

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

**YAPIŞTIRMA SİMANININ RENGİNİN TAM SERAMİK
RESTORASYONLARIN SONUÇ RENGİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Doğu Ömür DEDE

**Samsun
Aralık-2011**

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

**YAPIŞTIRMA SİMANININ RENGİNİN TAM SERAMİK
RESTORASYONLARIN SONUÇ RENGİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Dt. Doğu Ömür DEDE

Prof. Dr. Güzlem CEYLAN

**Samsun
Aralık-2011**

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından **Protetik Diş Tedavi** Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nehir ÖZDEN, Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Peruze ÇELENK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Ağız, Diş Radyolojisi Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Gözlem CEYLAN, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Ahmet Umut GÜLER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş
Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Duygu SARAÇ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Tezin Adı: Yapıştırma simanının renginin tam seramik restorasyonların sonuç rengi
üzerindeki etkisinin incelenmesi.

Tezi Teslim Eden: Doğu Ömür DEDE
Tez Savunma Sınav Tarihi: 28.12.2011
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gözlem CEYLAN

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurul'unca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Süleyman KAPLAN
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bilgi ve tecrübesiyle bana her zaman yol gösterip destekleyen, tezimin her aşamasında emeğini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Gözlem CEYLAN'a,

Doktora tezimin gelişimine tecrübesi ile değerli katkılarını aktaran Sayın Prof. Dr. Peruze ÇELENK'e,

Doktora tezimin şekillendirilmesi ve tamamlanmasında bilgi ve deneyimleri ile destek olan, yol gösteren Sayın Doç. Dr. Ahmet Umut GÜLER, Sayın Doç. Dr. Duygu SARAÇ'a,

Doktora tezimin verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde göstermiş olduğu yardımlardan dolayı OMÜ Ziraat Fakültesi Biometri ve Genetik Anabilim Dalı Öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Soner ÇANKAYA'ya,

Doktora tezimin gerçekleştirilmesinde "PYO.DIS.1904.09.012" proje numarası ile maddi destek sağlayan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na;

Doktora eğitimim süresince desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Sayın Doç. Dr. Şinasi SARAÇ, Sayın Doç. Dr. Murat YENİSEY ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Şafak KÜLÜNK'e,

Doktora eğitimim ve çalışmalarımın yürütülmesinde destek olan ve yardımlarını esirgemeyen tüm Protetik Diş Tedavisi AD Öğretim Üyelerine,

Doktora eğitimim boyunca yan yana çalıştığım, bana destek veren ve bu süreci varlıklarıyla kolaylaştıran dostlarıma ve özellikle dönem arkadaşlarım Ayşe ŞANAL ve Ayça ERKOÇAK'a

Sevgi ve desteğiyle her anımda yanımda olan biricik eşim Figen ÖNGÖZ DEDE'ye,

Hayatım boyunca aldığım tüm kararlarımda arkamda olan, beni her alanda maddi ve manevi olarak destekleyen aileme ve tezimin hazırlanması sırasında emeği geçen herkese,

EN İÇTEN TEŞEKKÜRLERİMLE...

ÖZET
YAPIŞTIRMA SİMANININ RENGİNİN TAM SERAMİK
RESTORASYONLARIN SONUÇ RENGİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

Dt. Doğu Ömür DEDE, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Aralık-2011,

Bu çalışmanın amacı; yapıştırma simanlarının, tam seramiklerin sonuç rengi üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi ve gerektiğinde olumlu yönde kullanılabilmesi için, optik özelliklerinin ve tam seramiklerin sonuç rengi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir.

A₂ renk tonunda ve uygun alt yapı/veneer kalınlıklarında hazırlanan, disk şeklindeki (11x1,5 mm); orta opakite ve yüksek translüsent alt yapıya sahip IPS e.max, In Ceram Alumina ve zirkonyum tam seramik örneklerin siman uygulamadan önce ilk renk ölçümleri spektrofotometre cihazıyla ölçülerek CIE L*a*b* renk sisteminde kaydedildi. Universal renk tonunda Ketac Cem, Ketac Cem Plus ve universal, translüsent, beyaz opak renklerdeki Maxcem, Variolink II, Clearfil ve RelyX siman örnekler disk şeklinde (11x0,2 mm) hazırlandı ve tam seramik örneklerle optik olarak bağlandıktan sonra ikinci renk ölçümleri yapıldı. Renk farklılıkları (ΔE) hesaplanarak iki yönlü Varyans Analizi (Anova) ve Tukey HSD testi ile istatistiksel analizleri gerçekleştirildi.

Beyaz opak simanların tam seramiklerin L* değerinde artma, universal ve translüsent simanların ise azalmaya ve tüm simanların ise genel olarak a* ve b* değerlerinde azalmaya neden olduğu görüldü. Tüm tam seramikler için, en yüksek renk farklılığı translüsent renk Variolink II ($\Delta E=2,77$), en düşük renk farklılığı ise universal ve beyaz opak renklerdeki RelyX ($\Delta E=1,34$) siman gruplarında tespit edildi. Siman renkleri arasında, en az renk değişimine beyaz opak, en fazla renk değişimine ise translüsent renk simanların neden olduğu ve aralarında da istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0,05$). Doğal diş görünümünü daha iyi taklit edebilen translüsent yapıdaki IPS e max seramiklerin, siman renginden daha fazla etkilendiği görüldü. Siman sistemlerinin kullanmış olduğu renk sınıflandırmalarında bir standardizasyon probleminin olduğu ve özellikle daha translüsent yapıdaki seramik restorasyonların sonuç rengi için daha fazla önem taşıyacak olan yapıştırma simanlarının klinik uygulamalarından önce test edilmesi önerilmektedir.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF LUTING CEMENTS COLOR ON THE FINAL COLOR OF ALL CERAMIC RESTORATIONS

Dt. Doğu Ömür DEDE, Ph.D. Thesis

University of Ondokuz Mayıs, Samsun, December-2011

The purpose of this study is to evaluate the optical properties of luting cements and their effects on the final color of all ceramics due to prevent the unfavorable effects or in case of need to use favorable effects on the final color of all ceramics.

IPS e.max with medium opacity and high translucency frameworks, In Ceram Alumina and zirconium all ceramic disc shaped (11x1,5mm) samples were prepared at A₂ shade and appropriate core/veneer thickness. First color measurements were performed with a spectrophotometer without cement samples and recorded as CIE L*a*b* color system. Universal shade Ketac Cem, Ketac Cem Plus and universal, translucent, white opaque shades Maxcem, Variolink II, Clearfil and RelyX cement disc shape (11x0,2mm) samples were prepared, optically connected to the ceramic samples and second color measurements were performed. Color differences (ΔE) were calculated and statistically analyzed with two way Variance Analyses (Anova) and Tukey HSD tests.

It was seen that, the use of white opaque cements resulted an increase and universal and translucent cements decrease the color coordinate L* value and all shade cements generally decrease the color coordinate a*, b* values for all ceramics. Highest color difference value was determined at translucent shade Variolink II ($\Delta E=2,77$) and the lowest was determined at white opaque shade RelyX ($\Delta E=1,34$) cement groups for all ceramics. It was seen that, white opaque color cements caused to lowest and the translucent color cements caused to highest color differences between the cement shades and there was also a statistically significant difference between them ($p<0,005$). It was also seen that, IPS e.max ceramics, which's more translucent structure simulated natural tooth appearance better, were more affected from the cements color. It suggested to test the luting cements before clinical applications because of the color classifications of cement systems have a standardization problem and especially luting cements are more important for the ceramic restorations with translucent structure.

SİMGELER VE KISALTMALAR

< Küçüktür	C Renk yoğunluğu (kroma)
> Büyüktür	CAD Bilgisayar destekli tasarım
μm Mikrometre	CAM Bilgisayar destekli üretim
% Yüzde	CaO Kalsiyum oksit
° Derece	CeO ₂ Seryum oksit
°C Derece Santigrat	CIE Uluslararası Aydınlatma Komisyonu Renk Sistemi
°K Derece Kelvin	CIS Cam iyonomer siman,
Δa Kırmızılık/yeşillik değişimi	dk Dakika
Δb Sarılık/mavilik değişimi	FAS Floro alumino silikat cam
ΔE Renk değişimi	GPa Giga paskal
ΔL Açıklık/koyuluk değişimi	gr Gram
4-META 4-metakriloksi etil trimellitate anhidrid	H Renk tonu (hue)
a* CIE Renk Sistemi (kırmızı-yeşil) koordinatı	HEMA Hidroksietil metakrilat monomeri
Al₂O₃ Alüminyum oksit	HIP Hot isostatically pressed
Al₂O₃ 2SiO₂ 2H₂O Alüminyum silikattır (kaolin)	KAISi ₃ O ₈ Potasyum ortoklas
b* CIE Renk Sistemi (sarı-mavi) koordinatı	K ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₀ F ₄ Tetrasiklik floromika
bo Beyaz opak siman rengi	K ₂ O Potasyum oksit (potas)
BaO Baryum oksit	K ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂ Potasyum alüminyum silikat
B₂O₃ Borik oksit	L* CIE Renk Sistemi (açıklık/koyuluk) değeri koordinatı
Bis-GMA BIS-fenol glisidilmetakrilat	LED Light emitting diode (ışık yayan diyot)

Li₂SiO₃ Lityum metasilikat	RCIS Rezin modifiye cam iyonomer siman
Li₂Si₂O₅ Lityum disilikat	Si⁴⁺ Silisyum
ISO “International Organization for Standardization”	SiO₂ Silika (kuartz)
MAD Manüel dizayn	SiO₄ Silisyum tetraoksit
MAM Manüel üretim	SiO₂ Al₂O₃ K₂O Lösit kristali
MDP 10-Metakriloksidihidrojen fosfat	SiO₂ LiO₂ Lityum disilikat
MgAl₂O₃ Magnezyum aluminat	Ss Standart sapma
ml Mililitre	t Transludent siman rengi
mm Milimetre	TEGDMA Trietilen glikol dimetilakrilat
MgO Magnezyum oksit	Ti₂O Titanyum oksit
MPa Megapaskal	u Universal siman rengi
mW/cm² Miliwat /santimetrekare	UDMA Üretan dimetilakrilat
n Kırılma indisi	V Renk parlaklığı (value)
Na₂O Sodyum oksit (soda)	Y₂O₃ Yitriyum oksit
Na₂O Al₂O₃ 6SiO₂ Sodyum alüminyum silikatın	Y-TZP Yitriyum ile stabilize tetragonal zirkonya polikristali
nm nanometre	ZnO Çinko oksit
P₂O₅ Fosfor pentaoksit	ZNPO Çinko fosfat
pH “Power of Hydrogen”	ZOE Çinkooksit ojenol
RES Rezin siman	

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
İNGİLİZCE ÖZET	v
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dental Seramikler	3
2.1.1. Dental seramiklerin tarihçesi	3
2.1.2. Dental seramiklerin yapısı	4
2.1.3. Dental seramiklerin sınıflandırılması	5
2.1.3.1. Erime ısılarına göre sınıflandırılması	5
2.1.3.2. Yapım tekniklerine göre sınıflandırılması	6
2.1.3.2.1. Metal destekli dental porselenler	6
2.1.3.2.2. Metal desteksiz dental porselenler	8
2.1.3.2.2.1. Geleneksel toz-likit porselenler	9
2.1.3.2.2.2. Dökülebilir porselenler	10
2.1.3.2.2.3. Bilgisayar destekli hazırlanan porselenler	11
2.1.3.2.2.4. Isı ve basınç altında preslenen porselenler	14
2.1.3.2.2.5. İnfiltrasyon porselenler	18
2.2. Dental Simanlar.....	20
2.2.1. İdeal Bir Yapıştırma Simanda Aranacak Özellikler.....	20
2.2.1.1. Biyolojik özellikler	20
2.2.1.2. Mekanik özellikler	21
2.2.1.3. Estetik özellikler	22
2.2.1.4. Çalışma özellikleri	23
2.2.1. Cam iyonomer siman.....	24
2.2.2. Resin modifiye cam iyonomer siman.....	25
2.2.3. Resin simanlar	26
2.2.3.1. Metil metakrilat esaslı resin simanlar	26
2.2.3.2. Dimetakrilat (kompozit) resin simanlar	27
2.3. Diş Hekimliğinde Işık ve Renk	30
2.3.1. Materyallerin ışığın yayılımına etki eden özellikleri.....	33
2.3.1.1. Opasite	33
2.3.1.2. Yarı saydamlık (transludensite)	33

2.3.1.3. Saydamlık (transparanlık).....	33
2.3.1.4. Fosforesans özelliği	33
2.3.1.5. Floresans özelliği	34
2.3.1.6. Opalesans özelliği	34
2.3.1.7. Metamerizim	35
2.3.2. Renk Olgusu ve algılanması.....	36
2.3.3. Renk sistemleri	36
2.3.3.1. Munsell renk sistemi	37
2.3.3.2. CIE renk sistemi	39
2.3.3.3. CIE L*a*b* renk sistemi	40
2.3.4. Renk ölçüm yöntemleri	42
2.3.4.1. Görsel renk ölçümü	42
2.3.4.2. Cihaz kullanılarak yapılan renk ölçümü	42
2.4. Kırılma İndisi Materyalleri	45
3. MATERYAL METOT	47
3.1. Tam Seramik Örneklerin Elde Edilmesi	49
3.1.1. IPS Empress e.max press örneklerin hazırlanması.....	49
3.1.2. In Ceram Alumina örneklerin hazırlanması	56
3.1.3. Zirkonyum örneklerin hazırlanması	60
3.2. Tam Seramik Örneklerin İlk Renk Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi	64
3.3. Siman Örneklerin Elde Edilmesi.....	65
3.3.1. Cam iyonomer siman örneklerin hazırlanması.....	65
3.3.2. Rezin modifiye cam iyonomer siman örneklerin hazırlanması.....	67
3.3.3. Rezin siman-I örneklerin hazırlanması.....	68
3.3.4. Rezin siman-II örneklerin hazırlanması	70
3.3.5. Rezin siman-III örneklerin hazırlanması	71
3.3.6. Rezin siman-IV örneklerin hazırlanması.....	73
3.4. Tam Seramik Örneklerin İkinci Renk Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi	74
3.5. İstatistiksel Analiz.....	78
4. BULGULAR	79
4.1 Seramik Örneklerin Siman Uygulaması Öncesi ve Sonrasına Ait Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	79
4.1.1. L* değerlerinin değerlendirilmesi	79
4.1.2. a* değerlerinin değerlendirilmesi	82
4.1.3. b* değerlerinin değerlendirilmesi	85
4.2 Seramik Örneklerin Siman Uygulaması Öncesi ve Sonrasına Ait Ölçüm	

Sonuçları Arasındaki Farklılıkların Değerlendirilmesi.....	87
4.2.1. L*değeri arasındaki farklılıkların (ΔL^*) değerlendirilmesi	88
4.2.2. a*değeri arasındaki farklılıkların (Δa^*) değerlendirilmesi	89
4.2.3. b*değeri arasındaki farklılıkların (Δb^*) değerlendirilmesi	90
4.3 Siman Uygulaması Sonrasında Seramik Örneklerde Meydana Gelen Renk Farklılıkları (ΔE)	91
4.3.1. Renk farklılıklarının (ΔE) değerlendirilmesi	91
4.3.2. Renk farklılıklarının (ΔE) karşılaştırılması	92
4.3.2.1. IPS e.max (mo) grubu için ΔE karşılaştırılması	92
4.3.2.2. IPS e.max (ht) grubu için ΔE karşılaştırılması	94
4.3.2.3. In Ceram Alumina (al) grubu için ΔE karşılaştırılması	96
4.3.2.4. Zirkonyum (zi) grubu için ΔE karşılaştırılması	97
4.3.2.5. Tam seramik grupların ortalamaları için ΔE karşılaştırılması	98
4.3.2.6. Ticari marka bazında ΔE 'nin karşılaştırılması	101
4.3.2.7. Renk bazında ΔE 'nin karşılaştırılması	102
4.3.2.8. Her Siman Materyali İçin Seramik Grupları Arası ΔE 'nin karşılaştırılması.....	103
5. TARTIŞMA.....	106
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	127
7. KAYNAKLAR.....	128
ÖZGEÇMİŞ	142

1. GİRİŞ

Diş dokusunun optik özellikleri, mine ve dentin dokusunun gelen ışığı kırma ve yansıtma karakterleriyle ilişkilidir (O'Brien ve ark., 1991; Chaiyabutr ve ark., 2011). Doğal dişle restorasyon (yapay diş) arasında renk uyumunun sağlanması, modern diş hekimliğinin en büyük sorunudur (Mc Lean, 1976; Roge ve Preston, 1987; Wee ve ark., 2002; Vichi ve ark., 2000; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Restorasyonun, doğal diş görünümüne benzeyebilmesi için, diş formunun, yüzey özelliklerinin, translusensi ve renginin dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir (Seghi ve ark., 1986; Kelly ve ark., 1996; Heffernan ve ark., 2002a; Terzioglu ve ark., 2009; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Restoratif materyaller arasında tam seramikler; optik özelliklerinin diş dokularıyla oldukça benzer karakterde olması sayesinde, doğal diş görünümünü en iyi şekilde yansıtabilen materyallerdir (Carossa ve ark., 2001; Conrad ve ark., 2007; Azer ve ark., 2011). Tam seramiklerin yapısında bulunan, farklı kırılma indislerine sahip ve orta derecede transparant olan küçük partiküller, ışığın farklı açılarda saçılmasını ve geçirilen ışığın yoğunluğunun azalmasını sağlayarak, tam seramiklere doğal dişe benzer yarı saydamlık ve estetik karakter kazandırır (Rosenblum ve Schulman, 1997; Anusavice ve ark., 2003; Azer ve ark., 2011).

