son rengine etkili olduğu gösterilmiştir. Ancak; 2000 yılında Nakamura ve ark.'nın (172) seramik kalınlığı, arka plan rengi ve siman rengi üzerinde yaptıkları çalışma sonuçları, seramik kalınlığı ve arka plan renginin restorasyonun son rengine etkisi olduğunu ancak kullanılan rezin simanın 1.0 mm seramik kalınlığı söz konusu olduğunda restorasyon rengini az miktarda etkilediğini bildirmiştir. 2005 yılında Yurdukoru ve ark. (173) tarafından yapılmış, seramik kalınlıklarının 0.4, 1, 2, 3 ve 5mm

olarak alındığı bir çalışmada ise bizim çalışmamıza benzer şekilde, kullanılan rezin simanın restorasyonun son rengine etkisi olduğu gösterilmiş ancak seramik kalınlığının da etkisi olduğu vurgulanmıştır.

2008 yılında Küçükkesmen ve ark.'nın (174) yaptıkları bir çalışmada, tam seramik restorasyonlarda kullanılan Variolink 2 rezin siman renginin polimerizasyon sonrasında ne kadar değiştiği araştırılmıştır. 5 mm çap 1 veya 2 mm kalınlığa sahip A3 renk Empress II tam seramik diskler üzerine 5 mm çaplı ve 0.5 mm kalınlıkta rezin siman eklenmiştir. Polimerizasyondan önce spektrofotometrik değerleri kaydedilen rezin simanın ikinci spektrofotometrik değerlendirmesi seramik disklere simante edilmesinden sonra yapılmıştır. Konvansiyonel halojen ışık kaynağı için 40 sn., LED ışık kaynağı için 20 sn. süre uygulanarak rezin siman polimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; 1 mm seramik kalınlığı için, konvansiyonel ışık kaynağı ile polimerizasyon, 0.5 mm kalınlıktaki rezin siman üzerinde 6.4 birimlik bir renk değişimine ( $\Delta E$ ) sebep olmuştur. Halojen ışığın 2 mm kalınlığındaki seramik üzerinden polimerizasyonu ise, 2.6 birimlik bir renk değişimi meydana getirmiştir. LED ışık kaynağı ise, 1-2 mm lik seramik kalınlıklarında sırası ile 4.5 ve 3.9 birimlik renk değişimi meydana getirmiştir. Renk değişimlerinin hepsi istatistiksel olarak anlamlı olarak kaydedilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, rezin simanın seramiğe eklenmesi polimerizasyon öncesi ve sonrası arasında renk değişikliğine sebep olmaktadır. Bizim çalışmamızda da bu çalışmada oldu gibi, konvansiyonel bir halojen ışık kaynağı ve Variolink 2 rezin simanı kullanılmıştır. Işık süresi 40 sn olarak ayarlanmıştır. Bu çalışma sonucu gösteriyor ki, tam seramik sistemlerde kullanılan polimerizasyon cihazı Variolink 2 rezin simanının polimerizasyon öncesi rengi ile son rengi arasında fark meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışmamızda kullanmış olduğumuz skalaya göre A1 ve A3 renk kompozit simanlar, polimerize olduktan sonra renk değişimine uğramaktadır. Çalışmamızın sonuçları, polimerizasyondan kaynaklanan bu renk değişiminden de etkilenmiş olabilir.

Yapılmış çalışmalar, tam seramik restorasyonlarda rengin yalnızca kullanılan rezin siman rengine (171) değil aynı zamanda; porselen kalınlığı (12, 121, 157, 158, 163), rengi (6, 165, 175), fırınlama sayısı (11, 12), alt yapı kalınlığı (157, 163) ile rengi (162, 165), siman kalınlığı (129, 162, 163) ve polimerizasyonu (174) gibi birçok faktöre

de bağı olduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda ise, sadece rezin simanın tam seramik materyalinin rengi üzerine ne kadar etki edeceği araştırılmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre; IPS e.max Press seramik alt yapı ile beraber; Panavia F 2.0, Rely X U100 ve Variolink 2 rezin simanlarının translusent renkleri uygulaması sonucunda, Panavia Light rezin simanı hem A1 hem de A3 renk alt yapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde en az renk değişimi meydana getiren siman olarak belirlenmiştir. Ancak Panavia Light, A3 renk alt yapıda A1 renge göre daha az renk değişimi meydana getirmiştir. Bu durumda, A1 ve A3 renk alt yapı kullanılan bir restorasyonda, uygulanan rezin simanların translusent renkleri arasında en tutarlı rengin Panavia Light ile elde edileceği düşünülebilir. Rely X Tracent, Panavia Light'a göre daha fazla renk değişimine sebep olmuştur. Ancak Variolink Transludent, her iki farklı renk alt yapı üzerinde en fazla renk değişimi meydana getiren siman olarak belirlenmiştir. Özellikle A1 renk alt yapı ile beraber kullanıldığında belirgin renk değişimine sebep olan Variolink Transludent, A3 renk alt yapı ile beraber kullanıldığında ise daha az renk değişimi meydana getirmiştir. Bu değişim Rely X Tracent rezin simanının A3 renk alt yapı ile beraber kullanıldığında meydana getirdiği renk değişimi miktarına yakındır. Resin simanların translusent renkleri arasındaki renk farklılıklarının tümü istatistiksel olarak anlamlıdır.