Bir seramik restorasyonun final renginin planlandığı şekilde elde edilmesi son derece kompleks bir olgu olup, seramik materyalin opalesens, translusensi, floresans derecesi, yüzey ve şekil özellikleri, seramik çeşidi (Seghi ve ark., 1986; O'Brien ve ark., 1991; Wee ve ark., 2002), tabakalama şekli (O'Brien ve ark., 1991), fırınlama sayısı ve kondensasyon tekniği gibi özellikler, final rengini belirleyen faktörlerdir (de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Seramik restorasyonların final rengi, seramik materyaline bağlı faktörler kadar, yapıştırma simanı ve arka plandaki dişin rengine de bağlıdır (Yaman ve ark., 1997; Vichi ve ark., 2000; Barath ve ark., 2003; Dozic ve ark., 2003; Chu ve ark., 2007; Lee, 2007; Karaagacılıoğlu ve Yılmaz, 2008; Chang ve ark., 2009; Terzioglu ve ark., 2009; Barao ve ark., 2010; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Azer ve ark., 2011). Yapıştırma simanları; prepare edilmiş diş ve restorasyon arasında bağlantı ve desteklik sağlamak, arka plan renginin maskelenmesi ve restorasyonun final renginin modifiye edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Douglas ve Przybylska, 1999; Barath ve ark., 2003; Uzun ve Keyf, 2007; Chang ve ark., 2009; Kilinc ve ark., 2011; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Eğer bir seramik restorasyon, endodontik tedavi görmüş,

post restorasyonu taşıyan veya renk değiştirmiş bir dişin üzerine yerleştirilirse, restorasyonun özellikle servikal alanında renklenme problemi oluşur. Bu sorunun ortadan kaldırılabilmesi, seramik renk ve kalınlığının değiştirilmesi ya da siman rengine bağlıdır (Douglas ve Przybylska, 1999; Vichi ve ark., 2000; Nakamura ve ark., 2002; Dozic ve ark., 2003; Li ve ark., 2009; Chaiyabutr ve ark., 2011). Doğal diş görünümünü daha iyi taklit edebilen translusent yapıdaki seramikler ise, alt tabakayı oluşturan diş ve siman renginden daha fazla etkilenirler (Seghi ve ark., 1986; Barath ve ark., 2003; Ahn ve Lee, 2008; Terzioglu ve ark., 2009; Li ve ark., 2009; Chang ve ark., 2009; Azer ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011).

Douglas (2000), renk uyumsuzluğunun n bölgeye uygulanan restorasyonların değiştirilmesindeki en önemli sebeplerden biri olduğunu rapor etmiştir. Mükemmelen bir renk uyumuna sahip olan bir restorasyon, bilinçsizce yapılacak olan bir simantasyon işleminin ardından, estetik açıdan son derece başarısız bir hal alabilir. Özellikle adeziv rezin sistemler kullanıldığında, bu başarısızlığın telafi edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilecek yenileme işlemleri esnasında ise, çoğu zaman restorasyon veya destek diş zarar görecektir. Diğer taraftan, uygun renk ve ışık geçirgenliğine sahip bir siman materyalinin seçilmesi, istenilen estetik başarıya ulaşılamamış bir restorasyonun final renginin olumlu yönde modifiye edilmesi ve final rengine olumsuz yönde etki edebilecek destek dişe ait arka plan özelliklerinin maskelenebilmesinde son derece faydalı olacaktır.

Bu tez çalışmasında; yapıştırma simanlarının, tam seramiklerin sonuç rengi üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenebilmesi ve gerektiğinde olumlu yönde kullanılabilmeleri için, optik özelliklerinin ve tam seramiklerin sonuç rengi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın hipotezine göre ise; kullanılan yapıştırma simanlarının tam seramiklerin sonuç rengini etkileyeceği ve bu etkinin simanın çeşidine, rengine ve tam seramik sistemine göre farklılıklar göstereceğidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dental Seramikler

2.1.1. Dental Seramiklerin Tarihçesi

‘Seramik’ sözcüğü Yunanca topraktan yapılmış anlamına gelen ‘keramos, keramikos, keramenes’ kelimelerinden üretilmiştir. Topraktan yapılmış ve yanmış anlamını taşır. Seramikler insanlar tarafından yapısal olarak değiştirilmiş en eski inorganik materyallerdir. İlk seramikler ev ve süs eşyalarının yapımında kullanılmış oldukça zayıf, porözlü ve opak yapıda olup esas olarak kaolinden meydana gelir. İçeriğindeki kaolinin, silika ve feldspar gibi diğer minerallerle karıştırılması sonucu şeffaflık ve dayanıklılık sağlanır. Bu ilave unsurları içeren materyale ‘porselen’ adı verilir. Porselen kelimesi, etimiyolojik açıdan ortaçağ İtalyaca’sındaki ‘‘porcella’’ kelimesinden türetilmiştir ve bu kelime istiridye kabuğunun iç yüzeyindeki sedefin beyaz-parlak kıvrımları anlamına gelmektedir (Jones, 1985; Kelly ve ark 1996; Nayır, 1999; Yavuzylmaz ve ark., 2005).

Milattan 25000 yıl öncesinden beri insanlar tarafından kullanılan seramiklerin, diş hekimliğindeki kullanımının ilk kez 18. yüzyılda gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Wohlwend ve ark, 1989; Akın, 1990). 1903 yılında Land tarafından ‘‘jaket kronlar ‘‘ geliştirilmiştir. Estetik avantajına rağmen, düşük bükülme dayanıcı ve kırılma dayanıklılığından dolayı kullanımları sınırlı kalmıştır (Akın, 1990; Anusavice ve ark., 2003; McLean ve Odont, 2001). 1958 yılında Vines ve arkadaşları; çok ince porselen tozunu düşük basınçta vakum altında pişirerek, porselenin translusensi ve estetik özelliklerini geliştirmişlerdir (Vines ve ark., 1958; McLean ve Odont, 2001). 1960’larda ise Weinstein ve arkadaşları; porselen tozuna yüksek genleşme özelliğine sahip ‘‘lösit’’ ilave ederek, metal ve porselenin termal genleşme katsayıları arasındaki uyumsuzluktan kaynaklanan soğuma sırasındaki hata ve kırıkları engellemişlerdir. Böylelikle felspatik porselenlerin termal ekspansiyon katsayısının oldukça sınırlı bir alanda kontrol edilebilmesini ve porselen metal bağlantısını sağlamışlardır (Craig, 2002; Denry ve Holloway, 2002).

20. yy sonlarında tam porselen restorasyonlar geliştirilmeye başlanmıştır. Takip eden 50 yıl içinde slip cast ile elde edilen, ısı ile preslenen ve frezelenen porselen sistemleri geliştirilmiştir (Denry ve Holloway, 2002).

2.1.2 Dental Seramiklerin Yapısı

Diş hekimliğinde kullanılan porselen, yapı olarak dört oksijen (O) atomu ile merkezde yer alan bir silisyum (Si^{4+}) arasında kimyasal bağlar içeren silisyum tetraoksitten (SiO_4) oluşmaktadır. Feldspar, kuartz ve kaolin, porselenin temel bileşenleri olup SiO_4 içermektedir (Akın, 1990; Nayır, 1999).

Feldspar: Potasyum alüminyum silikat ($\text{K}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 6\text{SiO}_2$) ve albit olarak da bilinen sodyum alüminyum silikatın ($\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3 6\text{SiO}_2$) karışımından oluşmaktadır. Porselene doğal bir saydamlık veren ve ana yapıyı teşkil eden maddedir. Fırınlama sırasında oluşan toplanma ve piroplastik akmayı azaltarak, diş şekli ve yüzey detaylarının kaybolmasını engeller. Porselen tozunda yaklaşık %60 oranında bulunmaktadır. Feldspar 1250-1500°C civarında eriyerek serbest kristalin fazında cama dönüşür (Zaimoğlu ve ark., 1993; Coşkun ve Yalug, 2002; Yavuzylmaz ve ark., 2005).

Kuartz (Silika): Silika yapısında (SiO_2) olan kuartz, matriks içerisinde doldurucu görevi yapar, pişirme sonucu meydana gelebilecek büzülme önler, kitleye stabilite sağlar, termal genişleme katsayısını kontrol etmede yardımcı olur ve porselenin dayanıklılığının artmasını sağlar. Eriyerek şekil değiştirme ısı diğer maddelere nazaran daha yüksek olduğu için pişirme sırasında serbest durarak seramik restorasyonun şeklinin korunmasını sağlar. Porselen tozunda yaklaşık %10-30 oranında bulunur (Zaimoğlu ve ark., 1993; Coşkun ve Yalug, 2002; Craig, 2002).

Kaolin: Çin kili olarak isimlendirilen kaolin dehidrate olmuş alüminyum silikattır ($\text{Al}_2\text{O}_3 2\text{SiO}_2 2\text{H}_2\text{O}$). Isıya oldukça dayanıklıdır ve porselen hamuruna elastikiyet verir. Yapışkan bir yapıya sahip olduğundan diğer materyalleri bir arada tutar ve porselenin modelajında kolaylık sağlar. Opak olduğundan porselen tozunda ancak %1-5 oranında bulunur (Zaimoğlu ve ark., 1993; Coşkun ve Yalug, 2002).

Porselen yapısında bu üç ana maddenin dışında; porselenin erime derecesini düşürüp ısıl genişleme katsayısını arttıran, akışkanlar veya cam modifiye ediciler [kalsiyum oksit (CaO), sodyum oksit (Na_2O) ve potasyum oksit (K_2O)], cam modifiye edicilerin düşürdüğü vizkoziteyi arttıran ara oksitler [alüminyum oksit (Al_2O_3)], camlaşma işleminin daha kolay oluşabilmesinde kullanılan camlaştırıcılar [borik oksit (B_2O_3)], çeşitli renk pigmentleri (demir, nikel, bakır, titanyum, manganez, kobalt, zirkonyum ve kalay gibi metal oksitler), opaklaştırıcı ve

flouresans özelliğini geliştiren çeşitli ajanlar da eklenmektedir (Akın, 1990; Zaimoğlu ve ark., 1993; Kelly ve ark., 1996; Nayır, 1999; Coşkun ve Yalug, 2002; Craig, 2002).

2.1.3. Dental Seramiklerin Sınıflandırılması

Dental porselen sistemlerini; erime ısıları, kimyasal yapıları ve yapım tekniklerine göre sınıflandırmak mümkündür (Akın, 1990; Zaimoğlu ve ark., 1993; Shillingburg ve ark., 1997; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

2.1.3.1. Erime Isılarına Göre Sınıflandırılması

Dental porselenler, erime ısılarına göre şu şekilde sınıflandırılır:

- a. Yüksek ısı porselenleri
- b. Orta ısı porselenleri
- c. Düşük ısı porselenleri
- d. Çok düşük ısı porselenleri (Anusavice ve ark., 2003)

Yüksek Isı Porselenleri

Fırınlanma sıcaklıkları 1315-1370°C civarındadır. Yapılarındaki akışkan miktarı çok düşük olup, %15'den az büzülme gösterirler. Yüksek ısı porselenleri, şeffaflığı, dayanıklılığı ve fırınlama sonrasında çok az boyutsal değişiklik göstermeleri nedeniyle suni dişlerin yapımında, nadiren yüksek ısı ile pişirilen jaket kronların yapımında kullanılırlar. (Akın, 1990; Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

Orta Isı Porselenleri

Fırınlama sıcaklıkları 1101-1300°C civarındadır. Yüksek ısı porselenine göre içeriğindeki akışkan miktarı daha fazla olup daha düşük derecelerde erir ve %15'den fazla büzülme gösterirler. Gövde porseleni yapımında kullanılırlar. Yüksek ve orta ısı porselen materyallerinin mikroskopik incelenmesinde, esas olarak kuartzdan oluşan ince kristal iskeletler içinde şekilsiz feldspatik matriksin olduğu karmaşık yapılar görülür (Akın, 1990; Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

Düşük Isı Porselenleri

Fırınlama sıcaklıkları 850-1100°C civarındadır. Jaket kronlarda, metal destekli porselenlerde, alüminoz porselenlerde, çeşitli boya ve parlatma (glaze) tozlarında kullanılırlar. İçeriğindeki akışkan miktarı çok daha fazla olup (%95),

pişirme süreleri daha kısa ve %30-35 oranında büzülme gösterirler. İçeriklerinde kaolin miktarı çok az veya hemen hemen hiç yoktur. Fırınlama sonrasında daha fazla cama benzeyen, daha homojen, daha az kuartz içeren mikroyapı içerirler (Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

Ultra Düşük Isı Porselenleri

850°C'den daha düşük sıcaklıkta fırınlanırlar. Ultra düşük ısı porselenlerinin bazıları, büzülme katsayılarının düşük olması nedeniyle titanyum ve titanyum alaşımları ile birlikte, inley-onley ve hassas bağlantılı kronlarda kullanılmaktadırlar. Fırınlama sıcaklıklarının düşük olması, metal oksit açığa çıkma riskini azaltmaktadır (Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

2.1.3.2. Yapım Tekniklerine Göre Sınıflandırılması

Dental porselenler, yapım tekniklerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

I. Metal destekli dental porselenler

II. Metal desteksiz dental porselenler

- a. Geleneksel toz-likit porselenler
- b. Dökülebilir porselenler
- c. Bilgisayar destekli (CAD-CAM) hazırlanan porselenler
- d. Isı ve basınç altında preslenen porselenler
- e. İnfiltrasyon porselenler (Rosenblum ve Schulman, 1997; Blatz, 2002).

2.1.3.2.1 Metal Destekli Dental Porselenler

Porselene direnç kazandırmak için metal alt yapı desteği yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır (Kelly ve ark., 1996; Yavuzyılmaz ve ark., 2005). Günümüzde de yaygın olarak kullanılan metal destekli porselen sistemleri, üstün estetik özellikleri olan porseleni metal alt yapıya bağlayarak, kırılmaya neden olan gerilim kuvvetlerine karşı daha dirençli kılmış ve kron-köprü protezleri için beklenen gereksinimleri büyük ölçüde karşılamıştır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002).

Metal destekli porselen restorasyonlar, kesimi yapılmış diş üzerine yerleştirilen metal alt yapı ve bu alt yapı üzerine fırınlanan porselenden oluşur. Porselenin metal alt yapı üzerine uygulanmasında ilk işlem, ön ısı uygulanarak metal yüzeyinde oksit tabakası oluşturulmasıdır. Daha sonra oksitlenmiş metal alt yapı üzerine, metal alt yapının rengini maskeleyen ve oksit tabakayla porselen bağlantısının sağlanması için titanyum dioksit, zirkonyum oksit ve kalay oksit gibi

oksitler içeren opak porselen uygulanır. Opak tabakasının fırınlanmasını takiben, doğal dişe benzer bir estetik yakalayabilmek için, bu yapının üzerine sırasıyla dentin, mine ve glaze porselenleri yığılarak fırınlanır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003)

Metal destekli porselenlerin fırınlama sıcaklıkları kullanılan metal alt yapıya göre değişmektedir. Titanyum alaşımlar, 800°C'de kalın bir oksit tabakası oluşturmaktadır. Dolayısıyla, bu alaşımlar ile kullanılan üstyapı porselenleri, yaklaşık 760°C'de fırınlanan ultra düşük ısı porselenleridir. Nikel krom alaşımları ile kullanılan üstyapı porselenleri yaklaşık 950°C'de, kıymetli metal alaşımları ile kullanılanlar ise 890°C'de fırınlanmaktadır (Garbelini ve ark., 2003).

Metal destekli porselen restorasyonlar; daha dayanıklı olmaları, dişeti dokusunun kalın olduğu ya da marjinlerin porselenle bitirildiği vakalarda estetik olmaları, hem ön hem arka bölgedeki dişsizlik durumunda çok üyeli köprülerin, implant üstü protezlerin yapımında ve diş renginin maskelenmesi gerektiği durumlarda kullanılabilmesi gibi avantajlara sahiptir (Bello ve Jarvis, 1997; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

Bu avantajlarının yanında; yapısında hem metal hem de porselen bulunduğu için diş preparasyonunun fazla yapılması gerekmesi (Hondrum, 1992; Wohlwend ve ark., 1989), metal alt yapıya karşı allerjik ve toksik reaksiyonların gözlenmesi (Rinke ve ark., 1995; Gökçe ve Beydemir, 2002), korozyon ve oksidasyona uğrama eğiliminin olması (Hondrum, 1992; Gökçe ve Beydemir, 2002), dişetinde yansımaya bağlı gri renklenme meydana gelebilmesi (Wall ve Cibra, 1992; Kelly ve ark., 1996), metalin ışık geçirmemesi ve opak yapısı nedeniyle yeterli estetiğin sağlanamaması, restorasyonun value değerini düşürerek, yandaki dişe göre daha gri ve opak görünüme neden olması gibi dezavantajları mevcuttur (Hondrum, 1992; Kelly ve ark., 1996; Qualtrough ve Piddock, 1997; Yavuzyılmaz ve ark., 2005; Bayındır ve Wee, 2006). Ayrıca metal ile seramik arasındaki ısıl genişleme katsayısı uyumsuzluğuna ve fırınlama sonrası metal yüzeyinde ortaya çıkan oksit tabakasına bağlı olarak metal seramik bağlanma direncinde azalma gözlenebilmektedir (Wall ve Cibra, 1992; Gökçe ve Beydemir, 2002). Metal destekli seramik sistemlerinin giderek artan estetik beklentileri tam olarak karşılayamadığından dolayı, tam seramik sistemler geliştirilmiştir.

2.1.3.2.2 Metal Desteksiz Dental Porselenler

Metal desteksiz tam seramik restorasyonların mükemmel estetik özellikleri, biyouyumlulukları ve renklenmeye karşı yüksek direnç göstermeleri, daha fazla tercih edilmelerine neden olmuştur (Rosenstiel ve ark., 1998; Akın, 1990; Yüksel ve ark., 2000; Haselton ve ark., 2000; Wee ve ark., 2002; Coşkun ve Yalug, 2002; Barath ve ark., 2003; Blatz ve ark., 2003; Yavuzyılmaz ve ark., 2005; Conrad ve ark., 2007; Azer ve ark., 2011; Kilinc ve ark., 2011).

Tam seramik sistemler renkte derinlik sağlar ve ışık geçirgenlikleri, ışığı yansıtma karakterleri doğal dişin mine ve dentin dokularına benzer optik özellikler taşır. Metal destekli restorasyonlarda, metal ve opak tabakalarına bağlı olarak ışığın yansıtılması ve emilmesine rağmen, ışığı çok az geçirmesine bağlı olarak ortaya çıkan opak görüntü, tam seramik sistemlerde yoktur. Ayrıca tam seramik sistemlerde metal destekli restorasyonlarda gözlenen marjinal renklenme problemi de gözlenmez. Tam seramiklerin bu özellikleri, başlıca estetik avantajlarını oluşturur (Seghi ve ark., 1995; Rosenblum ve Schulman, 1997; Coşkun ve Yalug, 2002; Gökçe ve Beydemir, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Donovan, 2008; Chang ve ark., 2009; Xing ve ark., 2011; Azer ve ark., 2011). Metal destekli porselen restorasyonlarda metal alaşıma bağlı oluşan iyon salınımı ve elektrolitik korozyon gözlenmez. Homojen bir yapı gösterirler, biyolojik olarak uyumludurlar, toksik ve allerjik reaksiyon oluşturmazlar (Shillingburg ve ark., 1997; Coşkun ve Yalug, 2002; Yavuzyılmaz ve ark., 2005). Tam seramik restorasyonların ısı ve elektrik iletkenliklerinin az olması nedeni ile destek dişte daha az hassasiyet gözlenmektedirler (Raigrodski, 2004). Metal destekli sistemlerdeki kadar fazla bir kesim derinliğine ihtiyaç yoktur (Shillingburg ve ark., 1997). Sıkışma kuvvetlerine karşı çok dayanıklıdırlar (Coşkun ve Yalug, 2002; Gökçe ve Beydemir, 2002).

Bu avantajlarının yanında; metal destekli porselen kronlara göre diş preparasyonu, laboratuvar işlemleri ve klinik uygulama prosedürlerinde daha fazla dikkat ve ayrıntı gerektirir (Coşkun ve Yalug, 2002; Yavuzyılmaz ve ark., 2005; Donovan, 2008). Mekanik özellikleri nedeniyle her tam seramik sistem, uzun ve posterior bölgede yapılacak olan köprü restorasyonlar için uygun olmayabilir (Yavuzyılmaz ve ark., 2005). Ayrıca metal destekli sistemler kadar ekonomik olmayıp, yapımları için çoğu zaman özel ekipmanlar gerektirir (Coşkun ve Yalug,

2002; Yavuzyılmaz ve ark., 2005; Donovan, 2008). Ayrıca çekme kuvvetlerine karşı dirençleri oldukça düşük ve kırılğan bir yapıya sahiptirler (Coşkun ve Yalug, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Yavuzyılmaz ve ark., 2005; Bayındır ve Uzun, 2007; Pjetursson ve ark., 2008; Donovan, 2008).

2.1.3.2.2.1 Geleneksel Toz-Likit Karışımı ile Üretilen Porselenler

Daha yüksek dayanç elde etmek amacıyla geleneksel metal destekli porselen restorasyonlarda kullanılan feldspatik porselenin, kristalin içeriğinin artırılması ile elde edilmiştir (Blatz, 2002). Revetmana benzer, kuvvetli ve fırınlanabilir bir materyal olan refraktör day malzemesi ile porselenin platin folyo uygulamasına ihtiyaç duymadan doğrudan fırına taşınabilmesine olanak sağlanmıştır (Hondrum, 1992). Kullanılan porselen tozları farklı renk ve yarı saydamlık özelliğine sahiptir. İstenilen renkte restorasyon elde edilebilmesi için son aşamada yüzey boya da uygulanabilir (Rosenblum ve Schulman, 1997).

Porselen tozu ile su karıştırıldığında porselenin tanecikleri arasında boşluklar oluşur. Porselen tozundaki taneciklerin bir araya getirilerek aradaki sıvı bağlayıcının uzaklaştırılması işlemi kondanzasyon olarak bilinmektedir. Bu işlem; fırça uygulama, su ile sabitleştirme, vurma, spatülasyon ve vibrasyon gibi çeşitli tekniklerle uygulanır. Vibrasyon işlemi oldukça etkilidir ve kondanzasyon amacıyla en sık kullanılan yöntemdir (Zaimoğlu ve ark., 1993).

Optec HSP. (Jeneric, Pentron Inc., ABD) Lösitle güçlendirilmiş feldspatik porselenlerdendir. Porselen tozunun elde edilmesi sırasında, çekirdek oluşumu ve kristalizasyon safhasında, cam matriks içerisine lösit kristallerinin dağıtılması (dispersiyon) yöntemiyle elde edilmektedir (Anusavice ve ark., 2003). Lösit ve cam komponentleri, beraber toz-likit karışımı ile hazırlanarak özel day materyali üzerinde 1020 °C'de fırınlanmaktadır. Dayanıklılığı lösit kristalleriyle arttırılan Optec HSP ile yapılan tam seramik restorasyonlarda kor alt yapıya gereksinim duyulmamaktadır (Rosenblum ve Schulman, 1997; Coşkun ve Yalug, 2002).

Hi-Ceram. (Vita, Zahnfabrik, Bad Sackigen, Almanya) Alümina içeriği arttırılarak güçlendirilmiş bir feldspatik porselen olup, %75' e yakın alümina (Al_2O_3) içermektedir (Anusavice ve ark., 2003; Bayındır ve Uzun, 2007). Geleneksel seramikten %25 daha serttir ve bükülme kuvvetlerine karşı dayanıklılığı 155 MPa

olarak belirlenmiştir (Wohlwend ve ark., 1989; Hondrum, 1992; Seghi ve ark., 1995; Coşkun ve Yalug, 2002; Bayındır ve Uzun, 2007).

Piyasadaki diğer geleneksel toz-likit porselen örnekleri; **Ceramco** ve **Ceramco II** (Dentsply Ceramco, Burlington, ABD), **Cerestore** (Innotek, Lakewood, Co.), **Cerinate** (Den-Mat, California, ABD), **Finesse** (Dentsply Ceramco, Burlington, ABD), **Duceram LFC** (Degussa Dental GmbH, Hanau, Almanya) ve **Mirage II** (Chameleon Dental, Kansas City, ABD)'dır (Blatz, 2002).

2.1.3.2.2 Dökülebilir Porselenler

Dökülebilir porselenler; istenilen şekle cam olarak getirildikten sonra, ısı uygulanarak camın yavaş ve kontrollü bir şekilde kristalize edilerek seramiğe dönüştürülmesiyle elde edilir. Camlaşma reaksiyonu sırasında, kristalize edilmiş partiküllere dışarıdan uygulanan kuvvet sayesinde, çatlak oluşumu engellenir, materyal daha dayanıklı ve homojen hale gelir. Kor alt yapı veya tüm restorasyon, kayıp mum ve santrifüjlü döküm tekniği kullanılarak oluşturulur (Rosenblum ve Schulman, 1997; Blatz, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

Dicor. (Dentsply International Inc., York Pa., ABD) Kor materyalinin hacimsel olarak %45'i kalsiyum fosfat cam ve %55'i tetrasiklik-floromika ($K_2Mg_5Si_8O_{20}F_4$) içeren dökülebilir cam seramiğinden oluşur. Bu kristaller, materyalin esnekliğini ve yüzey işlenebilirliğini sağlarken, aynı zamanda kırık oluşumuna karşı direnç ve dayanıklılık kazandırır. Dicor'un yüksek baskı dayancı, sertliği, yoğunluğu, aşınma direnci, ısıl genleşme katsayısı ve yarı şeffaflık özelliği doğal diş dokusuna çok benzer (Hondrum, 1992; Rosenblum ve Schulman, 1997; McLean ve Odont, 2001; Anusavice ve ark., 2003). İleri derecede ışık geçirgenliği olan bu sistem ancak tek üyeli restorasyonların yapımı için uygun olup, maskeleme gereksinimi duyulan olgularda yeterli opasite göstermez (Wohlwend ve ark., 1989; Hondrum, 1992; Rosenblum ve Schulman, 1997; Coşkun ve Yalug, 2002).

Cerapearl. (Kyocera, USA) Hobo ve Kyocera tarafından geliştirilen sistemin, temel kristalin fazı suyun varlığında hidroksiapatite dönüşebilen oksiapatit olup, dökülebilir bir cam porselen çeşididir (Hondrum, 1992). Bu sistemde kalsiyum fosfat esaslı cam, kontrollü ısı uygulamasıyla kristalin oksiapatit yapıya dönüşür. Işığın kırılma, yansıtma ve iletme karakterleri ile yoğunluğu ve ısıl iletkenliği doğal mineye benzer özelliktedir. Baskı kuvvetlerine karşı dayancı mineden (390 MPa)

daha fazla (590 MPa) olup, bükülme direnci Dicor'a benzerdir (Wall ve Cipra, 1992; Yüksel ve ark., 2000; Bayındır ve Uzun, 2007).

Piyasadaki diğer geleneksel dökülebilir porselen sistemleri **CCPG** (Dökülebilir Calsiyum Fosfat Cam Seramik) ve **OCC** (Olympus Dökülebilir Seramik) (Olympus Co., Tokyo, Japonya) sistemleridir (McLean ve Odont, 2001; Anusavice ve ark., 2003).

2.1.3.2.2.3 Bilgisayar Destekli (CAD/CAM) Hazırlanan Porselenler

CAD/CAM, bilgisayar kontrolünde çalışan makine ile üretilen ürünün, bilgisayar ekranında üç boyutlu tasarımı anlamında, makine teknolojisinde kullanılan bir kelimedir. CAD/CAM teriminin tam açılımı: **Computer Aided Design** (Bilgisayar destekli tasarım)/**Computer Aided Manufacturing** (Bilgisayar destekli üretim)' dir. 1983 yılında Fransa'da Garanciere konferansında ilk dental CAD/CAM prototipi tanıtılmıştır. 1985 yılında ise herhangi bir laboratuvar işlemine tabi tutulmadan şekillendirilip ağız içersine yerleştirilen ilk kron elde edilmiştir (Duret ve ark., 1988; Bayne ve Heymann, 1996; Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009; Miyazaki ve Hotta, 2011). CAD/CAM sistemlerinde seramik restorasyonlar homojen seramik ingotlar kullanılarak elde edildiği için, diğer seramik sistemlerinde görülen mikroporözite, homojenite problemleri ve yüksek ısılardaki fırınlama işlemleri sonrası oluşan büzülme problemlerinin elimine edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, laboratuvar işlemlerinin kısaltılması da zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır (Blatz, 2002; Palin ve Burke, 2005; Bayındır ve Uzun, 2007). Bütün CAD/CAM sistemleri temel olarak üç aşamayı gerektirir:

1. Üç boyutlu yüzeyin taranması. Optik veya analog yüzey tarayıcı alet yardımıyla yüzeyin üç boyutlu bilgisayar modeli elde edilir. Nesnenin tek ve uyumlu veri grubunun oluşturulması için, CAD yazılımı ile her bir taramadan elde edilen veriler birleştirilerek üç boyutlu yüzey modeli oluşturulur (Williams ve ark., 2004).

2. Üç boyutlu bilgisayar destekli dizayn. Taramalar uygun yazılım kullanılarak elektronik olarak incelenir. Üç boyutlu CAD yazılımı ile oluşturulan model üzerinde protezin fiziki dizaynı gerçekleştirilir (Williams ve ark., 2004).

3. Üretim. Modelin oluşturulmasından sonra, yapılacak protezin boyutuna göre seçilen porselen blok, cihazın kesici bölümüne yerleştirilerek işleme tabi tutulur

(Williams ve ark., 2004). Bu işlemlerden sonra, okluzal uyumlama yapılır, restorasyon cilalanır, iç yüzeyi pürüzlendirilir ve adeziv simanla simante edilir.

CAD/CAM restorasyonlar, model üzerinde hazırlanan mum modelajın tarayıcı ile taranması sonrasında porselen bloktan kazınmasıyla (Copy Milling) (örn: Celey, Mikrona) veya preparasyonun ya da ölçülerin taranarak, bilgisayara aktarılması sonrasında porselen blokların kazınmasıyla (CAD/CAM) (örn: Procera, Nobel, Biocare) şekillendirilebilir (Şener ve Türker, 2009).

Cerec. (Chairside economical restorations of esthetic ceramics) CAD/CAM sistemleri arasında ilk piyasaya sunulan ve en yaygın kullanıma sahip olan Cerec sistemi ilk 1988'de, 3 eksenle aşındırma yapabilen Cerec 1 (Siemens, Bensheim, Almanya), 1994'de 8 eksenle aşındırma yapabilen Cerec 2 ve 2000 yılında ise Cerec 3 geliştirilmiştir. Cerec 1'den Cerec 3 sistemine gidildikçe daha ayrıntılı ve daha uyumlu restorasyonlar elde etmek mümkündür (Mörmann ve Bindl, 1996; Qualtrough ve Piddock, 1997; Bindl ve Mörmann, 2003; Palin ve Burke, 2005; Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009).

Sistem kısaca alınan optik ölçünün bilgisayara aktarılması, ekrandaki görüntü üzerinde restorasyonun sınırlarının çizilmesi, kullanılacak seramik yapının hacimce belirlenmesi ve üç boyutlu kron modelinin oluşturulması şeklinde özetlenebilir. Cerec sisteminin en büyük avantajı, ölçü materyallerinden kaynaklanan boyutsal değişim sorununun elimine edilmesi ve tek seansta restorasyonun tamamlanıp ağıza simante edilebilmesidir. Bununla beraber sistemin yüksek maliyetli olması, restorasyonların hazırlandığı blokların genellikle tek renkte olması nedeniyle estetik sağlanamaması ve subgingival bölgelerde dijital fotoğraf alınamaması gibi dezavantajları mevcuttur. Cerec sistemi, inley, onley, lamina veneer, tek ve üç üyeli sabit protetik restorasyonların hazırlanmasında kullanılabilir (Mörmann ve Bindl, 1996; Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009).

Procera. (Nobel Biocare, Göteborg, Sweden). İlk olarak 1986 yılında, kron ve köprü restorasyonları için titanyum alt yapılar üretmek amacıyla geliştirilmiştir. 1993 yılında ise, Procera All Ceram sistemi ve CAD/CAM teknolojisi beraber kullanılarak, saf ve yüksek dayanıklılığa sahip çok yüksek oranda alümina içeren (%99,5) bir seramik alt yapı elde edilmiş ve bunun üzerine uygulanan tabakalama seramiği ile restorasyonlar hazırlanmıştır. Diş hekimliğinde kullanılan tam seramik

restorasyonlar arasında direnci en yüksek olan (680 MPa) materyaldir (Qualtrough ve Piddock, 1997; Denissen ve ark., 2000; Şener ve Türker, 2009).

Zirkonyum seramikler

1969'da zirkonyum ile ilgili ilk biyomedikal çalışma yapılmış ve 1990'ların başında diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Zirkonyum, yüksek gerilme direncine sahip olması, doku dostu olması, gren çapının düşük olması sayesinde diş hekimliğinde implant abutment materyali, sabit restorasyonlarda kor materyali, post-kor materyali ve ortodontik braket olarak kullanılmaya başlanmıştır (Kern ve Wegner, 1998; Akkayan ve Gülmez, 2002; Raigrodski, 2004; Ernst ve ark., 2005; Bayındır ve Uzun, 2007).

Zirkonyum, monoklinik, kübik ve tetragonal olmak üzere 3 ana fazda bulunmaktadır. Oda ısısında monoklinik fazda olan saf zirkonyum, 1170 °C üzerinde tetragonal faza, 2370 °C'den yüksek sıcaklıklarda kübik faza geçmektedir. Saf zirkonyuma stabilize edici oksitlerin eklenmesiyle (CaO, MgO, CeO₂, Y₂O₃) "parsiyel stabilize zirkonyum" olarak adlandırılan çok fazlı bir materyal elde edilmektedir. Biyomateryal olarak en çok kullanılan ise; saf zirkonyuma, ağırlık olarak % 3–5 oranında yitrium oksit (Y₂O₃) ilave edilmesiyle elde edilen yitrium tetragonal zirkonya polikristalidir (Y-TZP) (Kelly ve ark., 1996; Luthardt ve ark., 1999; Raigrodski, 2004; Bayındır ve Uzun, 2007).

Üretim sekline göre Y-TZP bloklar, yarı sinterlenmiş ve tam sinterlenmiş olmak üzere 2 ana gruba ayrılır. Yarı sinterlenmiş bloklar; sinterlenmesi tamamlanmamış zirkonyum tozunun basınçsız bir şekilde preslenerek hazırlandığı, poröz yapıda bloklardır. Bu bloklardan elde edilen alt yapılar "green machining" diye adlandırılan frezeleme işlemi ile normalden %20-30 daha büyük şekillendirilir ve daha sonra 1350-1500°C'de sinterlenir. Sinterleme işlemi esnasında poröz zirkonyum %20-30 büzülerek, istenilen boyutta, yoğun ve dayanıklı bir hale gelir (Filser ve ark., 2001; Manicone ve ark., 2007). HIP (Hot Isostatically Pressed) olarak da adlandırılan bloklar ise yüksek yoğunluğa sahip, sinterlenmesi tamamlanmış bloklardır ve doğrudan frezeleme işlemine tabi tutulurlar. Lava ve Cercon sistemlerinde yarı sinterlenmiş Y-TZP bloklarından alt yapı elde edilirken DCS-Precident ve DC-Zirkon sistemlerinde ise tam sinterlenmiş Y-TZP bloklarından alt yapılar elde edilir. Yarı sinterlenmiş Y-TZP blokların frezeleme işlemleri esnasında

mikro çatlaklar oluşabilirken, tam sinterlenmiş Y-TZP bloklarda bu sorun bulunmaz ve daha iyi kenar uyumu elde edilebilir. Öte yandan tam sinterlenmiş Y-TZP blokların frezelenmesi ise daha zordur (Raigrodski, 2004; Manicone ve ark., 2007; Bayındır ve Uzun, 2007).

Cercon. (Dentsply, York, PA, ABD) Cercon sistem, klasik CAM ve sanat CAD/CAM olmak üzere iki farklı seçenek sunmaktadır. Klasik CAM yönteminde; geleneksel yöntemlerle elde edilen mum alt yapı Cercon cihazının ana parçasına (Cercon brain) yerleştirilip, cihazın lazer sistemiyle taranmasıyla ve elde edilen veriler doğrultusunda Y-TZP blok cihazın freze ünitesinde işlenmektedir. Daha sonra alt yapı 1350°C de yaklaşık 6 saatte sinterlenmektedir. Sanat modunda ise alt yapının tüm tasarım ve üretim işlemleri bilgisayar destekli yapılmaktadır (Palin ve Burke, 2005; Şener ve Türker, 2009).

Lava. (3M ESPE Dental Products, St. Paul, ABD) 2002 yılında piyasaya sunulan sistem, özel tarayıcı (Lava Scan), kazıma ünitesi (Lava Form) ve sinterleme fırınından (Lava Therm) oluşmaktadır. Alt yapıların, Vita Klasik skalasındaki 7 farklı renkteki bloklardan elde edilebilmesi ve mum modelaja ihtiyaç duyulmaması diğer sistemlere göre üstün özellikleridir (Palin ve Burke, 2005; Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009).

Zirkonzahn. (Zirkonzahn GmbH, Bruneck, İtalya) MAD-MAM (manuel aided design-manuel aided manufacturing) prensibi ile çalışan bir pantografi cihazıdır. Zirkograph adı verilen cihaz, Celay sisteminde olduğu gibi bir tarama ve bir aşındırma ünitesinden oluşmaktadır. Model üzerinde alt yapının, rezin esaslı bir materyal ile modelajı yapıldıktan sonra, modelaj tarayıcı odaya sabitlenir, mekanik bir okuyucu modelajın tüm yüzeylerine temas ederek tarama yapar ve aynı anda cihazın aşındırıcı odasına sabitlenen yarı sinterlenmiş Y-TZP blok şekillendirilir. %25 oranında büyütülerek şekillendirilen alt yapı, 1500°C' de 5 saat boyunca sinterlendikten sonra aynı oranda büzülerek orijinal boyutunda sert ve dayanıklı hale gelir (Zirkonzahn.com).

2.1.3.2.2.4 Isı ve Basınç Altında Preslenen Porselenler

Bu ürünler seramik ingotlar halinde bulunup, kayıp mum tekniğiyle oluşturulan boşluğa ısı ve basınç altında preslenerek oluşturulur (Rosenblum ve Schulman, 1997).