Rely X ve Variolink rezin simanlarının A3 renkleri karşılaştırıldığında ise, hem A1 hem de A3 renk alt yapı seramikleri üzerinde Variolink A3 renk rezin siman, Rely X A3 renge göre, istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde, çok daha belirgin renk değişimi meydana getirmiştir. A3 renk alt yapı üzerine uygulandığında Rely X A3 renk simanın meydana getirdiği renk değişimi Variolink A3'e göre oldukça azdır. Özellikle A3 renk alt yapı kullanılan restorasyonlarda, son rengin daha az değişmesi için, çalışmamız kapsamındaki A3 renk kompozit rezin simanlar içerisinde Rely X'in kullanılması önerilebilir. Rely X U100 rezin simanın renkleri arasında, A3 renk alt yapı ile beraber kullanılacak ise, Rely X A3 rengin daha tutarlı sonuç vereceği düşünülmektedir. Rely X ve Variolink A3 renk simanlar A1 renk alt yapı üzerinde kullanıldığında ise, A3 renk alt yapıya uygulanmasına benzer şekilde Rely X A3, Variolink A3'e göre çok daha az renk değişimi meydana getirmiştir. Rely X A3 renk rezin simanın meydana getirdiği renk değişimlerine bakıldığında, hem A1 hem de A3 renk diskler üzerinde, çalışmamızda kullanılan tüm rezin simanların translusent



renklerinin meydana getirdiği renk değişimlerinden daha az renk değişimi gözlenmiştir. Bu bilgi ışığında, Rely X A3 rengin, çalışmamızda kullanılan rezin simanların translusent renklerinden herhangi birine tercih edilebileceği söylenebilir.

Panavia F 2.0 rezin simanı, diğer rezin simanlara oranla seramikte çok daha az renk değişimine sebep olmuştur. Kendi renkleri arasında ise, A1 ve A3 renk alt yapı üzerine uygulandığında renk değişimi en azdan çoğa doğru sırası ile Panavia Opak, Panavia White ve Panavia Light olmuştur. Panavia Opak ve Panavia White renklerinin meydana getirdiği renk değişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamasına rağmen, Panavia Light'a göre istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha az renk değişimi görülmüştür. Bu durumda, Panavia rezin simanının Opak ve White renkleri hem A1 hem de A3 renk alt yapı üzerinde daha az renk değişimi gösterdikleri için, restorasyonlarda kullanımlarının Light renge göre daha uygun sonuçlar verecekleri düşünülmektedir.

Rely X U100 rezin simanının farklı renklerinin seramikte meydana getirdiği renk değişimleri sırası ile azdan çoğa doğru; Rely X A3, Rely X Tracent ve Rely X A2 renkleri ile oluşmuştur. Yani en belirgin renk değişimine, Rely X A2 renk sebep olmuştur. Rely X renklerinin meydana getirdiği renk değişimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak da anlamlıdır. Rely X rezin simanının tüm renklerine bakıldığında, Panavia F 2.0 rezin simanına göre daha fazla renk değişimi meydana gelmiştir. A1 ve A3 renk alt yapılar üzerinde, Rely X renkleri arasında seçim yapılması gerektiği durumlarda, renk tutarlılığını en iyi sağlayacağımız renk, Rely X A3'tür.

Variolink 2 ise, tüm renkler ve markalar arasında en fazla renk değişimi meydana getiren rezin siman olarak belirlenmiştir. Kendi renkleri arasında ise; en az renk değişimine, A1 renk alt yapı seramiği üzerine uygulandığında Variolink A1 rengi, A3 renk alt yapı üzerine uygulandığında ise Variolink Translusent renk sebep olmuştur. Tüm alt yapı disklerine bakıldığında, Variolink A1 ve Variolink Translusent renkleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamasına rağmen, bu iki renk Variolink A3 rengine göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha az renk değişimi meydana getirmiştir.

Çalışmamızda, rezin simanların, A1 ve A3 renk alt yapı üzerinde meydana getirdiği renk farklılıkları karşılaştırılmıştır. Panavia Light, Rely X Tracent ve Rely X A3 renk rezin simanlar dışındaki tüm rezin simanların, A1 ve A3 renk alt yapı diskleri üzerine uygulandığında, diskler arasında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde renk değişimlerine sebep olmuştur. Buna göre; Panavia Light, Rely X Tracent ve Rely X A3 renklerinin A1 ve A3 renk alt yapılar üzerine uygulanması sonucunda meydana gelen renk farklılıkları istatistiksel olarak anlamlı değildir.