IPS Empress I. (Ivoclar Vivadent, Schann, Linkenştayn) Tam seramik sistemlerde ortaya çıkan boyutsal değişim, porözite ve homojenite problemlerinin üstesinden gelebilmek amacıyla geliştirilmiş olan sistem 1991 yılında piyasaya sunulmuştur (Dong ve ark., 1992; McLean ve Odont, 2001). IPS Empress I sistem, cam porselen matriks içerisine %35-40 oranında 1-3µm boyutunda lösit kristallerinin (SiO_2 Al_2O_3 K_2O) homojen olarak dağıtılması (dispersiyon) ile güçlendirilmiştir. Yapıda bulunan lösit kristalleri, cam matriksde oluşan mikro çatlakların ilerlemesinde bariyer görevi görerek alüminus porselenlerin %50'si oranında (180 MPa) bir kırılma direnci ve 95-200 MPa'lık bir bükülme direnci oluşturur (Dong ve ark., 1992; Kelly ve ark., 1996; McLean ve Odont, 2001; Coşkun ve Yalug, 2002; Anusavice ve ark., 2003) Cam porselen materyali ağırlık olarak %63 SiO_2 , %17,7 Al_2O_3 , %11,2 K_2O , %4,6 Na_2O , %0,6 B_2O_3 , %0,4 CeO_2 , %1,6 CaO , %0,7 BaO , %0,2 Ti_2O içermektedir (Dong ve ark., 1992).

Bu sistemde, laboratuvarında elde edilen model üzerinde hazırlanan mum modelaj, alümina pistonlu özel bir kalıpta fosfat bağlı bir revetmana alınır. Mum uçurma işleminin ardından, lösit ile kuvvetlendirilmiş cam porselen tabletler, EP500 adı verilen özel fırında 1150°C sıcaklıkta visküz alümina özelliğine ulaşır ve restorasyonun negatif boşluğu içerisine basınç ile transfer edilir (Dong ve ark., 1992; Yüksel ve ark., 2000; Coşkun ve Yalug, 2002; Denry ve Hollaway, 2002). Kronun sonuç rengi iki şekilde elde edilir; ilk teknikte, renksiz porselen kullanılarak yapılan restorasyona yüzey renklendirilmesi uygulanır, ikinci teknikte ise renkli dentin tabletleri kullanılarak elde edilen restorasyona veneer porselen materyali ile tabakalama tekniği uygulanır (Dong ve ark., 1992; Qualtrough ve Piddock, 1997; Rosenblum ve Shulman, 1997; Yüksel ve ark., 2000; Coşkun ve Yalug, 2002).

IPS Empress I sisteminin, ışık geçirgenliği ve renk özellikleri doğal diş olduğunca yakın olup, estetik kalitesi oldukça yüksektir. Bu sistem kullanılarak, son derece estetik laminate veneer, inlay, onlay ve tek kron restorasyonlar yapmak mümkündür. Ancak renklenmiş veya metal post kor uygulanmış dişler, metal abutment kullanılan implant üstü protezlerde, yüksek yarı geçirgenlikleri nedeniyle kullanımları endike değildir (Rosenblum ve Schulman 1997; Qualtrough ve Piddock, 1997; Höland ve ark., 2000; McLean ve Odont, 2001; Heffernan ve ark., 2002a; Şener ve Türker, 2009).

IPS Empress II. 1998 yılında geliştirilmiştir. IPS Empress I' den farklı olarak, esas kristalin fazı %60 oranında lityum disilikattan ($\text{SiO}_2\text{-LiO}_2$) meydana gelmesidir (Oh ve ark., 2000; Denry ve Holloway, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Conrad ve ark., 2007). Bu sistem, l sitle g clendirilmiş IPS Empress I'den  c kat (300-400 MPa) daha dayanıklı, bükülme direnci daha yüksektir. Yüksek yarı saydamlık özelliğinden kaynaklanan m kemmел estetik özelliğe sahiptir. IPS Empress II ağırlık olarak; %57-80 SiO_2 , %11-19 Li_2O , %0-13 K_2O , %0- 11 P_2O_5 , %0-8 ZnO , %0-5 MgO , %0,1-6 La_2O_3 , %0-5 Al_2O_3 ve %0-8 pigmentlerden oluşur (Höland ve ark., 2000; Albakry ve ark., 2003; Anusavice ve ark., 2003).

Bu sistemde mum  curma işleminin ardından, lityum disilikat cam porselen ingotları EP600 fırınında 920°C 'de akışkanlık kazanır ve 20 bar basınçla revetman boşluğunun içine yollarır. Fırından çıkartılarak revetman artıkları temizlenen lityum disilikat esaslı cam porselen kor yapı üzerine, florapatit yapıda cam porselen, tabakalama tekniği ile uygulanır. IPS Empress II sistemi ile anterior bölgede  c  ye köprü, posterior bölgede en çok ikinci k  k azı bölgesine kadar uzanan ve en fazla bir k  k azı kadar genişliğinde gövdeye sahip,  c  ye köprü ve tek kron restorasyonların uygulanması endikedir (Höland ve ark., 2000; Oh ve ark., 2000; Denry ve Holloway, 2002; Raigrodski, 2004).

IPS Empress Esthetic. 2004 yılında geliştirilmiş olan sistem, IPS Empress 1 gibi lösit kristalleriyle g clendirilmiş cam porselendir ve sistemde 7 farklı traslusensi değerinde 12 farklı ingot çeşidi bulunmaktadır. İngotlar ağırlık olarak; %98 SiO_2 , BaO , Al_2O_3 , CaO , CeO_2 , Na_2O , K_2O , B_2O_3 < %2 TiO_2 ve pigmentlerden oluşur. IPS Empress Esthetic restorasyonlar, IPS Empress I-II'de olduğu gibi ısı ve basınç altında 850°C 'de preslenir. Restorasyonun sonuç rengi kazıma (cut back) yöntemiyle, yüzey renklendirilmesi uygulanarak verilir. IPS Empress 1'e göre içeriğindeki lösit kristallerinin daha k  k ve daha homojen dağılım göstermesinden dolayı, estetiği daha gelişmiştir. Ayrıca IPS Empress 1'e göre daha dayanıklı olup, bükülme dayancı 160 MPa'dır. Laminate venneer, inlay, onlay ve tek kron restorasyonların yapımı için uygundur (Ivoclar Scientific Document, 2004).

IPS e.max. 2005 yılında geliştirilen lityum disilikat içerikli yeni bir tam porselen materyalidir. Preslenebilen (IPS e.max Press) ya da CAD/CAM teknolojisıyla şekillendirilen (IPS e.max CAD) ingotlardan oluşmaktadır.

IPS e.max Press. IPS Empress 2 gibi lityum disilikattan oluşan preslenebilir cam porselen olup, lityum disilikat ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) kristalleri cam matriks içerisine 3-6 μm uzunluğunda ve %70 oranında bulunur. IPS Empress 2'den farklı pişirme yöntemi uygulanarak daha translüsent ve daha iyi fiziksel özelliklere sahip restorasyonlar yapmaya imkân verir (Stappert ve ark., 2006; Conrad ve ark., 2007). IPS e.max Press seramik ingot içeriğinde ağırlıkça; %57-80 SiO_2 , % 11-19 Li_2O , %0-13 K_2O , %0-11 P_2O_5 , %0-8 ZrO_2 , %0-8 ZnO ve %0-10 diğer oksitler ve seramik pigmentleri bulunmaktadır (Ivoclar Scientific Document, 2005).

Presleme işlemi ile lityum disilikat kristalleri, cam matriks içerisinde homojen bir şekilde dağılmakta ve lityum disilikat kristalleri çatlağın yönünü değiştirerek kırılma direncini artırmaktadır. IPS e.max Press'in biaksiyel dayanıcı diğer IPS Empress sistemlerine göre oldukça yüksek ve 440 ± 55 MPa olarak bildirilmiştir. IPS e.max Press'in ışık geçirgenliği oldukça iyi ve alumina seramiklerden çok daha yüksek bulunmuştur. IPS e.max Press hem anterior hem de posterior tek diş eksikliklerinde 3 üyeli köprü yapımında kullanılabilir (Ivoclar Scientific Document, 2005; Chaiyabutr ve ark., 2011).

IPS e.max Press sisteminde, farklı ihtiyaçlara göre tasarlanmış ve farklı endikasyonlarda kullanılacak 4 farklı derecede translüsen si özelliği olan ingotlar bulunmaktadır. Bunlar; MO (medium opacity-orta derecede opak), HO (Highly opaque- yüksek derecede opak), LT (Low translucency- düşük derecede translüsent) ve HT (high translucency- yüksek derecede translüsent). Bunlardan HT ve LT ingot grupları için Vita renk skalasında yer alan 16 A-D ve 4 BL farklı beyaz (bleach) renk seçeneği bulunmaktadır. Translüsent ingot grupları için restorasyonun sonuç rengi hem boyama hem de kazıma (cut back) teknikleri kullanılarak verilebilir. MO ingot grubu için 5 (MO 0-MO 4) ve HO grubu için ise 3 (HO 0- HO 2) farklı renk seçeneği bulunmaktadır. Opak ingot gruplarının sonuç rengi ise sadece tabakama tekniği kullanılarak verilebilir (Ivoclar Scientific Document, 2005).

IPS e.max CAD. CAD/CAM sistemler için geliştirilmiş olan lityum disilikat esaslı IPS e.max CAD bloklar, IPS e.max Press ile aynı kimyasal yapıya sahiptir. Fakat daha farklı bir ısıl işleme tabi tutularak kısmi olarak kristalize edilirler. Kısmi kristalize bloklardaki temel kristalize faz, lityum metasilikat (Li_2SiO_3) olup bu kristaller 0,2 ile 1 μm uzunluğunda ve hacimce %40 oranında

bulunurlar. Kısmi kristalizasyonun amacı; blokların hızlı ve kolay freze edilebilmesini sağlamaktır (Fasbinder ve ark., 2010).

Frezeleme işlemi tamamlanan restorasyon, vakumla 850°C' de ısıl işleme tabi tutularak lityum metasilikat kristalleri lityum disilikat kristallerine dönüşür. Bu dönüşümle, IPS e.max Press sistemine benzer mekanik özellikler ve kristal yapıda yaklaşık 1,5 µm boyutunda ve hacimce %70 oranında lityum disilikat kristali içeren porselen materyali elde edilir (Höland ve ark., 2000; Fasbinder ve ark., 2010). IPS e.max CAD cam porselenlerin bükülme dirençleri 320 MPa'dır (Giordano, 2006).

2.1.3.2.2.5 İnfiltrasyon Porselenler

Seramik oksitlerin yüksek dayanç özellikleri; translüent üstyapı porseleninin, yüksek oranda seramik oksit içeren altyapı ile desteklenmesi fikrini doğurmuştur. Bu amaçla pek çok seramik oksit altyapı materyali geliştirilmiş olsa da en yaygın kullanılanı alüminadır (McLean ve Hughes, 1965).

İnfiltrasyon porselenler, poröz yapıda üretilmiş alüminyum oksit tozu ve yüksek sıcaklıkta poröz yapıya infiltrasyon olan cam olmak üzere iki esas bileşenden oluşmaktadırlar. Bu iki bileşen, kor yapısı olarak kullanılmakta ve üst yapı feldspatik tabakalama porseleni ile hazırlanmaktadır (Pröbster ve Diehl, 1992; Kelly ve ark., 1996; Rosenblum ve Schulman, 1997).

In-Ceram. (VİTA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Sinterlenmiş oksit alt yapıya, cam partiküllerinin eritilerek infiltrasyon edilmesiyle hazırlanan In-Ceram sistemin hazırlanan alt yapının kimyasal içeriğine göre; In-Ceram Alümina, In-Ceram Spinell ve In-Ceram Zirkonya olmak üzere üç çeşidi bulunur (Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009).

In-Ceram Alümina. 1989 yılında piyasaya sunulan sistemde alt yapı, slip-cast veya CAD/CAM tekniğiyle hazırlanabilmektedir (Raigrodski, 2004). Kor yapısında 2-5 µm boyutunda ve hacimce %90 oranında alümina partikülleri içermekte olup, bu partiküller çatlak oluşumunu sınırlamaktadır. Bu sistemle, anterior kron ve üç üyeli köprü üretilmesinde kullanılmakta ve yaklaşık olarak 450-600 MPa dayanca sahiptir (Pröbster ve Diehl, 1992; Raigrodski, 2004; Bayındır ve Uzun, 2007).

Bu sistemde alt yapı, çok ince granüllü Al_2O_3 partikülleri içeren tozun özel sıvısıyla karıştırılıp ‘‘slip’’ adı verilen bir süspansiyon haline getirildikten sonra, refraktör day üzerine sürülerek uygulanır (slip casting). Hızla sıvı kaybına uğrayan yapı iyice yoğunlaşır ve $1120^{\circ}C$ 'de 10 saat boyunca sinterlenir (Wall ve Cipra 1992; Kelly ve ark., 1996; Qualtrough ve Piddock, 1997). Sinterlenen bu yapıda, çok yüksek ısılarda eriyebilen alümina parçacıkları birbirleriyle sadece temas etmiş ve ortaya tebeşirimsi, poröz, oldukça kırılğan (6-10 MPa) bir yapı çıkmıştır. Bu yapıya lantan oksit camı (La_2O_3) infiltre edilerek $1100^{\circ}C$ 'de 4-6 saat boyunca pişirilir. Eriyen camın kapiller aktiviteyle poröziteleri doldurmasıyla oldukça yoğun ve yüksek dirençli bir alt yapı seramiği elde edilir. Fazla camın kumlama ile uzaklaştırılmasının ardından üzerine tabakalama porseleni uygulanarak restorasyon bitirilir (Hondrum, 1992; Kelly ve ark, 1996; Qualtrough ve Piddock, 1997; McLean ve Odont, 2001; Bayındır ve Uzun, 2007; Koutayas ve Charisis, 2008; Li ve ark., 2009). Cam infiltrasyonu sonrasında ortaya çıkan alt yapının oldukça yoğun ve opak olması, sisteme dayanıklılık açısından, pek çok tam seramik sisteme göre avantaj kazandırırken aynı zamanda estetik olarak da dezavantaj oluşturur (Qualtrough ve Piddock, 1997).

In-Ceram Spinell. 1994 yılında In-Ceram Alüminanın opak kor yapısına alternatif olarak geliştirilmiş ve majör kristalin fazı olarak magnezyum spinel ($MgAl_2O_4$) içermektedir. Alümina alt yapıya göre ışık geçirgenliği daha yüksek, ancak daha az bükülme direncine sahip (350 Mpa) restorasyonlar elde edilebilmektedir. Estetik bölgelerdeki tek üye restorasyonlarda kullanımı endikedir (Heffernan ve ark., 2002a; Giordano, 2006; Bayındır ve Uzun, 2007; Şener ve Türker, 2009).

In-Ceram Zirkonya. In-Ceram Alümina sisteminin, %35 oranında parsiyel stabilize zirkonya (Y-TZP) ve cam infiltre edilmiş alümina içeren bir modifikasyonudur. Materyalin bükülme direnci 620-700 MPa olacak şekilde arttırılmıştır (Blatz, 2002; Giordano, 2006). Kor yapısı oldukça opak olduğundan dolayı, posterior kron ve köprülerin yapımında endikedir (Guazzato ve ark., 2002; Raigrodski, 2004).

2.2. Dental Simanlar

Diş hekimliğinde simanlar, 19. yy'ın başlarında çinko fosfat, çinko oksit öjenol ve silikat simanların kullanılmaya başlanması ile başlar (O'Brien, 2002; McLean ve Odont, 2001). Diş hekimliğinde simanların; kaide materyali, endodontik dolgu patı ve yapıştırma amaçlı olmak üzere çeşitli kullanım alanları vardır. Dental yapıştırma simanları; bir sabit protetik restorasyonun prepare edilmiş diş dokusuna bağlanmasını sağlayan ajanlardır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Rosenstiel ve ark, 1998; Nayır, 1999). Adezyon eksikliği ve kolay çözünebilmesi gibi dezavantajlarının açıkça ortaya konulmuş olmasına rağmen, fosfat simanlar halen en popüler geleneksel yapıştırma simanlarıdır. Bugün, pek çok alternatif yapıştırma simanı geliştirilmiş olup rezin simanlar, çözünme ve adezyon gibi dezavantajları ortadan kaldırdıkları için giderek popüler hale gelmektedirler. Günümüzde değişik avantaj ve dezavantajlara sahip pek çok yapıştırma simanı bulunmakta ancak hiçbir yapıştırma simanı, tek başına tüm klinik uygulamalar için optimum çözüm materyali olarak sunulamamaktadır (Rosenstiel ve ark, 1998; Nayır, 1999; O'Brien, 2002; Anusavice ve ark., 2003).

2.2.1 İdeal Bir Yapıştırma Simanında Aranılan Özellikler

2.2.1.1 Biyolojik Özellikler

a) Biyoyumluluk. İdeal bir yapıştırma simanın biyoyumlu olabilmesi için; vücut sıvılarıyla çok az etkileşiminin olması, toksik olmaması ve çok az alerjik potansiyelinin olması gerekmektedir. Günümüzde kullanılan yapıştırma simanlarının genelde biyoyumlu materyaller olmalarına rağmen, özellikle rezin içerikli simanlarda tam olarak polimerize olmamış artık monomerlere karşı gelişen pulpal hassasiyet komplikasyonları bildirilmiştir (Caughman ve ark., 1990; Rosenstiel ve ark, 1998; Nayır, 1999; Craig, 2002).

b) Çürük ve plak inhibisyonu. Bir sabit restorasyonda en sık karşılaşılan başarısızlık nedenlerinden biri de çürük gelişmesi olup ideal bir yapıştırma simanının restorasyon/diş ara yüzeyinde çürük gelişmesini engellemesi beklenmektedir. Cam iyonomer simanlar gibi flor salınımı yaparak demineralizasyonu azaltabilen, antimikrobiyal özelliğe sahip olup, karyojenik bakterileri inhibe edebilen yapıştırma simanları çürük ve plak inhibisyonu açısından başarılıdırlar (Coogan ve Creaven, 1993; Rosenstiel ve ark, 1998).

c)*Mikro sızıntı.* Dental restorasyonun çevresinde mikro sızıntı gelişmesi, pulpal irritasyonlara ve restorasyonun ömrünün kısalmasına yol açmaktadır. Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda, adeziv rezin sistemlerin geleneksel siman sistemleriyle karşılaştırıldığında mikrosızıntıyı azalttığı, adeziv olmayan rezin sistemlerinin ise arttırdığı bulunmuş, bu durum adeziv rezinlerin popülaritesini arttırmıştır (Bergenholtz ve ark., 1982; White ve ark., 1995).

2.2.1.2. Mekanik Özellikler

a)*Baskı Direnci.* İdeal bir yapıştırma simanının, uzun yıllar fonksiyon görececek bir restorasyonda oluşacak yorulma streslerine karşı direnç gösterebilmesi ve kırılmaya uğramaması gerekmektedir. Siman materyallerine ait baskı, bükülme, gerilme, kırılma direnci ile elastik modülüs ve sertlikle ilgili yapılan testler sonucunda; simanın doldurucu miktarının, toz/likit oranının artırılması ve içeriğe modifiye edici ajanların eklenmesinin daha iyi baskı direnci elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir (Myers ve ark., 1993; Kao ve ark., 1996; Rosenstiel ve ark., 1998). Yapıştırma simanının kötü bir klinik performans göstermesine neden olabilecek bir diğer faktör de, uzun süreli baskı kuvvetleri sonucu yüksek creep (akma) deformasyonu göstermesidir (Papadogiannis ve ark., 1991; Sadr ve ark., 2009).

b)*Düşük çözünürlük.* İdeal bir yapıştırma simanının, ağız sıvılarına karşı dayanıklı, geçirmez ve çözünmez olması restorasyonun uzun ömürlü olabilmesi açısından önemlidir. Geleneksel çinko fosfat siman çok az çözünürlük gösterir ve prepare edilmiş diş ile restorasyon arasında mükemmel adaptasyon sağlar. Öte yandan cam iyonomer simanlar ise neme oldukça duyarlı olup, nem varlığında çok hızlı çözünebilirler (Rosenstiel ve ark., 1998).

c)*Su emilimi.* Doldurucu oranı düşük olan ve bilhassa üretan kaynaklı rezin siman materyalleri, su emilimine daha duyarlı olup daha fazla çözünme gösterirler. Bu durum, su emilimi sonrası ortaya çıkacak genleşme ile rezin simanlarda polimerizasyon sonrası gerçekleşen büzülmeyle karşı, tersine mekanik avantaj da sağlayabilir (Feilzer ve ark., 1995; Rosenstiel ve ark., 1998).

d)*Adezivite.* Çinko fosfat siman gibi geleneksel non adeziv bir yapıştırma simanında restorasyonun retansiyonu sadece diş preparasyonunun geometrisi, diş ve restorasyonun bağlantı yüzeyindeki boşluklara simanın dolması ile elde edilen mikromekanik bağlanmaya bağlıdır. Bununla beraber, pek çok gelişmiş adeziv

siman sisteminde, mikromekanik bağlanmaya ek olarak, iki farklı madde arasında bipolar bağlar, Van der Waals bağları ya da kimyasal bağlar ile fiziksel çekim esasına dayanan moleküler bağlanma da söz konusudur (Shilingburg ve ark., 1997; Rosenstiel ve ark, 1998).

İdeal bir yapıştırma simanının, diş ve seramik arasında güçlü bir bağlantı sağlayarak, seramiği kırılmalara karşı koruması beklenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda rezin simanların konvansiyonel simanlara göre daha kuvvetli bir bağlantı ve seramik için daha iyi rezistans sağladığı tespit edilmiştir (Michelini ve ark., 1995; Della Bona ve Van Noort, 1995; Rosenstiel ve ark., 1998).

e)Düşük sertleşme stresi. Cam iyonomer ve rezin yapıştırma simanları, sertleşme reaksiyonları esnasında büzölmeye uğrarlar ve bu büzölme materyalin içerisinde stres birikimine neden olmaktadır. Oluşan stres, dentin siman ara yüzeyinde 1,6-7,1 µm büyüklüğünde boşlukların veya siman tabakasında kırıkların oluşmasına ve yapının zayıflamasına neden olmaktadır. Oluşan stres, yapıştırma simanının adeziv veya koheziv kuvvetinden fazla olursa restorasyonun erken dönemde kaybedilmesine neden olmaktadır. Resin simanlarda sertleşme streslerinin azaltılması için, kimyasal yerine ışıkla polimerizasyon yapılması önerilmektedir (Verzijden ve ark., 1992; Sorensen ve Munksgaard, 1995; Rosenstiel ve ark., 1998).

f)Yıpranma direnci. Geleneksek sabit protezlerde yapıştırma simanlarının yıpranması problemiyle nadiren karşılaşılır. Ancak seramik ve kompozit laminate veneer, inlay, onlay ve parsiyel kron restorasyonlarda, özellikle restorasyonla diş arasında geniş aralıkların bulunduğu durumlarda, yapıştırma simanının yıpranma direnci önem kazanmaktadır (Heymann ve ark., 1996; Rosenstiel ve ark., 1998)

2.2.1.3 Estetik Özellikler

a)Renk stabilitesi. Simanın zaman içerisinde renginin değişerek oluşturacağı etki göz önünde bulundurulması gereken bir özelliktir. Dual polimerize olabilen yapıştırma simanların içerisinde bulunan amin akselatörün, zamanla simanın renginin değişmesine neden olduğu ancak bu değişimin gözle kolayca algılanabilir olmadığı bildirilmiştir (Brauer ve ark., 1979; Noie ve ark., 1995). Renk stabilitelerinin yüksek olması nedeniyle pek çok araştırmacı, estetik önem taşıyan olgularda ışıkla polimerize olan rezin simanları önermektedir (Rosenstiel ve ark., 1998).

b) Radyoopasite. İdeal bir yapıştırma simanının, rekkürrent çürüklerden ayırt edilebilmesi ve taşan siman materyalinin tespit edilebilmesi için radyoopak olması gerekir. Özellikle, rayolusent olan tam seramik inlay, onlay veya parsiyel sabit restorasyonlarda, yapıştırma simanının, dentin dokusundan daha radyoopak olması önemlidir (Goshima ve Goshima, 1991).

2.2.1.4 Çalışma Özellikleri

a) Film kalınlığı ve viskozite. Seçilen simanın tipi direk olarak film kalınlığını etkiler. Yapılacak restorasyonun simantasyonunda kullanılacak yapıştırma simanına uygun siman aralığı önceden oluşturulmadığı takdirde, özellikle viskozitesi yüksek bir siman kullanıldığında; restorasyonda oturmama, marjinal uyumun bozulması veya restorasyonun zarar görmesi gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Simanın karıştırma sıcaklığı, toz/likit oranı, film kalınlığını ve viskoziteyi en çok etkileyen faktörlerdir. Soğuk karıştırma; cam iyonomer simanların film kalınlığını önemli oranda azaltır, çalışma süresini ve toz/likit oranı ve mekanik özelliklerini artırır. Öte yandan bir dual polimerize olan simanda ise bu durumun tersi söz konusudur (Wu ve Wilson, 1994; Brackett ve Vickery, 1994; Rosenstiel ve ark, 1998).

b) Çalışma ve sertleşme süresi. Sıcaklık, bir yapıştırma simanının film kalınlığı kadar, çalışma süresini de etkileyen önemli bir faktördür. Cam iyonomer ve rezin simanlar için sıcaklığın artması, çalışma ve sertleşme sürelerinin kısalmasına, dual sertleşen simanlarda ise uzamasına yol açar. Yapıştırma simanlarının çalışma ve sertleşme sürelerini sıcaklık haricinde değiştirebilecek pek çok farklı materyal bulunmaktadır. Örneğin borax veya tartarik asit cam iyonomer, adeziv materyaller ise dual sertleşen simanların çalışma ve sertleşme sürelerini değiştirilmesinde kullanılabilir (Shortall ve ark., 1993; Bansal ve ark., 1995; Rosenstiel ve ark, 1998).

İdeal bir yapıştırma simanında aranan özellikler doğrultusunda bu gün kliniklerde kullanılan yapıştırma simanlarının ne ölçüde bu özellikleri taşıdığı Tablo 2.2.4.1'de belirtilmiştir.

Tablo 2.2.4.1 Bazı yapıştırma simanlarının karşılaştırılması.

Özellik	İdeali	Çinko Fosfat	Poli Karboksilat	Cam İyonomer	Rezin İyonomer	Adeziv Rezin
Film kalınlığı (µm)	Düşük	<25	<25	<25	>25	<25
Çalışma süresi	Uzun	1,5-5	1,75-2,5	2-3,5	2-4	0,5-5
Sertleşme Süresi	Kısa	5-14	6-9	6-9	2	1-15
Baskı dayancı	Yüksek	62-101	67-91	122-162	40-141	179-225
Elastik modülüs	Dentin 13,7	13,2	Test edilmemiş	11,2	Test edilmemiş	4,5-9,8
Pulpal irritasyon	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Çözünürlük	Çok düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok düşük	Çok düşük
Mikro sızıntı	Çok düşük	Yüksek	Yüksek/Çok yüksek	Düşük/Çok düşük	Çok düşük	Düşük/Çok düşük
Fazlalıkların uzaklaştırılması	Kolay	Kolay	Orta	Orta	Orta	Zor
Retansiyon	Yüksek	Orta	Düşük/Orta	Orta/ Yüksek	Test edilmemiş	Yüksek

(Rosenstiel ve ark, 1998)

2.2.1 Cam İyonomer Siman

1969 yılında Wilson ve Kent tarafından geliştirildikten sonra, 1990 yılına kadar tüm dünyada en sık kullanılan yapıştırma simanı olmuş, silikat, polikarboksilat simanların ve kompozit rezinlerin en iyi özelliklerinin birleştirilmesi amaçlanarak üretilmiştir. Tozunda, 25 µm'den küçük kalsiyum aluminosilikat cam partikülleri ve %10 oranında flor iyonları bulunur. Likidinde ise, poliakrilik asit veya akrilik asit/tartarik asidin %50 sulandırılmış kopolimerleri bulunur. Simanın basma dayancı 24 saat içerisinde 90 MPa'dan 140 MPa'a çıkar. Gerilme dayancı da oldukça yüksek olup 6-8 MPa civarındadır (Anusavice ve ark., 2003; Hill, 2007; Hill ve Lott, 2011).

Cam iyonomer simanın dişe bağlanması, yapısındaki karboksilik asit grubunun, dişin yapısındaki kalsiyum ile reaksiyona girmesi ile oluşmaktadır. Sertleşme reaksiyonu sırasında simanın yapısındaki cam poliakrilik asitle parçalanarak, iki aşamalı reaksiyonda, alüminyum, karboksilat ve tartarat arasında gerçekleşmektedir. İlk reaksiyonun gerçekleştiği birinci saatte materyal neme oldukça hassastır ve dayanıklılık, direnci bu dönemde nemden korunmasına bağlıdır.

Cam iyonomer simanın; kolay karıştırılması, uygun akıcılıkta, viskozitede olması, metal alt yapıya ve diş dokusuna adezyonunun iyi olması, flor salınımı yapması, karyostatik özellikte, translusent, yeterli dayanıklılıkta olması ve pahalı olmaması gibi pek çok önemli avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlarının yanında, uzun süren sertleşme reaksiyonu esnasında, ortamdaki nem varlığı yapısının kolayca bozulmasına ve elastik deformasyona uğramasına neden olur. Çinko fosfat ve polikarboksilat simana göre basma dayancı daha yüksek olmasına rağmen, elastik modülü daha düşük olduğundan, inlay, onlay, kron gibi tek üye veya kısa gövdeli köprülerin simantasyonunda kullanılması tavsiye edilmektedir (Shillingburg ve ark., 1997; Rosenstiel ve ark, 1998; Diaz-Arnold ve ark., 1999; Nayır, 1999; Anusavice ve ark., 2003; Hill ve Lott, 2011).

2.2.2 Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar veya poliasit modifiye kompozit simanlar (kompomer), konvansiyonel cam iyonomer simanlara, suda çözünebilen polimerlerin veya polimerize olabilen rezinlerin eklenmesiyle türetilmiş hibrit materyallerdir. Bu hibrit materyaller 1980 yılında, konvansiyonel cam iyonomer simanların erken dönem düşük dayanıklılık ve yüksek çözünme problemlerinin elimine edilmesi için üretilmişlerdir. Bu materyallerin içerik olarak cam iyonomerden farkı, likidine %20 oranında eklenen hidroksietil metakrilat monomeri (HEMA) veya bisfenol glisidildimetakrilattır (Bis-GMA). Poliasit modifiye kompozit simanlarda ise tozunun içeriğinde ilave olarak fluroaluminasilikat cam, likidinde poliakrilik asit ve dimetakrilat monomerleri vardır. Bu hibrit materyallerde sertleşme, hem rezin fazın hızlı bir şekilde polimerizasyonu hem de cam iyonomer fazın yavaşça asit-baz reaksiyonu şeklinde gerçekleşir (Anusavice ve ark., 2003; Hill, 2007; Hill ve Lott, 2011)

Rezin modifiye cam iyonomer ve poliasit modifiye kompozit simanların, geleneksel cam iyonomer yapıştırma simanlarına göre en önemli avantajları, daha az hassasiyet oluşturmaları, mekanik dirençlerinin daha yüksek olması ve suda daha az çözünmeleridir. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar geleneksel cam iyonomer simanlardan daha iyi adeziv özellik gösterirken flor salınım miktarları ise birbirine yakındır. Ancak poliasit modifiye kompozit simanların flor salınım miktarları geleneksel cam iyonomer yapıştırma simanlarından daha düşüktür. Gerek geleneksel

cam iyonomer, gerek rezin modifiye cam iyonomer, gerekse de kompomer simanlar, hidroskopik ekspansiyon miktarlarından dolayı tam seramik ve post restorasyonların simantasyonu için uygun değildirler. Resin modifiye cam iyonomer simanlar, güvenli, estetik, yüksek retantif özellikleri sayesinde metal veya metal destekli seramik, alümina ve zirkonya kor alt yapıli tam seramik restorasyonların simantasyonu için uygundur (Shillingburg ve ark., 1997; Rosenstiel ve ark, 1998; Diaz-Arnold ve ark., 1998; Nayır, 1999; Anusavice ve ark., 2003; Ernst ve ark., 2005; Hill, 2007; Hill ve Lott, 2011).

2.2.3 Resin Simanlar

Resin simanlar, Bis-GMA veya diüretan metakrilat gibi bir resin matris ile küçük inorganik doldurucudan meydana gelen kompozitlerdir (Shillingburg ve ark., 1997). Resin simanların, içeriğinde bulunan doldurucular mekanik ve fiziksel özellikleri, asitle pürüzlendirme tekniği mineye ve yüzey şartlandırıcılar ise dentine adezyonu geliştirir. Estetik özelliklerinin daha üstün ve renk seçeneklerinin genişletilmiş olması, yapıştırma simanı olarak popülaritelerini hızla arttırmaktadır (Rosenstiel ve ark, 1998; Anusavice ve ark., 2003; Hill, 2007; Hill ve Lott, 2011).

Resin esaslı yapıştırma simanları; tam seramik veya laboratuvarında hazırlanan indirekt resin restorasyonların, venter kronların, retansiyon ve rezistans formunu kaybetmiş (kısa ve tapered açısı fazla olan diş preparasyonları) dayanak dişlerin üzerine yapılan metal destekli kronların, endodontik tedavili dişlerde post restorasyonlar gibi pek çok özel klinik durumda kullanılabilmek için üretilmişlerdir. Simantasyon amacı ile kullanılan resinlerin, restoratif resinlerden farkı; daha az doldurucu içermeleri ve daha akışkan olmalarıdır. Resin simanlar gerçekten çözünmezdir ve geleneksel simanlardan çok daha dirençlidir (Shillingburg ve ark., 1997; Diaz-Arnold ve ark., 1999; Hill ve Lott, 2011). Resin simanlar, kullanılan resin, doldurucu tipine ve sertleşme mekanizmasına göre farklılık gösterirler (O'Brien, 2002).

2.2.3.1 Metil Metakrilat Esaslı Resin Simanlar

1950'li yılların başından beri piyasada olan akrilik resin simanın tozu, bölünmüş metakrilat polimeri veya başlatıcı olarak benzoil peroksit içeren kopolimer, doldurucu mineraller ve pigment materyallerinden oluşur. Likit ise, hızlandırıcı

içeren bir metil metakrilat monomeri ve tersiyel amin kimyasal aktivatöründen oluşur.

Akrilik rezin simanlar, kron, faset ve geçici restorasyonların simantasyonunda kullanılırlar. Soğuk polimerize olan akrilik rezinlere benzer özellikler gösteren akrilik rezin simanlar, diğer simanlara göre daha sert, güçlü ve daha az çözünür özelliktedirler. Ancak daha düşük sertlik ve viskoelastik özellikler sergilerler. Silikat simanlara göre daha az asidiktirler fakat artık monomer ihtiva ettiklerinden biyolojik uyumları pek de iyi değildir. Ayrıca çalışma süreleri oldukça sınırlı olup, pulpa üzerinde irritan etkilere ve post operatif hassasiyetlere neden olup, siman fazlalıklarının uzaklaştırılması oldukça zordur (Zaimoğlu ve ark., 1993; Nayır, 1999; Anusavice ve ark., 2003).

2.2.3.2 Dimetakrilat (Kompozit) Rezın Simanlar

Günümüzde kullanılan pek çok dimetilakrilat rezin siman içerik olarak, kompozit dolgu materyallerine benzer ve bir rezin matriksle silan uygulanmış inorganik dolduruculardan oluşur. İçeriklerinde ayrıca katalizör, stabilizör ve pigment materyalleri de bulunur. Restoratif kompozitlerden, başlıca düşük doldurucu içerikleri ve düşük viskoziteleri ile ayrılırlar. Bu simanlar toz/likit, pat ve pat/pat formunda bulunurlar. Tozunda genellikle barosilikat ya da silikat cam karışımında polimer ve bir organik peroksit başlatıcı bulunur. Likit ise, Bis-GMA, metil metakrilat monomerleri ve polimerizasyon başlatıcılardan oluşur. İki pat sistemler de içerik olarak toz/likit sistemlerine benzer ancak bunlarda monomer ve doldurucular her iki pat içerisinde de bulunur. Lamine veneer uygulamaları veya adeziv restorasyonlar haricindeki pek çok restoratif uygulama, dentin diş dokusuyla adezyon sağlanarak simante edildiğinden, çoğu rezin siman sistemin yeterli adezyon için dentin bağlayıcılarına ihtiyacı vardır. Rezın simanlar ve dentin bağlayıcılarının içerisinde; HEMA, 4-META ve 10- Metakriloksidihidrojen fosfat (MDP) gibi bir organofosfat adeziv monomerler bulunur (Zaimoğlu ve ark., 1993; Shillingburg ve ark., 1997; Nayır, 1999; Anusavice ve ark., 2003; Blatz ve ark., 2003).