L\* değerlerine bakıldığında ise, Panavia Light rezin simanı dışındaki tüm rezin simanların uygulanması, istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde L\* değerinde azalmaya, yani koyulaşma şeklinde renk değişimine sebep olmuştur. Panavia Light'ta ise, istatistiksel olarak anlamlı şekilde L\* değeri artmıştır. Ancak Panavia Light'ın meydana getirdiği renk değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Sonuç olarak; her iki renk alt yapı seramiği üzerinde de; Panavia F 2.0 rezin simanı en az renk değişimi meydana getiren, Variolink 2 ise en fazla renk değişimi meydana getiren rezin siman olarak belirlenmiştir. Yapılmış bazı çalışmalar (163), rezin siman renginin restorasyonun son rengini düzeltmek amacı ile kullanılmayacağını, yalnızca cihazla ölçülebilecek renk farklılıklarının tesbit edilebileceği basit estetik düzenlemeleri yapabileceğini söylemektedir. Bu nedenle restorasyon rengi istenilen rengi tam olarak tutmuyorsa bu durumda rezin siman ile renk düzeltilmeye çalışılmamalıdır. Ancak, restorasyon rengi komşu dişler ile tam uyumlu ise, bu durumda kullanılacak olan rezin siman renginin seçimi önem kazanmaktadır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, seramiğin rengini fazla değiştirecek bir rezin siman kullanıldığında restorasyonun son renginde değişiklik meydana gelebilir. Bu nedenle restorasyonun renginde en az değişiklik meydana getirecek bir rezin siman tercih edilmelidir. Çalışmamızın bulgularına göre hem A1 hem A3 renk seramik alt yapı üzerinde en az renk değişimi meydana getiren rezin siman, Panavia Opak olmuştur.

Simanların çoğu için renk değişim değerlerinin gözle fark edilebilir oranda olması, çalışmamızda kullandığımız siman kalınlığının nispeten fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Değişik siman kalınlıkları kullanılarak yapılan yeni araştırmalar, rezin simanların seramik alt yapı rengi üzerine olan etkisinin belirlenmesi üzerine olan çalışmamıza katkı sağlayacaktır.

## 6. SONUÇLAR

1. Çalışmamızda kullanılan IPS e.max Press seramik örneklerin tümünde, rezin siman uygulaması sonrası renk değişikliği meydana gelmiştir.
2. Panavia Light rezin simanı dışındaki tüm simanlarda L\* değeri, istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır (siyaha doğru) ( $p=0,001$ ). Panavia Light ise, istatistiksel olarak renk değişimi meydana getirmemiştir.
3. Panavia Light, Rely X Tracent ve Rely X A3 renk rezin simanlar dışındaki tüm rezin simanların, A1 ve A3 renk alt yapı diskleri üzerine uygulandığında, diskler arasında meydana getirdiği renk farklılıkları, istatistiksel olarak anlamlı ölçüde renk değişimlerine sebep olmuştur ( $p=0,001$ ).
4. Rezin siman uygulaması sonrası Rely X U100 dışında tüm simanlar, A3 renk seramik disklerde A1 renk disklerle oranla daha az renk değişimine sebep olmuştur. Rely X U100 ise, A3 renk seramik diskleri daha fazla etkilemiştir.
5. Hem A1 hem A3 renk diskler üzerinde en az renk değişikliği meydana getiren rezin siman, Panavia F 2.0'dır (Ort. $\Delta E=4,51$ ). En çok renk değişikliğine ise; Variolink 2 sebep olmuştur (Ort. $\Delta E=11,29$ ).
6. Panavia F 2.0 renkleri arasında en az renk değişikliği meydana getiren istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde Panavia Opak ( $\Delta E=3,12$ ) olarak belirlenmiştir ( $p=0,001$ ). Panavia White ( $\Delta E=3,37$ ) onu izlerken, Panavia Light ( $\Delta E=7,07$ ) ise en fazla renk değişimi meydana getiren siman olmuştur. Ancak Light ve Opak renklerinin meydana getirdiği renk farklılıkları arasında istatistiksel anlamlılık görülmemiştir ( $p=0,108$ ).
7. Rely X U100 renkleri arasında en az renk değişimi meydana getiren Rely X A3 ( $\Delta E=5,80$ ) olarak belirlenmiştir. Rely X Tracent ( $\Delta E=9,37$ ) onu izlerken, Rely X A2 ( $\Delta E=10,54$ ) en fazla renk değişimi meydana getiren siman

olmuştur. Tüm renkler arasında meydana gelen renk farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,001$ )