Bu materyaller genellikle matriks formasyonuna (polimerizasyon şekline) göre sınıflandırılmaktadırlar. Ayrıca bu simanları bonding prosedürlerine göre sınıflamak da mümkündür (Shillingburg ve ark., 1997; Craig, 2002; Pegoraro ve ark., 2007; Hill ve Lott, 2011).

a) Kimyasal olarak polimerize olan (self-auto cure) rezin simanlar. Bu sistemler genellikle bir baz ve bir de katalizör olmak üzere iki pattan oluşur. Bu simanı oluşturan en önemli komponentlerden biri, düşük molekül ağırlıklı dimetilakrilat monomeriyle seyreltilmiş diakrilat oligomerdir. Diğer bir önemli komponent ise, silanize edilmiş silan ve camdır. Aktivatör olarak ise peroksit ve tersiyer amin içerir. Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar, ışık geçişinin mümkün olmadığı, full metal veya metal seramik restorasyonlar ile kalınlığı 2,5 mm'yi aşan tam seramik restorasyonların simantasyonunda kullanılır. Ancak bu siman, renk stabilitesinin iyi olmaması, sertleşme süresinin uzun olması, karıştırma işlemi esnasında oluşan hava kabarcıklarının simanın mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemesi, ağız sıvılarında nispeten kolay çözülmesi ve taşan siman artıklarının uzaklaştırılmasının zorluğu gibi olumsuz özelliklere sahiptir (Shillingburg ve ark., 1997; Rosenstiel ve ark., 1998; Caughman ve ark., 2001; Hofmann ve ark., 2001; Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Shortall, 2005; Pegoraro ve ark., 2007).

b) Işıkla polimerize olan (light cure) rezin simanlar. Bu sistemler genellikle tek pat halinde bulunur ve içeriğinde polimerizasyon başlatıcı aktivatör materyali olarak genellikle bir amin türevi olan kamforkinon vardır. 470 nm dalga boyundaki görünür mavi ışıkla aktive olan kamforkinon, polimerizasyonun başlaması için gerekli olan serbest radikallerin oluşmasını sağlar. Bu simanlar, yeterli ışık aktivasyonu sağlanacak kadar ince (<1 mm) olan indirekt kompozit, porselen laminate veneer ve tam seramik restorasyonların simantasyonunda kullanılır. Işıkla polimerize olan rezin simanlar; manipülasyon sürelerinin daha uzun olması, sertleşme sürelerinin daha kısa olması, artıkların kolay temizlenebilmesi, renk seçeneklerinin olması, renk stabilitesini olumsuz yönde etkileyen peroksit başlatıcılar ve aromatik tersiyel amin türevlerini içermemesi ve karıştırma sırasında oluşan hava kabarcığına bağlı problemlerin olmaması gibi özelliklere sahiptir. Bununla beraber, simanın yeterli miktarda ve sürede ışık alamaması sonucu oluşan polimerizasyon eksikliği, simanın kimyasal, mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir (Rosenstiel ve ark., 1998; Taira ve ark., 1999; Caughman ve ark., 2001; Hofmann ve ark., 2001; Anusavice ve ark., 2003; Shortall, 2005; Pegoraro ve ark., 2007).

c)Hem kimyasal hem de ışıkla polimerize olan (dual-cure) rezin simanlar. Bu simanlar, iki pat halinde bulunurlar ve kimyasal olarak polimerize olan simanlarda olduğu gibi eşit oranlarda karıştırılarak uygulanırlar. Kimyasal yolla olan polimerizasyon oldukça yavaş ilerler ve siman ışıkla polimerize edilene kadar uzun bir çalışma süresi vardır. Bu tip simanlarda sertleşme, ışık etkisiyle oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşir ve kimyasal polimerizasyon ile yavaş bir şekilde tamamlanır. Işığın tek başına yetişemediği alanlarda, kimyasal polimerizasyon simanın tamamının sertleşmesine ve mekanik, fiziksel özelliklerinin gelişmesine olanak sağlar. Bu simanlarda, polimerizasyon başlatıcı olarak hem komforkinon hem de peroksit ve aromatik tersiyer aminler bulunur. Dual sertleşen rezin simanların; farklı renk ve opasite seçenekleri sayesinde estetik özellikleri üstün, ağız sıvılarında çözünmelerinin düşük, mekanik özelliklerinin konvansiyonel simanlara göre oldukça yüksek, radyoopak, diş dokularıyla olan bağlantı kuvvetlerinin oldukça yüksek olması ve altındaki destek dişin dayanıklılığını arttırması gibi pek çok olumlu özelliği bulunmaktadır. Bu olumlu özelliklerinden dolayı; tam seramik kron/köprü, indirekt kompozit, seramik laminate veneer, seramik inley, onley restorasyonların, adeziv köprülerin, implant üstü sabit parsiyel protezlerin, seramik veya fiber postların simantasyonunda kullanılabilirler (Rosenstiel ve ark., 1998; Caughman ve ark., 2001; Hofmann ve ark., 2001; Anusavice ve ark., 2003; Pegoraro ve ark., 2007; Kilinc ve ark., 2011; Hill ve Lott, 2011).

Bu simanların en önemli dezavantajı, içeriğinde bulunan ve kimyasal polimerizasyondan sorumlu olan aromatik amin hızlandırıcıların ve inhibitörlerin, oksitlenerek uzun dönemde simanın rengini değiştirmesidir. Bu içeriğin konsantrasyonunun kimyasal polimerize olan simanlardaki kadar yüksek oranda olmaması, dual polimerize olan simanların renk stabilitesinin kimyasal polimerize olan simanlara göre daha iyi ancak bu materyalleri içermeyen ışıkla polimerize olan simanlara göre daha kötü olmasına neden olur. Ayrıca amin hızlandırıcı miktarının düşük olması, sadece kimyasal olarak polimerizasyonun söz konusu olabileceği durumlarda, hem kimyasal hem de ışıkla polimerize olan simanların yerine kimyasal olarak polimerize olan simanların tercih edilmesini gerektirir (Rosenstiel ve ark., 1998; Anusavice ve ark., 2003; Kilinc ve ark., 2011).

2.3 Diş Hekimliğinde Işık ve Renk

Renk, bir cisim ile ışık enerjisinin fiziksel etkileşimi sonucunda gözlemcinin subjektif kişisel gözlemine bağlı olarak algıladığı psikofiziksel bir yanıt olarak tanımlanmaktadır (Paravina ve Powers, 2004; Brewer ve ark., 2004). Rengin algılanması için üç element arasında bir etkileşim olmasına ihtiyaç vardır. Bunlar ışık, obje ve gözlemcidir (Paravina ve Powers, 2004; Chu ve ark., 2004; Joiner, 2004).

Enerjinin bir formu olan ışık, gözün retinasını etkileyebilen elektromanyetik ışımaya spektrumunun bir parçasıdır. Radyo dalgaları, x-ışınları, ultraviyole ve infrared ışınlarının hepsi aslında elektromanyetik ışımaya ailesinin parçalarıdır ve değişik dalga boyu özelliklerine sahiptirler. Ancak insan görme sistemi sadece 360 ile 780 nm gibi çok dar bir dalga boyu aralığına hassastır. Bu alana, görünür ışık spektrumu adı verilmektedir (McLean, 1976; Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Paravina ve Powers, 2004). Görünür ışık spektrumunda renkler, kısa dalga boyundan uzun dalga boyuna doğru mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı şeklinde sıralanmıştır. Farklı dalga boylarındaki bu uyaranların retinada oluşturdukları etki, gözlemci tarafından algılanan cisimlerin farklı renkliliğini oluşturmaktadır (Şekil 2.3.1a) (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Paravina ve Powers, 2004; Joiner, 2004).

Bir ışık kaynağının yaydığı farklı dalga boyundaki ışık ışınları, onun spektral güç dağılımını (SPD) belirler. Farklı dalga boylarındaki ışık ışınlarını eşit seviyede enerjiye sahip oldukları ışık türlerine, tam ya da homojen spektrumlu ışıklar denir. Homojen spektrumlu ışıklar, özellikle renk eşleştirmesinde kullanılacak ışık kaynaklarında aranan bir özelliktir ve güneş ışığı tüm renkleri kapsayan homojen spektruma sahiptir. Ancak dünyanın farklı bölgelerinde ve günün değişik saatlerinde güneş ışınları homojen enerji dağılımı içermezler (Judd ve ark., 1964; Paravina ve Powers, 2004). Homojen spektrumlu olmayan bir ışık kaynağı altında, cismin renklerinden enerjisi daha fazla olan daha fazla yansırken, daha az olan ise daha az yansırarak cismin renginin farklı algılanmasına yol açar (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Lee ve ark., 2005; Kim ve ark., 2007).

Rengin algılanmasında en temel faktör ışıktır ve ışık olmaz ise renk de var olmaz (Ulusoy ve Toksavul, 1992). Rengin algılanması, ışığın kaynağından gelen ışığın obje yüzeyinden yansımaları, kırınımına uğraması veya emilmesi sonucunda göze

ulaşarak beyinde algılanması ile gerçekleşmektedir (Seghi ve ark., 1986; Karamouzos ve ark., 2007).

a. Işığın Emilimi

Bir obje üzerine ışık kaynağından gelen kendi rengi dışındaki ışık türleri obje tarafından emilir, kendi rengi ise yansıtılır. Cisim kırmızı ise, kırmızı dışındaki tüm dalga boylarını emer ve sadece kırmızı dalga boyundaki ışığı yansıtarak kırmızı renkte algılanır (Şekil 2.3.1b) (Ulusoy ve Toksavul, 1992; Malone ve Koth, 1993). Elektromanyetik spektrum içindeki her dalga boyundaki ışığı emen bir cisim siyah renkte, yansıtan ise beyaz renkte algılanır. Objeye tarafından emilen ışığın türünü etkileyen bir diğer faktör de ışık kaynağından gelen ışınların dalga boyudur. Aydınlatmanın bu etkisinden dolayı homojen spektrumlu ışık kaynaklarının kullanılmadığı bir ortamda objenin gerçek rengini tespit etmek mümkün değildir (Paravina ve Powers, 2004; Çal ve ark., 2005).

b. Işığın Yansıması

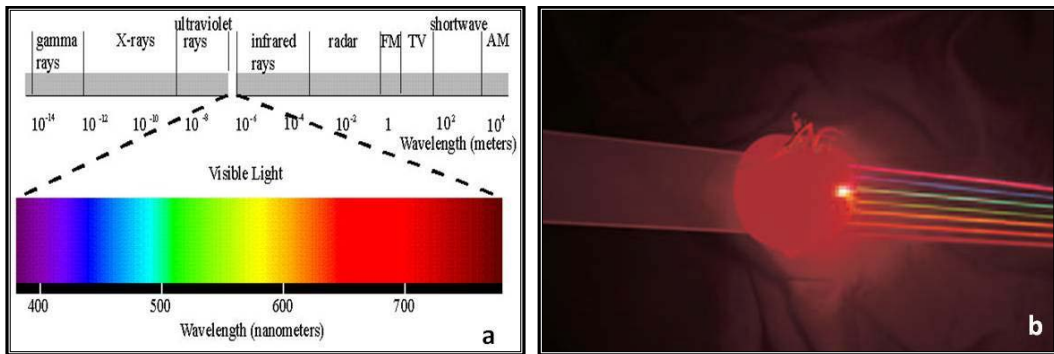
Işık ışınlarının bir yüzeye çarpıp geri dönmesine yansıma denir. Işık kaynağından objeye ulaşan ve yansıyan ışık ışınları, obje tarafından emilmeyen, obje ile aynı dalga boyundaki ışınları içerir. Yani objenin rengi, emilmeden üzerinden yansıyan ışık sayesinde algılanır ve bu ışığın dalga boyu renk algısını belirler. Yüzeyi düzgün bir obje üzerine gelen ışık ışınlarının, obje üzerine geldiği açının aynısıyla geri yansımaya düzgün yansıma, yüzeyi düzgün olmayan bir objeye gelen ışık ışınlarının değişik açılarda birçok yöne yansımaya ise dağınık yansıma denir (Şekil 2.3.2). Doğal dışlardaki prizmatik ve interprizmatik yapılar arasında dağınık yansıma olduğundan restoratif materyallerin yapısının da bu özellikte olması beklenir (Craig, 2002; Chu ve ark., 2004).

c. Işığın Kırınımı

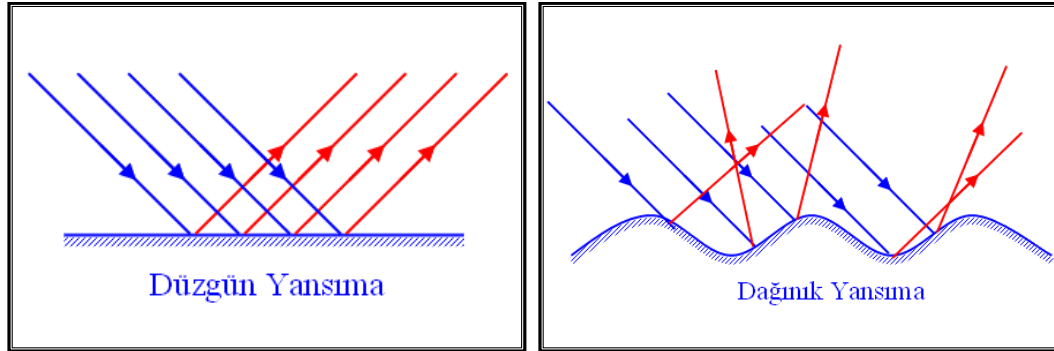
Işık ışınları saydam bir ortamdan farklı yoğunluğa sahip başka bir saydam ortama geçerken, ışık demetinin hızında ve yönünde değişiklik oluşur. Işığın hız değiştirmesinden kaynaklanan bu optik olaya kırılma denir. Işığın farklı yoğunlukta ortamlardaki hız oranları ortamın *kırılma indisini* (n) verir. Kırılma indisi; cismin karakteristik bir özelliğidir ve cismin tipini belirlemede kullanılır. Işık, saydam bir ortamdan daha az yoğun saydam bir ortama geçtiğinde hızı artarak normalden uzaklaşır, daha yoğun saydam bir ortama geçtiğinde ise hızı azalarak normale

yaklaşır (Şekil 2.3.3). Işığın havadaki kırılma indisi 1 olarak kabul edilir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Craig, 2002; Chu ve ark., 2004; Lee, 2008).

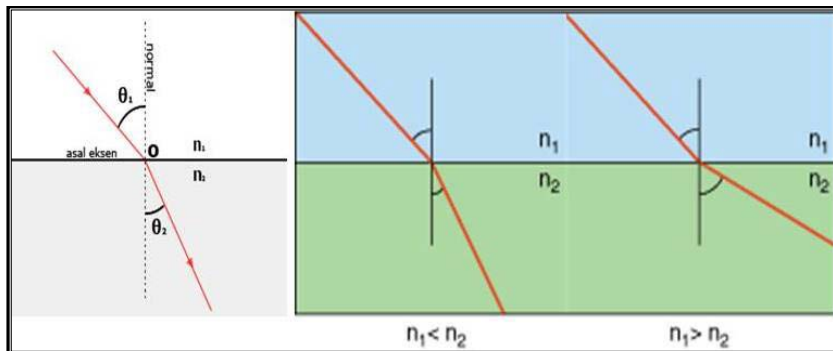
Doğal dişler birkaç farklı tabaka içeren karmaşık prizmatik ve interprizmatik bir yapıya sahiptir. Bu yapı nedeniyle ışık prizmatik kristal yapılar arasında geçerken kırılmaya uğrar ve bir kısmı da yansyarak dışarı doğru yönlendirilir. Restoratif materyallerin de doğal dişle aynı optik özellikler taşıyabilmesi için benzer kristal yapısında olması gerekmektedir (Rosenstiel ve ark., 2001).



Şekil 2.3.1. a) Elektromanyetik spektrum (www.yorku.ca/eye/spectru.htm) b) Domatesin tüm görünür dalga boyundaki ışınları emerek, sadece kırmızı dalga boyundaki ışınları yansıtması (Ahmad 2006).



Şekil 2.3.2 Işığın düzgün ve dağınık yansımaları.



Şekil 2.3.3 Soldaki resimde iki farklı ortamdan geçen ışık ışını ve normale yaptığı açılar, ortadaki resimde daha yoğun bir ortama giren ışık ışınının hızının azalarak normale yaklaşması, sağdaki resimde ise daha az yoğun ortama girerek normalden uzaklaşması görülmektedir

2.3.1 Materyallerin Işığın Yayılımına Etki Eden Özellikleri

Bir objenin rengi, sadece objenin yapısını oluşturan renklendirme maddesi ve tonu ile değil, aynı zamanda objenin üzerine gelen ışığı ne kadar yansıttığı veya kırdığıyla da alakalıdır. Buna göre obje ışık geçirgenliğine göre saydam (transparan), yarı saydam (transludent) ve opak (geçirimsiz) özellikte olabilir. Diş ve diş çevreleyen destek dokular yarı saydam dokulardır (Craig, 2002; Arikawa ve ark., 2007; Ota ve ark., 2011).

2.3.1.1 Opasite

Opasite bir materyalin ışığın geçişini engelleme özelliğidir. Opak bir materyal, gelen ışığın bir kısmını emerken diğer kısmını yansıtır (Craig 2002; Chu ve ark., 2004, Paravina ve Powers, 2004; Arikawa ve ark., 2007; Ota ve ark., 2011).

2.3.1.2 Yarı Saydamlık (Transludentlik)

Transludentlik, bir materyalin ışık geçişine izin vermekle beraber geçen ışığın dağılması sonucu arkasındaki cismin görülememesidir. Transludentlik, transparantlık ve opaklık arasında bir derecedir. Diş hekimliğinde kullanılan seramikler, kompozit ve akrilik rezinler gibi pek çok materyal, dışın doğal görünümünü yakalayabilmek için transludent özellik taşıyır (Fischer and Fischer, 1999; Paravina ve Powers, 2004; Chu ve ark., 2004; Anusavice ve ark., 2003; Ota ve ark., 2011).

2.3.1.3 Saydamlık (Transparanlık)

Bir materyalin içinden ışık geçişine ve arkasındaki bir cismin görülebilmesine izin vermesidir. Cam transparan bir materyaldir. Diş hekimliğinde, genelde genç bireylerde, anterior dişlerin insizal kenarları boyunca ve mesial, distal eğimlerinde mine yapısı transparan özellik taşımaktadır. Bu alanların restorasyonlarında kullanılacak materyallerin de aynı özellikte olması gerekmektedir (Craig, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004).

2.3.1.4 Fosforesans Özelliği

Esas olarak fosfor içeren bileşenlerde görülen ve radyant enerjiyle uyarılan elektronların fazla enerjilerini biraz gecikme ile saçması sonucu ortaya çıkan ışıltama özelliği olup, dental materyallerin özellikleri arasında bulunmaz (Chu ve ark., 2004).

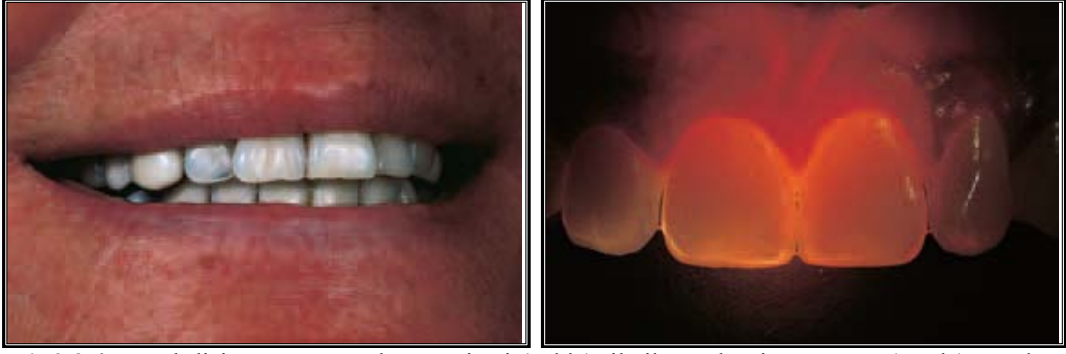
2.3.1.5 Floresans Özelliği

Bir materyalin üzerine gelen radyant enerjiyi absorbe ederek, lumin enerji yaymasıdır. Yayılan ışığın dalga boyu genelde gelen ışığınkenden uzundur. Tipik olarak mavi ışık veya ultraviyole ışıkta, materyaldeki elektronlar daha yüksek bir enerji düzeyine çıkar ve elektronların eskiden bulunduğu düşük enerji düzeyine inerken kazanmış oldukları bu enerji görünür spektrumda floresans ışık olarak oluşur (Craig, 2002; Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004).

Doğal dişler de ultraviyole ışığa maruz kaldığında görünür ışık yayarak floresans özellik gösterir. Dişler beyaz gün ışığında renk özelliklerine bakılmaksızın değerlendirildiğinde, en yüksek florens değeri 450 nm dalga boyunda tespit edilmiş ve bu değer 680 nm dalga boyuna doğru giderek azalmıştır (Finger ve ark., 1996). Floresans özelliği dişlerin daha parlak ve beyaz gözükmesini sağlarken, gün ışığında dişlerin renklerinin değişik algılanmasına neden olur. Floresans özelliğın doğal dişlerin canlılığını yansıtan en önemli faktörlerden biri olduğu kabul edilmektedir. Floresans özelliğın bu önemi, doğal dişle benzer optik özellikler taşıyan dental porselenlerin imal edilmesi hususunda önemli bir faktördür. Dental porselenlerin doğal dişlerin floresans özelliğini taklit edebilmesi için yapısına uranyum, seryum ve itriyum gibi elementler katılmaktadır (Craig, 2002; Fondriest, 2003; Ahmad, 2006).

2.3.1.6 Opalesans Özelliği

Radyant görünür ışık 380-780 nm aralığında fotonlar içerir. Yarı değerli opal mineraller gibi bazı materyaller, uzun dalga boyundaki ışınlarla ait fotonların iletilmesi ve kırılması, kısa dalga boyundaki ışınlarla ait fotonların ise yansıması veya saçılması özelliğine sahiptir. Opalesans özelliğe sahip bir obje üzerine gelen ışık ışınları, objede kendi dalga boyundan daha kısa dalga boyundaki ışınlarla karşılaştığında tüm doğrultularda yansıtılarak saçılması sonucu, yansıyan renkte mavimsi ve iletilen renkte ise turuncu/kahverengi görünmektedir. Diş minesini de opalesans özellik gösterir ve yansıyan ışıkta mavimsi, iletilen ışıkta ise turuncu görünür (Şekil 2.3.4) (Lee ve ark., 2005; Ahmad, 2006; Lee ve ark., 2007; Lee, 2008; Cho ve ark., 2009).



Şekil 2.3.4 Doğal dişin yansıyan ışıktaki mavimsi (solda), iletilen ışıktaki ise turuncu (sağda) görülmesi (Ahmad, 2006).

2.3.1.7 Metamerizm

Çevresel faktörler ve aydınlatma durumu renk tespitinde önemli rol oynamaktadır (Paul ve ark., 2004). Belirli bir ışık altında aynı renkte gibi görünen cisimler başka ışık altında farklı görülebilir. Bu olay metamerizm olarak adlandırılır (Zaimoğlu ve ark., 1993; Rosenstiel ve ark., 2001; Watts ve Addy, 2001; O'Brien, 2002; Anusavice ve ark., 2003; Ayyıldız ve ark., 2011). Metamerizm, iki değişik objenin spektral yansıma eğrilerindeki farklılıklardan kaynaklanan bir durumdur (Groh ve ark., 1992; O'Brien, 2002).

Bir renk anahtarındaki renk örneğinin floresan ışıktaki normal dişle uyması, ancak akkor flamanlı lamba ışığında farklı renkte görülmesi buna örnek olabilir. Floresan ışık kaynağında mavi-yeşil tayf ön plana çıkar ve mavi-yeşil renk baskın olarak algılanırken akkor ışıkta kırmızı-sarı tayf ön planda olduğundan bu renkler daha baskın olarak algılanır. Metamerizm probleminin yaşanmaması için, renk tespitinin tüm renk spektrumlarını eşit miktarda içeren gün ışığı gibi ışık kaynakları altında yapılması, kronlarda en basit kombinasyonlu renklerin tercih edilmesi ve klinik, laboratuvar aydınlatmasında aynı tip ışık kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Ancak gün ışığının da renginin günün değişik saatlerinde değişmesi sonucu, cisimlerin farklı renklerde görülebilmesi nedeniyle renk tespitinin farklı türdeki ışık kaynakları altında tekrarlanması renk uyumsuzluğu yaşanmaması açısından en güvenilir yöntemdir (Rosenstiel ve ark., 2001; Watts ve Addy, 2001; Chu ve ark., 2004; Sarıkaya ve Güler, 2009).

2.3.2 Renk Olgusu Ve Algılanması

Diş hekimliğinde renk algısı ve doğal diş ile restorasyon arasındaki renk uyumunun sağlanması için, renk fiziğinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Cisimden yansiyarak göze gelen uygun dalga boylarındaki ışık ışınları, öncelikle gözün mercek sistemi tarafından görme reseptörlerinin yoğun olarak bulunduğu gözün retina kısmına odaklanır. Buradan da göz sinirleri yoluyla beyindeki görme merkezine iletilir. Görme merkezi tarafından yorumlanan cismin rengi algılanmış ve görme olayı tamamlanmış olur (Joiner, 2004).

Gözün retina tabakasında bulunan reseptör hücreleri başlıca iki ayrı grupta incelenirler. Birincisi; çubuk şeklinde olup gece görüşten, karanlığa ve aydınlığa adaptasyondan sorumlu olan "basil reseptörleri", ikincisi ise; koni şeklinde olup görme keskinliği ve renkli görmeden sorumlu olan "koni reseptörleri" dir. Düşük aydınlatma şartlarında görmeden sadece basil reseptörleri sorumludur ve bu reseptörler objelerin rengini değil koyuluk-açıklığının (Skotopik görme, siyah-beyaz görme) algılanmasını sağlar. Yüksek aydınlatma şartlarında ise renk algılanmasını koni reseptörlerince gerçekleştirilir (fotopik görme, renkli görme). Koni reseptörleri, üç temel renk (kırmızı, mavi, yeşil) için özelleşmiş olan 3 çeşit hücreden oluşmaktadır. Bu üç koni hücresinin ışık dalga boyu absorpsiyon eğrileri önemli ölçüde birbirlerini örterler. Bundan dolayı da görülebilir ışık dalga boyları birden fazla koniyi değişik oranlarda uyararak çok çeşitli renk tonlarının algılanmasını sağlar (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Chu ve ark., 2004; Joiner, 2004; Öngül, 2006).

2.3.3 Renk Sistemleri

Yirminci yüzyılın başından günümüze kadar, renklerin matematiksel olarak ölçülebilmesi amacıyla geliştirilmiş pek çok farklı sistem bulunmaktadır. Bunların bazıları sadece teorik, bazıları örneklerin yerleştirilmesi bazıları ise fiziksel ölçümler ve hesaplamaları esas almaktadır (Bilmeyer ve Saltzman, 1981).

Bir renk düzenleme sistemi, renklerin üç boyutlu uzaydaki yerlerinin sistematik olarak düzenlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu sistemler eğitim amaçlı olarak renk tanımlama ve endüstride renk belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bir modern renk düzenleme sisteminin Tablo 2.3.1'deki kriterleri taşıması gerekmektedir.

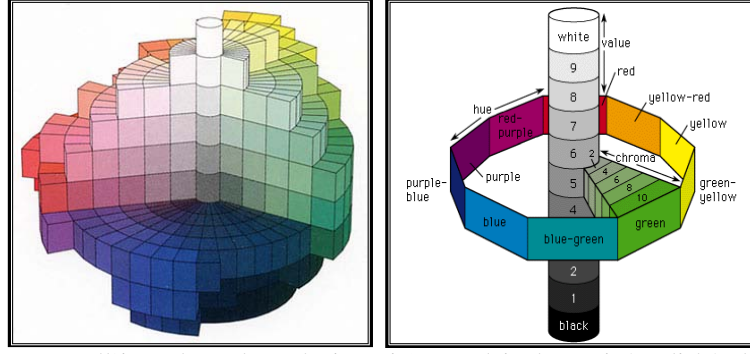
Geniş kullanıma sahip sistemlerin hemen hepsi geçtiğimiz yüzyılın ortalarında geliştirilmiştir (Tablo 2.3.1). Pek çok farklı prensibe göre tasarlanmış olan renk düzenleme sistemleri mevcut olmasına rağmen hiçbiri tam olarak geçerli sayılmamıştır. Munsell ve CIE renk düzenleme sistemleri bunların arasında geliştirilme prensipleri, deneyimsel teknik, nitelikleri açısından üzerinde en fazla durulan sistemlerdir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Sproull, 2001a; Sproull, 2001b; Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004).

Tablo 2.3.1 Bir modern renk düzenleme sisteminde aranan özellikler, geniş kullanıma sahip renk sistemleri ve geliştirildiği tarihler

Aranan Özellikler	Tarih	Sistem
Üç özgün görsel niteliğe sahip olmalı (hue, value ve chroma)	1905	Munsell renk sistemi
Örneklerin doğru olarak çoğaltılması	1914	Otswald renk sistemi
Devamlılığı olmalı	1931	CIE sistemi
Portatif olmalı	1955	DIN sistemi
Kişisel tonlar için stoklar uygun olmalı	1962	NCS
Yeterli genişlikte olmalı (geniş bir boyut aralığında olmalı)	1968	Coloroid renk sistemi
Değişik materyallerde olmalı (textil ve sayfalarda)	1976	CIEL*a*b sistemi

2.3.3.1 Munsell Renk Sistemi

Albert H. Munsell tarafından 1905 yılında geliştirilen bir sistemdir. Pek çok farklı versiyonu yapılan bu sistem en eski renk düzenleme sistemidir. Munsell renk sisteminde örneklerin üç boyutlu olarak yerleştirilme prensibini rengin üç özelliği belirlemektedir. Hue(H); ana renk, Value(V); parlaklık ve Chroma(C); rengin doygunluğudur (Şekil 2.3.5) (Seghi ve ark., 1986; Rosenstiel ve ark., 2001; Sproull, 2001a; O'Brien, 2002; Fondriest, 2003; Paravina ve Powers, 2004; Joiner, 2004).



Şekil 2.3.5 Munsell'in üç boyutlu renk sistemi (www.daicolor.co.jp/english/color_e/color)

Hue. Rengin özel cinsi (adı) olarak ifade edilmektedir ve renk ailesinden bir rengi diğerinden ayırt eden niteliğidir. Göze gelen ışığın spesifik dalga boyuna göre beyinde oluşturduğu mavi, yeşil gibi renk algısını ifade eder. Munsell renk sisteminde saat yönünde sıralanmış olan 5 ana renk tanımlanmaktadır; kırmızı(R), sarı(Y), mavi(B), yeşil(G) ve mor(P). Ayrıca bu ana renklerin birleşiminden oluşan ve ana renk harfleriyle nitelendirilen 5 adet de birleşim renk bulunur; sarı-kırmızı (YR), yeşil-sarı (GY), mavi-yeşil (BG), mor-mavi (PB) ve kırmızı-mor (RP). Ana ve birleşim renkleri olmak üzere 10 farklı renk ve bu 10 farklı rengin her biri için de değişik value değerine sahip 10, toplamda da 100 farklı hue örneği bulunmaktadır (Şekil 2.3.6) (Fondriest, 2003; Paravina ve Powers, 2004; Joiner, 2004).



Şekil 2.3.6 Munsell renk sisteminde; Hue (solda), Value (ortada) ve Kroma (sağda) (Chu ve ark., 2004)

Value. Cismin açıklık, koyuluk veya parlaklık, matlık derecesini gösteren özelliğidir. Bir cismin parlaklığı, cisim üzerinden yansıyan veya geçen ışık enerjisi miktarına bağlıdır ve yansıyan ışık miktarı ile doğru orantılıdır. Munsell renk sisteminde value değerleri 0'dan 10'a kadar derecelendirilmiştir ve sistemin en altında siyah, en üstünde ise beyaz renk bulunmaktadır. Bu değerler arasında siyahtan beyaza doğru olan gri tonları value değerlerini oluşturur ve saf beyaz 10, saf siyah ise 0 olarak belirlenmiş ve ulaşılmaz olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.3.6). Doğal dişlerin value değerleri 4-8 arasında değişmektedir. Pek çok araştırmacıya

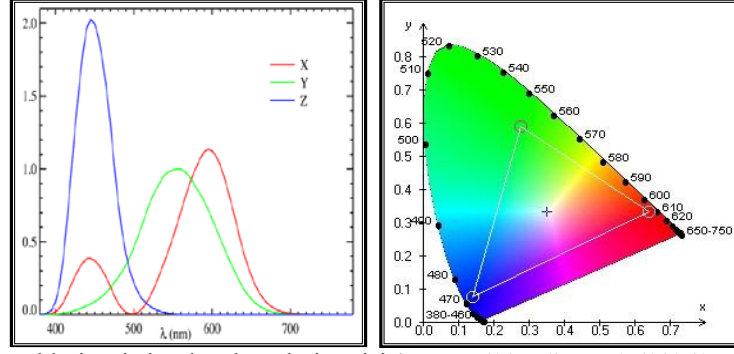
göre diş hekimliğinde renk seçiminin en önemli aşaması value değerinin tespitidir. Value değerinin hatalı tespit edildiği bir restorasyon, değer yüksek ise daha parlak ve opak, düşük ise daha gri ve cansız görülür. Özellikle yüksek value değerine sahip restorasyon doğal dişlerden daha kolay ayırt edilebilir ve estetik olarak daha fazla hataya neden olur. Öte yandan value değerinin doğru tespit edildiği bir restorasyonda, hue ve chroma değerlerinin hatalı tespiti sonucu ortaya çıkacak estetik hatalar nispeten daha az fark edilebilir. Ancak Hue ve Chroma'daki aşırı değişiklikler Value değerini de düşürerek, restorasyonun daha koyu ve gri görünmesine neden olur (Bilmeyer ve Saltzman,1981; Rosenstiel ve ark., 2001; Fondriest, 2003; Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004).

Kroma. Bir rengin doygunluğu ve saflığını belirler ve rengin içerdiği ana renk miktarını yani ana rengin yoğunluğunu ifade eder. Munsell tarafından kuvvetli bir rengi zayıf bir renkten ayıran özellik olarak bildirilmiştir (Sproull, 2001a; Joiner, 2004). Munsell renk sisteminde renklerin dizilimi bir küre şeklinde gösterilmiştir. Kürenin dikey ekseninde 10 basamağa bölünmüş olan parlaklık (value), dikey eksenin her basamağının etrafında yine 10 basamağa bölünmüş olan yatay renk tonu (hue) örnekleri bulunmaktadır. Renk tonlarının yoğunluğu (chroma) eksenden dışa doğru uzanır (Şekil 3.3.6) (Preston, 1982; Sproull, 2001a; Sproull, 2001b).

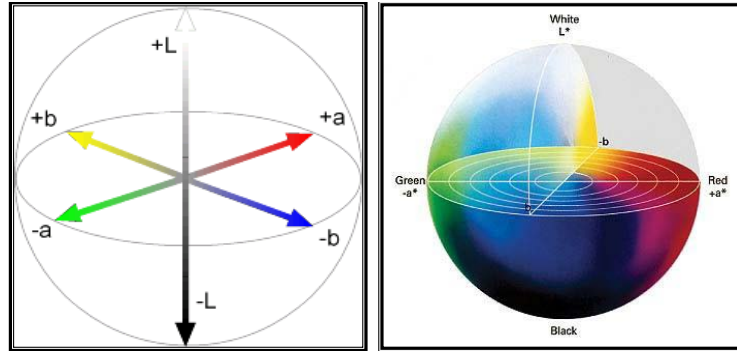
2.3.3.2 CIE Renk Sistemi

1986 yılında kurulan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE; "Commision de l' Eclairage" veya "International Commission on Illumination") renk, görünüm gibi alanlarda standart bir ışık kaynağında, standart bir gözlemci ve verilen bir renge, insan görme sisteminin cevabını gösteren tristimulus değerlerinin hesaplanmasında yetkili bir organizasyondur (Joiner, 2004).

CIE'nin tristimuluslu ilk standart gözlemci eğrisi 1931 yılında açıklanmıştır ve belirli bir rengin tristimulus değerleri bu eğriden elde edilmiştir. CIE üçlü uyaran değerler sisteminde, CIE gözlemcisi tarafından belirlenen spektral yanıt fonksiyonlarına dayalı olarak X, Y ve Z şeklinde üç değişken kullanılmıştır. X, Y ve Z değerleri üç ana rengin (kırmızı, yeşil, mavi) algılanmasını sağlayan sinirlerin beyne yolladıkları uyarıların toplamıdır. Bu üç uyarımın toplamının uyarı miktarına oranı rengi tanımlar. X, Y ve Z değerlerinin toplamı rengin görsel duyulanma toplamına eşittir (Şekil 3.3.7) (Seghi ve ark., 1986; Paravina ve Powers, 2004)



Şekil 2.3.7 CIE renklerin tristimulus değerleri eğrisi (www.wikipedia.org/wiki/File:CIE_xyz10.png)



Şekil 2.3.8 CIE L*a*b* üç boyutlu renk sistemi (Bilmeyer ve Saltzman, 1981)

2.3.3.3 CIE L*a*b* Renk Sistemi

CIE tarafından, 1976 yılında geliştirilmiş olan sistem, standart bir gözlemci ile insan gözünün renge verdiği psiko-fiziksel cevabın koordinat değerlerinin hesaplanması ile ortaya çıkartılmıştır. CIE L*a*b* renk sisteminde de renk Munsell renk sisteminde olduğu gibi üç koordinatta verilir ve tüm renkler bu koordinatların oluşturduğu eksenlerin kesiştiği merkez etrafında bulunan bir küre üzerinde yer alır (Şekil 2.3.8). CIE L*a*b* renk sisteminde renklerin L*, a* ve b* koordinatlarına göre dağılımları lineerdir, daha düzgün bir sıralama gösterir ve farklı renkler arasındaki uzaklıklar eşittir. Bu nedenle de renk ölçümü ve renk ayrımı yapıldığı durumlarda, diş hekimliği araştırmaları ve literatürde en sık kullanılan renk sistemidir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Seghi ve ark., 1986; Fondriest, 2003; Paravina ve Powers, 2004; Joiner, 2004; Bayındır ve Uzun, 2007; Karaagaclıoğlu ve Yılmaz, 2008).