- 8.** Variolink 2 renkleri arasında en az renk değişikliğine; A1 diskler üzerinde Variolink A1 ( $\Delta E=10,01$ ) , A3 diskler üzerinde ise Variolink Translucent ( $\Delta E=8,69$ ) renkleri sebep olmuştur. Variolink A3, istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde en fazla renk değişikliğine sebep olan siman olarak belirlenirken ( $p=0,001$ ), Variolink Translucent ve Variolink A1 renkleri arasında istatistiksel olarak anlamlılık görülmemiştir ( $p=0,681$ ).
- 9.** Panavia F 2.0, Rely X U100 ve Variolink 2 rezin simanlarının translusent renkleri karşılaştırıldığında, diskler üzerinde en az renk değişimine Panavia Light ( $\Delta E=7,07$ ) sebep olmuştur. Rely X Tracent ( $\Delta E=9,37$ ) onu izlerken, en fazla renk değişimine ise Variolink Translucent ( $\Delta E=11,13$ ) uygulanan örneklerde rastlanmıştır. Tüm simanlar arasındaki renk farklılıkları istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,001$ ).
- 10.** Rely X U100 ve Variolink 2 rezin simanlarının A3 renkleri karşılaştırıldığında, Rely X A3 ( $\Delta E=5,80$ ), Variolink A3 ( $\Delta E=12,10$ )'e göre istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha az renk değişimi meydana getirmiştir ( $p=0,001$ ).

## 7. KAYNAKLAR

1. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc, 128: 297-307, 1997.
2. Barghi N, Pedrero JAF, Bosch RB. Effects of batch variation on shade of dental porcelain. J Prosthet Dent, 54: 625-627, 1985.
3. Philips RW. Skinner's Science of dental materials (9th Ed), WB Saunders Co, Philadelphia, 1991.
4. O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection. (3rd Ed), Quintessence Publishing Co Inc, Chicago, 2002.
5. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. J Prosthet Dent, 77: 464-70, 1997.
6. Lee YK, Cha HS, Ahn JS. Layered color of all-ceramic core and veneer ceramics. J Prosthet Dent, 97: 279-286, 2007.
7. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosthet Dent, 56(1): 35-40, 1986.
8. Mc Lean JW. The Science and Art of Dental Ceramics, Monographs III and IV Quint Pub., Chicago, 1976.
9. Üçtaşlı S, Gemalmaz D, Bölümlü Metal Desteksiz Seramikler, TDBD 2002, 71.sayı; 68-77
10. Kedici PS. Tam Seramikler, TDBD, 2002, 71.sayı; 78-80
11. Öztan O. Tam seramik materyallerin tekrarlanan fırınlamalar sonrası renk, kırılgenlik, opasite ve mikrosertlik değışimleri. Yeditepe Ü. Doktora Tezi, İstanbul, 2009
12. Kırıl L. Farklı seramik sistemlerinde porselen kalınlığının, glazür işlemlerinin ve tekrarlanan fırınlamaların renge etkisi. Yeditepe Ü. Doktora Tezi, İstanbul, 2009

13. Chu FCS, Chow TW, Chai J, DLaw MJ. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent*, 98: 359-364, 2007.
14. Mc Lean JW. *The Science and Art of Dental Ceramics*. Vol. I. Quint Pub., Chicago, 1997.
15. Uludağ B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems. *J Prosthet Dent*, 97(1): 25-31, 2007.
16. Craig RG. *Restorative Dental Materials (9th Ed)*. St. Louis, Mosby, 1993.
17. Akın E. *Diş Hekimliğinde Porselen*. (3. Baskı) İÜ Basımevi, İstanbul, 1990.
18. Nayır E. *Diş Hekimliği Maddeler Bilgisi*. (7.Baskı) İÜ Basımevi, İstanbul, 1999.
19. Anusavice KJ. Recent developments in restorative dental ceramics. *J Am Dent Assoc.*, 124: 72-84, 1993.
20. Jones DW. Development of dental ceramics. An historical perspective. *Dent Clin North Am*, 9: 621-664, 1985.
21. *The glossary of prosthodontic term*. (8th Ed.) Mosby, St. Louis, 2005.
22. Anusavice KJ. *Philips' Science of Dental Materials*. (11th Ed) Saunders, 2003.
23. Van Dijken JWV. All-ceramic restorations: Classification and clinical evaluations. *Compendium* 1999; 20(12): 1115-24
24. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent*, 1996; 75: 18-32
25. Tylman SD. *Theory and Practice of Crown and Fixed Partial Prosthodontics*. (6th Ed.), CV MosbyCo., Saint Louis, 1970.
26. Mclean JW, Odont D. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent*, 85: 61-66, 2001.
27. Shillingburg HT. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics (3rd Ed)*. Quintessence Publishing Co Inc, 1997.

28. Tylman SD, Malone WFP. Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics (7th Ed.), Chapter 29, Mosby, 1978.
29. Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent*, 67: 859-65, 1992.
30. Chicke GJ, Pinault A. Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics. Chapter 5 : All-Ceramic Crowns and Foil Crowns. Quintessence Publishing Co. Inc., 1994.
31. Adair Pj, Grossman DG. The cast glass-ceramic crown. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 57: 674-83, 1984.
32. Coskun A, Yaluğ S. Metal desteksiz porselen sistemleri. *Cumhuriyet Ü Diş Hek Fak Derg*, Cilt:5, Sayı : 2, 2002.
33. Brochu JF, El-Mowafy O. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations- a literature review
34. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont*, 5: 9-16, 1992.
35. Ivoclar Scientific Documentation: IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent Scientific Service, 2007.
36. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. *J Prosthet Dent* 89:374-380, 2003.
37. Ludwig et al (2000): *Glastech. Ber. Glass Sci. Technol.* 73 C1, 293-301
38. Fischer J. Esthetics and Prosthetics, An Interdisciplinary Consideration of the State of the Art. Quintessence Publishing Co Inc, Chapter 3, 1999.
39. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Dental Materials Properties and Manipulation (8th Ed). Chapter 14. Mosby, 2004.
40. Yamamoto, Metal Ceramics, Quintessence Publishing Co Inc, 1985.
41. Wohlwend A, Strub JR, Scharer P. Metal ceramic and all-porcelain restorations, current considerations. *Int J Prosthodont*, 2: 14-26, 1989.

42. Seghi RR, Denry IL, Rosentiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent*, 74: 145-50, 1995.
43. Josephon BA, Schulman A, Dunn ZA, Hurwitz W. A compressive strength study of complete ceramic crowns – Part II. *J Prosthet Dent*, 65: 338-91, 1991.
44. Kern M, Douglas WH, Fechtig T, Strub JR, DeLong R. Fracture strength of all-porcelain, resin bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent* 21: 117-121, 1993
45. Scotti R, Catapano S, D'Elia A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont*, 8: 320-23, 1995.
46. Wagner WC. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent*, 76: 140-4, 1996.
47. Haselton RD, Diaz-Arnold MA, Hillis LS. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*: 83:396-401, 2000.
48. Bello A, Jarvis RH. A review of esthetic alternatives for the restoration of anterior teeth. *J Prosthet Dent*, 78:437-40,1997.
49. Gökçe HS, Beydemir B. Yüksek dirençli seramik sistemlerin dayanıklılığı. *Gülhane Tıp Derg*, 44(4), 457-463, 2002.
50. Höland W, Rheinberger V, Apel E, Ritzberger C, Rothbrust F, Kappert H, Krumeich F, Nesper R. Future perspectives of biomaterials for dental restorations. *J Eur Ceram Soc*, 08.023.2008.
51. Johnston JF, Mumford G. *Modern practice in dental ceramics*. WB Saunders, p. 235-45, 1967.
52. Toogood GD, Archibald JF. Technique for establishing porcelain margins. *J Prosthet Dent*, 40: 464-8, 1978.
53. Prince J, Donovan T. The all porcelain labial margin for ceramometal restorations: a new concept. *J Prosthet Dent*, 50: 793-8, 1983.
54. McLean JW. The science and art of dental ceramics. *Operative Dentistry* 16: 149-156, 1991.



55. Sorensen JA. The IPS Empress 2 system: defining the possibilities. *Quintessence dent Technol*, 22: 153-63, 1999.
56. Raigrodski AJ, Chicke GJ. The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent*, 86: 520-5, 2001.
57. Pelletier LLB, Giordano RA, Camphell SD, Pober RL. Dimensional and compositional analysis of in-ceram alumina and die material. *J Dent Res*, 71: 253 (Abst.1180), 1992.
58. Chai J, Takahashi Y, Sulaiman F, Chong K, Lautenschlager EP. Probability of fracture of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont*, 13: 420-424, 2000.
59. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of in-ceram alumina and in-ceram zirconia. *In J Prosthodont*, 15: 339-346, 2002.
60. Wall JG, Cipra DL. Alternative crown systems. *Dent Clin North Am*, 36: 765-782, 1992.
61. Messer PP, Piddock W, Lloyd CH. The strenght of dental ceramics. *J Dent Res*, 19: 51-55, 1991.
62. Craig RG, Powers JM. *Restorative Dental Materials* (11th Ed). St. Louis Mosby, 2001.
63. McLaren E. How is zirconia different and how does it compare to traditional all ceramics?, *Synergy in Dentistry*, 3, 4-22, 2005.
64. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial: Review. *Biomaterials*, 20: 1-25. 1999
65. Guazzato M, Albakry M, Ringer S, Swain MV. Strenght, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dental Materials* 20; 449-456, 2004.
66. Ban S. Reliability and properties of core materials for all-ceramic dental restorations. *Japanese Dental Sci. Review*. 44; 3-21, 2008.
67. Sundh A, Sjögren G. A comparison of fracture strenght of yttrium- ozide-partially- stabilized zirconia ceramic crowns with varying core thickness, shapes and veneer ceramics. *J Oral Rehabil*, 31: 682-688, 2004.

68. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 98: 389-404, 2007.
69. Lang SA, Starr CB. Castable glass ceramics for veneer restorations. *J Prosthet Dent,* 67: 590-594, 1992.
70. Jones DW. Development of dental ceramics. *Dent Clin North Am,* 29(4): 621-645, 1985.
71. Sjögren G, Larro R, Tillberg A. Clinical evaluation of all-ceramic crowns (Dicor) in general practice. *J Prosthet Dent,* 81: 277-284, 1999.
72. Whitters CJ, Strang R, Brown D, Clarke RL, Curtis RV, Hatton PV, Ireland AJ, Lloyd CH, McCab le JF, Scrimgeour SN, Setcos PV, sherriff M, Noort R, Watts DC, Wood D. Dental materials: 1997 literature review. *J Dent,* 27: 401-435, 1999.
73. Chung K, Duh J. Properties of glass ceramic materials for fixed partial denture constructions. *J Oral Rehabil,* 23: 590-598, 1996.
74. Höland W, Rheinberger V, Apel E, Van't Holen C. Principles and phenomena of bioengineering with glass-ceramics for dental restoration. *J of European Ceramic Society,* 27: 1521-1256, 2007.
75. Yüksel G, Çekiç C, Özkan P. Metal desteksiz porselen sistemleri, *Atatürk Ün.Dişhek Fak Derg,* 10(2):79-88, 2000.
76. Beham G. IPS Empress: Eine Neue Keramik Technologie, *ZWR,* 100. Jahrg: 404-408, 1991.
77. IPS Empress 2: Instructions for use, Ivoclar Vivadent, Schaan, 1999.
78. Ivoclar Scientific Document: IPS Empress, Research and Development, Ivoclar Vivadent Scientific Service, Liechtenstein, 1997.
79. Ivoclar Scientific Document: Empress Esthetic, Research and Development, Ivoclar Vivadent Scientific Service, Liechtenstein, 2004.

80. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffeiner O, Foser RP. The Empress 2 system for conservative all-ceramic bridges. *J Multidiscipl. Collab Prosthodont.* 1: 22-38, 1999.
81. Oh SC, Dong JK, Luthy H, Scharer P. Strength and microstructure of IPS Empress 2 glass ceramic after different treatments. *Int J Prosthodont,* 13: 468-472, 2000.
82. Ivoclar Scientific Document: IPS Empress 2, Research and Development, Ivoclar Vivadent Scientific Service, Liechtenstein, 1997.
83. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dental Materials,* 20: 441-448, 2004.
84. Nakamura T, Ohyama T, Imanishi A, Ishigaki S. Fracture resistance of pressable glass ceramic fixed partial dentures. *J Oral Rehabil,* 29: 951-5, 2002.
85. Holand W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empres glass-ceramic. *J Biomed Mater Res,* 53: 297-303, 2000.
86. Edelhoff D, Sorensen J. Light transmission through all-ceramic framework and cement combinations. *J Dent Res (Spec Iss A)* 2002;81.
87. Edelhoff D, Sorensen JA. Light transmission through all-ceramic framework materials and bovine dentin. *J Dent Res* 2001;80:600.
88. Rosentiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent,* 80:280-301, 1998.
89. L.Baum. *Advanced Restorative Dentistry, modern materials and techniques.* Ch. 5, s 59-71, WB Saunders Comp, Philedelphia,London,Toronto, 1973.
90. G. Bayırlı, Şirin Ş. *Restoratif Tedavi.* Böl. 6, s 116-121, İÜ Diş Hek Fak Yayınları, İstanbul, 1985.
91. Diaz-Arnold AM, Vargas A, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent,* 81: 135-41, 1999.

92. Billington RW, Williams JA, Pearson GJ. Ion process in glass ionomer cements. *J of Dentistry*, 34: 544-555, 2006.
93. Yiu CKY, Tay FR, King NM, Pashley DH, Carvalho RM, Carrilho MRO. Interaction of resin-modified glass-ionomer cements with moist dentine. *J of Dentistry*, 32: 521-530, 2004.
94. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic color training in dentistry*. Elsevier Mosby, St. Louis. Pg:3-33, 2004.
95. Minolta Document: *Precise Color Communication: The Essentials of imaging*. Minolta Co. Ltd, Osaka–Japan.
96. Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Diş Hek Fak Derg*. 13: 29-36, 1992.
97. Rosentiel SF, Land M, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 3rd Ed, CV Mosby, St. Louis, 2001.
98. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *J Prosthet Dent*, 86: 453-547, 2001.
99. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organisation of color. *J Prosthet Dent*, 86: 458-464, 2001.
100. Clark EB. 74th Annual Session of the American Dental Assos., Buffalo, NY, 1932.
101. Ferracane JL. *Materials in Dentistry (Principles and Applications)* 2nd Ed, A Wolters Kluwer Co, Philadelphia, 2001.
102. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: The science and Strategies. *Int J Periodon. And Rest. Dent*. 23(5): 467-479, 2003.
103. Pizzamigli EA. A color selection technique. *J Prosthet Dent*, 66: 592-596, 1991.
104. Schwabacher WB, Goodkind RJ, Lua MJ. Interdependence of the hue, value and chroma in the middle site of anterior human teeth. *J Prosthodont*, 3(4): 188-192, 1994.

105. Matineli N. Dental laboratory technology. 2nd Ed. CV Mosby Co, St. Louis, 1975.
106. McPhee ER. Extrinsic coloration of ceramometal restorations. Dent Clin North Am, 9: 645-666, 1985.
107. Yılmaz I. Renk sistemleri, renk uzayları ve dönüşümler. Selçuk Ün. Jeodezi ve Fotogrametri Müh öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Konya, 2002.
108. Agoston GA. Color Theory and ITs Application in Art and Design. 2nd Completely Revised and Updated Edition, Springer-Verlag, Berlin, 1987.
109. Bayındır F, Wee Ag. The use of computer aided systems on tooth shade matching. Hacettepe Dişhek Fak Derg, 30: 40-46, 2006.
110. Hunter Lab Application Notes. Insight on Color. Vol:8 No: 7, Hunter Associates Laboratory, Inc. Reston, VA, USA.
111. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. J Prosthet Dent, 80: 642-648, 1998.
112. Westland S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. J Esthet REstor Dent, 15: 5-12, 2003.
113. Paravia RD. Evaluation of a newly developed visual shade matching apparatus. Int J Prosthodont, 15: 529-534, 2002.
114. Wozniak WT, Siev ED, Lim J, McGill SL, Sabri Z, Moser JB. Color mixing in dental porcelain. Dent Mater, 9: 229-233, 1993.
115. Crispin BJ, Hewlett E, Seghi RR. Relative color stability of ceramic stains subjected to glazing temperatures. J Prosthet Dent, 66: 20-23, 1991.
116. Johnston WM, Kao EC. Assessment of apperareance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res, 68: 819-822, 1989.
117. McCabe JF, Walls AWG. Applied Dental Materials. 8th Ed, p: 63-68, 96-114. Blackwell Science Ltd. London, UK, 1998.
118. Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments fo dental porcelain. J Dent Res, 69: 1180-1183, 1990.

119. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent*, 87: 657-666, 2002.
120. Zhang f, Heydecke G, Razzoog ME. Double layer porcelain veneers: Effect of layering on resulting color. *J Prosthet Dent*, 84: 425-431, 2000.
121. Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent*, 82: 143-149, 1999.
122. Schulze AK, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW. Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent mater*, 19: 612-619, 2003.
123. Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent*, 83: 166-170, 2000.
124. Watts A, Addy M. Tooth discoloration and staining: A review of the literature. *British Dental Journal*, 190: 309-316, 2001.
125. Culpepper WD. A comparative study of shade matching procedures. *J Prosthet Dent*, 24: 166-173, 1970.
126. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs. spectrophotometric shade taking for porcelain fused to metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restor Dent*, Jun: 24(3): 222-31, 2004.
127. Gürel G. *Porselen Laminat Veneerler Bilim ve Sanatı*. Quintessence Publishing, İstanbul, 2004.
128. Barghi N, Goldberg J. Porcelain shade stability after repeated firings. *J Prosthet Dent*, 37: 173-175, 1977.
129. Heffernan MJ, Aquilin S, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. *J Prosthet Dent*, 88: 4-9, 2002.
130. Mayekar SM. Shades of a color: Illusion or reality? *Dental Clin North Am*, 45(1): 155-172, 2001.
131. Nardi MA. Observer metamerism in collage-age students. *Color Res Appl*, 5:73, 1980.

132. Billmeyer FW, Saltzman M. Observer metamerism. *Color Res Appl*, 5:72, 1980.
133. Billmeyer Fw, Saltzman M. Principles of color technology. 2nd Ed. New York, John Riler and Sons, 1981.
134. Wyszecki G, Stiler WS. Color science concepts and methods quantitative data and formulae. 2nd Ed. New York; Wiley, 83-116, 1985.
135. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin North Am*, 48: 341-358, 2004.
136. Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent*, 79: 254-260, 1998.
137. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res*, 68: 1760-1764, 1989.
138. Gerary JL, Kinirons MJ. Colour perception of laboratory-fired samples of body-coloured ceramic. *J Dent*, 27: 145-148, 1999.
139. Reich S, Hornberger H. The effect of multicolored machineable ceramics on the esthetics of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*, 88: 44-49, 2002.
140. Goodkind RJ, Loupe MJ. Teaching of color in predoctoral and postdoctoral dental education in 1988. *J Prosthet Dent*, 67(5): 713-7, 1992.
141. Gözneli R. Tam seramiklerde tekrarlanan fırınlamalar sonrası renk ve kırılgenlik değişimleri. Marmara Üni, Doktora Tezi, İstanbul, 2004.
142. Lee YK, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides j *Esthet Restor Dent*, 13(3): 179-86, 2001.
143. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent*, JODD-1377, 2009.
144. Donaghue JL, Goodkind RJ, Schwabacher WB, Aeppli DP. Shade color discrimination by men and women. *J Prosthet Dent*, 65(5): 699-703, 1991.

145. Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res*, 68: 1755-1759, 1989.
146. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*, 81: 578-82, 2002.
147. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko A. *Fundamentals of Color*. Qunitessence Co, Illinois, p1-17, 2004.
148. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent* 34: 412-419, 2006.
149. Wee Ag, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dent Mater*, 22(6): 553- 9, 2006.
150. O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of colour variation on firing ceramic. *Dent Mater*, 7: 170-3, 1991.
151. Razzoog ME, Lang BR, Russell MM, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1994; 72: 453-456.
152. Belli S, Tanriverdi FF, Belli E. Colour stability of three esthetic laminate materials against to different staining agents. *J Marmara Univ. Dental Fac*, 2: 643-648, 1997.
153. Kuwata M. Coordination of opaque color. *Quint. Dent Technol*, 1: 39-42, 1981.
154. Mair LH, Stolarski TA, Vowles RW, Lloyd CH. Wear mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *J Dent*, 24: 141-148, 1996.
155. Nassar U, Meyer AE, Ogle RE, Baier RE. The effect of restorative and prosthetic materials on dental plaque. *Periodont* 8: 114-124, 1995.
156. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials. *J Prosthet Dent*, 88: 10-15, 2002.



157. Shokry TE, Shen C, Elhosary MM, Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color parameters of two all ceramic systems. *J Prosthet Dent*, 95: 124-9, 2006.
158. Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Den*, 90: 563-70, 2003.
159. Celik G, B, Usumez A, Sahin V, Ozturk O, Goktug G. The effect of repeated firings on the color of an all ceramic system with two different veneering porcelain shades. *J Prosthet Dent*, 99: 203-8, 2008.
160. Pires-de-Souza FC, Casemirp LA, Garcia LFR, Cruvinel DR. Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent*, 101: 13- 18, 2009.
161. Atay A, Oruc Z, Ozen J, Sipahi C. Effect of accelerated aging on the color stability of feldspatic treated with various surface treatments. *Quintecence Int*, 39: 603-9, 2008.
162. Azer SS, Ayash GM, Johnston WM, Khalil MF, Rosentiel SF. Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*, : 397-401, 2006.
163. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking various types of opaque posts. *J Prosthet Dent*, 83: 412-7, 2000.
164. Clelland NL, Ramirez A, Katsube N, Seghi RR. Influence of bond quality on failure load of leucite- and lithia disilicate-based ceramics. *J Prosthet Dent*. 97: 18-24, 2007.
165. Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core built up composites on all-ceramic materials. *Dental Materials*, 25: 158-165, 2008.
166. Ahn JS, Lee YK. Difference in the translucency of all-ceramics by the illuminant. *Dental Materials*, 24: 1539-1544, 2008.
167. Chen YM, Smales RJ, Yip KH, Sung WJ. Translucency and biaxial flexural strenght of four ceramic core materials. *Dental Materials*, 24: 1506-1511, 2008.

168. Ragain JC, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *J Esthet Restor Dent*, 13(1): 41-8, 2001.
169. Ozyeşil AG, Usumeş A, Gunduz B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. *J Prosthet Dent*, 91: 151-7, 2004.
170. Lee TH, Park WH, Lee YS. Color stability of resin cement used in all ceramic crown. *J Korean Acad Prosthodont*, 42(1):41-48, 2004.
171. Barath VS, Faber FJ, Westland S, Niedermeier W. Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res*, 17: 55-60, 2003.
172. Nakamura T, Fujikawa J, Saito O, Maruyama T. Effects of ceramic thickness, background and cement color in staining technique. *J of Japan Prosth Soc*, 44(1):115-121, 2000.
173. Yurdukoru B, Terzioğlu H, Yılmaz B. Effect of cementi porcelain thickness to color of all ceramics. Joint Meeting of the Continental European (CED) and Scandinavian (NOF) Divisions of the IADR, Sept 14-17, 2005.
174. Küçükesmen HC, Üşümez A, Öztürk N, Eroğlu E. Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *J of Dentistry*, 36: 219-223, 2008.
175. Yaman P, Qazi SR, Dennison JB, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent*, 77:136-140, 1997.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

Diş hekimi Ufuk Başoğlu, 7 Mayıs 1982 tarihinde İzmit/Kocaeli' de dünyaya geldi. 1993-1999 yılları arasında Atafen Fen Lisesinde okudu. 2000 yılında Ankara Ayrancı Lisesi' nden mezun oldu. 2000 yılında Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi' ni kazandı, 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Eylül ayında, Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı' nda doktora eğitime başladı. Halen aynı fakültede doktora öğrencisi olarak eğitime devam etmektedir.