CIE L*a*b* sisteminde L*, Munsell sistemindeki Value değeri ile orantılıdır ve rengin açıklık, koyuluk veya siyah-beyaz karakterini gösterir. L* parametreleri dikey eksende bulunur, açık renkler L* dikey ekseninde daha yukarıda ve daha yüksek değere sahipken koyu renkler eksenin daha altında ve daha düşük

değerdedirler. Saf siyah rengin L* değeri 0 iken saf beyazın L* değeri 100'dür. CIE L*a*b* sisteminde a*b*, Munsell sistemindeki Hue ve Chroma değerleri ile orantılıdır. a* parametreleri yatay ekseninde olup, bir cismin kırmızı (+) ile yeşil (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değeri arttıkça renk kırmızıya azaldıkça yeşile kayar. b* parametreleri de a* yatay eksenine dik olan yatay ekseninde olup yine cismin sarı (+) ile mavi (-) arasındaki koordinatlarını gösterir. Değeri arttıkça renk sarıya azaldıkça maviye kayar. a*b* koordinatlarının 0 değerleri nötral renkleri (beyaz, gri) verirken bu değerlerin artması rengin daha yoğun ve doygun olduğunu gösterir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Seghi ve ark., 1986; Okubo ve ark., 1998; Paravina ve Powers, 2004; Joiner, 2004; Guler ve ark., 2005a; Guler ve ark., 2005b; Bayındır ve Wee, 2006; Kücükkesmen ve ark., 2008).

CIE L*a*b* renk sisteminin en büyük avantajı, renk farklılıklarının algılayıcı tarafından kolayca fark edilebilmesi ve klinik olarak anlamlılık arz etmesidir. Ayrıca CIE L*a*b* renk sistemi, tüm ışık kaynaklarının standardizasyonunu sağlayarak, insan görsel algılamasındaki varyasyonları elimine eder. CIE L*a*b* renk sisteminde renkler geometrik olarak dizildiğinden iki renk arasındaki farklılıklar matematiksel olarak hesaplanabilir (Rosenstiel ve ark., 2001; Joiner, 2004). İki renk uyarımı arasındaki renk farklılığı (ΔE), bu renklerin L*a*b* değerlerinin aşağıdaki formül ile hesaplanması ile elde edilmektedir (Paravina ve Powers, 2004; Guler ve ark., 2005a; Guler ve ark., 2005b; Uludag ve ark., 2007; Karamouzou ve ark., 2007; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_1^*)^2 + (a_0^* - a_1^*)^2 + (b_0^* - b_1^*)^2}$$

ΔE formülünde yer alan L_0^* , a_0^* ve b_0^* ilk ölçüm değerleri iken, L_1^* , a_1^* ve b_1^* ise ikinci ölçüm değerleridir. ΔE değeri, aynı ya da farklı örneklerin zaman içindeki L*, a*, b* koordinatlarındaki değişikliklerin miktarını ifade eder. Bu değerinin sıfır olması bu iki rengin aynı olduğu, ΔE değerinin sıfırdan farklı olması ise renk farklılığı olduğu anlamına gelir. ΔE değeri arttıkça, renk farklılığı da belirginleşerek gözle algılanabilmeye başlar. Yapılan çalışmalara göre; klinik olarak insan gözünün renk farklılığını tespit edebileceği ΔE değeri sınırı konusu tam olarak netleşmemiştir. ΔE değerinin 1'in altında olduğu renk farklılıklarının görsel olarak

fark edilemeyeceği, 1-2 arasında kısmen ve 2'den büyük olanların ise fark edilebileceği bildirilmiştir (Seghi ve ark., 1986; Seghi ve ark., 1989; Seghi, 1990; Douglas, 2000; Wee ve ark., 2002; Paravina ve Powers, 2004; Karamouzos ve ark., 2007).

2.3.4 Renk Ölçüm Yöntemleri

Belirli bir diş renginin analizinde kullanılacak temelde iki yöntem bulunmaktadır; görsel ve bir cihaz yardımıyla renk ölçümü yapılması. Diş hekimliğinde bu amaçla en sık kullanılan yöntem, diş ve renk skalalarına ait örneklerin karşılaştırılmasıdır. Görsel renk tespit yöntemleri pratik olmalarına rağmen oldukça subjektif yöntemlerdir. Bununla beraber cihaz yardımıyla yapılan ölçümlerden objektif ve hızlı sonuç alınmasının yanı sıra, bu sonuçların matematiksel verilere dönüştürülebilmesi gibi avantajları mevcuttur (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Van Der Burgh ve ark., 1985; Johnston ve Kao, 1989; Seghi, 1990; Bayındır ve Wee, 2006; Omar ve ark., 2010).

2.3.4.1 Görsel Renk Ölçümü

Renk algısı, kişiden kişiye değişen subjektif ve psikofizyolojik bir süreçtir. Renk algılamasını etkileyen faktörler; ışık kaynağı, cismin görünümü ve gözlemciye bağlı faktörlerdir. Bir cismin rengi yalnızca retina görüntüsündeki ışığın spektral bileşimine bağlı değildir (Douglas, 1997; Joiner, 2004). Görsel renk ölçümü yöntemleriyle yapılan renk seçimlerinin tutarlılığını etkileyebilecek pek çok faktör bulunmaktadır:

- Ortamı aydınlatan ışığın spektral özellikleri ve şiddetine bağlı faktörler
- Renk seçimi yapan bireyin beceri, deneyim, cinsiyet, yaş ve renk reseptörlerinin yorgunluğu gibi bireysel varyasyonları ve ruhsal durumu
- Renk seçiminde kullanılan renk tablalarının doğal dişe ait tüm renkleri barındıracak yeterlilikte olması
- Renk tablasındaki örneklerin, renk düzlemlerine göre sistematik yerleştirilmemesi (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Sproull, 2001a).

2.3.4.2 Cihaz Kullanılarak Yapılan Renk Ölçümü

Renk ölçümünde cihaz kullanmanın en büyük avantajı nesnelliğin elimine edilmesidir. Renk ölçülmesi amacı ile günümüzde kullanılmakta olan cihazlar; kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf

makinelidir (Okubo ve ark., 1998; Dancy ve ark., 2003; Joiner, 2004; Chu ve ark., 2010). Cihaz kullanılarak yapılan renk ölçümlerinin; bireysel, çevre ve aydınlatma koşullarından etkilenmemesi ve elde edilen sonuçların tekrarlanabilir ve matematiksel olarak hesaplanabilir olması gibi avantajları mevcuttur. Bununla beraber; daha maliyetli olması, aletin doğru kalibre edilmediği veya kullanılmadığı zaman hatalı sonuçlar alınabilmesi gibi dezavantajları da mevcuttur (Seghi, 1990; Okubo ve ark., 1998; Wee ve ark., 2002; Chu ve ark., 2004; Joiner, 2004; Bayındır ve Wee 2006; Chu ve ark., 2010).

a. Kolorimetre

Diş veya porselen rengi hakkındaki pek çok in-vivo veya in-vitro çalışma, kolorimetre cihazı kullanılarak yürütülmektedir. Kolorimetreler, rengi sabit bir ışık kaynağı ve görme açısı kullanarak, objeden yansıyan ışığı üç ya da dört görünür spektrumda filtreleyip ölçmektedirler. Aletin kullanımı yüzey rengi ve yarı parlak renklerin ölçümü olarak iki alanda kategorize edilebilir. Yüzey rengi ölçümünde kullanılan aletin ana komponentleri; bir ışık kaynağı, bir bütünleştirici küre ve algılayıcıdır. Yarı parlak renklerin ölçümünde, ışık kaynağına da ihtiyaç yoktur. Algılayıcı içerisinde, filtreden geçen değişik spektrumlardaki ışık demetlerine hassas olan ve insan gözündeki renkli görmeyi sağlayan koni hücrelerine benzer sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler, CIE $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ ve $z(\lambda)$ sistemine **yak** sonuç alınabilmesine olanak vermektedirler.

Kolorimetrelerin kullanımı, spektrometre ve spektrofotometrelere göre daha kolay ve daha az maliyetlidir. Ancak aletin filtrelerinin zamanla eskimesine bağlı olarak tutarlılığı, sürekliliği ve filtrelerin tekrar CIE renk sistemine uyumlu sonuç vermesi olasılığı zayıflar. Aletin bir diğer dezavantajı da metamerizmin miktarının ölçülmesinde kullanılamamasıdır (bir grup örneğin aynı ışık kaynağı ve görme açısı şartlarında aynı olan spektral yansımaları şartlar değiştiğinde değişebilmektedir). Ayrıca translusent materyallerin renklerinin belirlenmesinde, ışığın kırılarak, dağılmasından dolayı sonuçlarda problemler yaşanabilir. Örneğin, gerçek diş ile aynı renkteki metal seramik restorasyonun kolorimetrik sonuçlarında farklılık görülebilir. Bu duruma ‘‘edge loss’’ adı verilmektedir (Okubo ve ark., 1998; Joiner, 2004).

b. Spektrofotometre

Spektrofotometreler daha çok yüzey renginin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş ve diş hekimliği için çok daha uygun, kullanışlı aletlerdir. Bu aletler, bir obje üzerinden yansıyan 1-25 nm dalga boyu aralığındaki ışığın, aletten gönderilen beyaz referans ışığa oranını ölçecek şekilde tasarlanmıştır. Spektral yansıma fonksiyonu ile cismin renk parametreleri hesaplanmaktadır. Bir spektrofotometre; ışık kaynağı, monokromatör ve algılayıcıdan oluşmaktadır. Spektrofotometrenin ölçüm verilerinin, diş hekimlerinin anlayacağı şekilde manipüle edilmesi ve dönüştürülmesi gerekmektedir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Chu ve ark., 2010).

Kalite kontrolü ve yöntem formülasyonu amacıyla kullanılmaktadırlar. Dental araştırmalar ve klinik çalışmalarda porselenler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarındaki renk değişiminin tespitinde kullanılmaktadırlar (O'Brien, 2002; Sarıkaya ve Güler, 2009). Metamerizmi ayırt edebilmeleri ve üç yerine daha çok dalga boyunda ölçüm yapabilmeleri sayesinde insan gözünün tespit edemeyeceği renkleri dahi algılayabilmeleri ile kolorimetrelerden daha çok tercih edilirler. Kolorimetrelere göre daha doğru ve sistemetik ölçüm sonuçları verirler ve kolorimetreler daha çok düz yüzeylerden ölçüm yapabilmek için tasarlanmış olduklarından, klinik kullanımda daha çok spektrofotometreler tercih edilmektedir. Ayrıca standart koşullarda hata payı kolorimetreye göre daha düşüktür, tutarlıdır ve zamanla bu standardizasyonunda değişiklik yaşanmaz (Okubo ve ark., 1998; Craig, 2002; Paul ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004; Kücükkesmen ve ark., 2008; Da Silva ve ark., 2008; Karaagachloğlu ve Yılmaz, 2008; Kim-Pusateri ve ark., 2009; Chu ve ark., 2010).

Klinik çalışmalar ve dental araştırmalarda kullanılan spektrofotometrelerin pek çoğu; pahalı, karmaşık olmaları ve in-vivo çalışmalarda kullanımlarının pratik olmaları gibi dezavantajlara sahiptir. Bununla beraber, bilimsel araştırmalar için geliştirilmiş olan küresel optik uçlu spektrometrelerde; örnek aletin pek çok farklı yön ve açıdan ışık gönderen optik yuvasına yerleştirilebilmekte ve böylelikle örneğin en güvenilir ve tutarlı şekilde yansıma özelliğinin spektral analizi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Ancak dental spektrofotometrelerde ışık ancak diş yüzeyinden tek bir açıyla verilebilmektedir (Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004; Chu ve ark., 2010).

c. Dijital Kameralar ve görüntü sistemleri

Renk ölçümünde dijital kameraların kullanılması son yıllarda giderek popüler hale gelmiştir. Bu sistemde objenin renginin tek bir noktada ölçülmesi yerine objenin tamamına ait görüntüsü ölçülür. Bu sistemin teknolojisi, kolorimetrik ve multispektral olarak iki açıdan ele alınmaktadır. Elektronik teknolojisindeki gelişmelerle beraber dijital fotoğrafçılık da dış hekimliğine pek çok fayda sağlamıştır. Kullanıcının fotoğraf metodolojisi ve bilgisayar teknolojisindeki becerilerini geliştirmesiyle beraber bu yöntem, renk ölçümü açısından son derece basit ve kullanışlıdır. X,Y,Z tristimulus eğerlerinin hesaplanması gibi, kamerada da RGB (kırmızı, yeşil ve mavi) değerleri bir formül ile hesaplanır. Kamera algılayıcıları CIE'nin standart gözlemcileri ile aynı spektral hassasiyete sahip olmadıkları için kameranın RGB değerleri, CIE'nin XYZ değerleri ile eşleşmez. Renk ölçümü için bu değerlerin "kamera karakterizasyonu" denen bir yöntem ile eşleştirilmesi gerekmektedir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Chu ve ark., 2004; Chu ve ark., 2010).

Dijital kameralar ile renk ölçümü yapmak, klinik ve laboratuvar arasında daha kolay bağlantı sağlanması açısından son derece faydalıdır. Geleneksel renk skalalarıyla beraber alınan fotoğraflar, bu bağlantıyı daha da arttırmakta ve bu fotoğraflar ayrıca dışın translusensi, opasite özellikleri ve yüzey karakteristiği hakkında da bilgi vermektedir. Bu bilgilerin teknisyene aktarılması restorasyonun estetik sonucunu büyük ölçüde etkilemektedir. Ancak tek başına dijital kameraların renk analizi için kullanılması ise çok efektif değildir (Craig, 2002; Chu ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004; Sarıkaya ve Güler, 2009; Chu ve ark., 2010).

2.4 Kırılma İndisi Materyalleri

Cismin karakteristik bir özelliği olan kırılma indisi, fizik, kimya ve biyolojinin pek çok alanı için kritik bir önem teşkil eden bir konudur (Zocchi, 1996; Emami ve ark., 2005). Kırılma indisi materyalleri, optik temelli terapatik ve tanısal pek çok teknik için fayda sağlamaktadır. Örneğin; lazer cerrahisi, flüoresans mikroskopi, konfokal (eşodaklı) görüntüleme ve optik fazlı tomografi (OCT) (Vargas ve ark., 1999). Dış hekimliğinde ise bu materyalleri; klinik çalışmalar ve araştırmalar için optik bağlantı aracı olarak, farklı yoğunluktaki ortamlardan geçen ışığın geçişinin arttırılması, yansımanın azaltılabilmesi amacıyla kullanabilmek

mümkündür (Seghi ve ark., 1989; Davis ve ark., 1994; Emami ve ark., 2005; Ahn ve Lee, 2008; Lee, 2008).

Bazı dental biyolojik dokuların ve materyallerin kırılma indislerinin araştırıldığı çalışmalarda; mine ve dentin dokularının kırılma indislerinin $n=1,652-1,546$ arasında ve pek çok dental seramik materyalinin kırılma indislerinin de bu değerlere çok yakın olduğu bildirilmiştir. Kırılma indisi değerleri, dişin mine, dentin dokuları, dental seramik ve rezin materyalleriyle yakın olan pek çok kırılma indisi solüsyonu bulunmaktadır. Bu materyallerin kırılma indisi değerlerinin pek çok optik cam, plastik, seramik ve biyolojik dokuyla uyuşması, farklı ortamlar arasında ışığın uğrayacağı kırılma ve yansımayı azaltarak, geçişinin artmasına neden olmaktadır (Brodelt ve ark., 1981; Ohmi ve ark., 2000; Emami ve ark., 2005; Lee ve ark., 2005; Lee, 2008; Ota ve ark., 2011).

Bu solüsyonların kırılma indisi değerleri katı materyaller kadar stabil olmayıp, ortamın ısı ve buharlaşmadan kolaylıkla etkilenebilir. Bir sıvının kırılma indisi, tüm değerler sabit tutulup, ortamın sıcaklık katsayısının değiştirilmesiyle ile istenilen değerde ayarlanabilir. Öte yandan ortam sıcaklığının sabit tutulamadığı durumlarda ise, bu durum olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olacaktır. Buharlaşma sonucunda ise, solüsyon içeriğindeki komponentlerin oranlarının değişmesi, kırılma indisinde değişiklik yaratmaktadır. İçeriğinde daha az komponent bulunan ve uçuculuğu daha düşük solüsyonların tercih edilmesi bu noktada önem taşımaktadır (Cargille labs., Cargille.com).

3. MATERYAL VE METOD

Bu tez çalışması; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Protetik Diş Tedavisi AD kliniği ve laboratuvarı, Özel Samsun Klâs Diş Laboratuvarı, Özel Ankara Meka Dental Diş Laboratuvarı ve Özel Ankara Kulez Diş Laboratuvarında yapıldı.

Bu tez çalışmasında kullanılan tam seramik örneklerin hazırlanmasında; yapısında temel olarak lityum disilikat ($\text{Li}_2\text{O}_2\text{SiO}_2$) bulunan orta opasite ve yüksek translusent alt yapılardaki IPS e-max Press (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Linkenştanyın), yapısında büyük oranda alüminyum oksit (Al_2O_3) bulunan In Ceram Alumina (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ve yapısında yitrium ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonyum polikristali (Y-TZP) bulunan zirkonyum (ICE Zirkon, ZirkonZahn, İtalya) tam seramik materyalleri kullanıldı. Bu seramik materyallerinin her biri için 10'ar, toplamda ise 40 adet örnek hazırlandı. Tam seramik örneklerin renk ve kalınlığının, standardize edilmesi amacıyla tüm seramik materyalleri için A₂ renkte alt yapı ve tabakalama porseleni kullanıldı. Ayrıca her seramik materyali, üretici talimatlarına uygun alt yapı ve veneer porseleni kalınlıklarında hazırlanarak toplamda 1,5 mm olacak şekilde ayarlandı (Heffernan ve ark., 2002a; Heffernan ve ark., 2002b; Shokry ve ark., 2006; Dias ve ark., 2008).

Yapıştırma simanlarının, tam seramiklerin sonuç rengi üzerindeki etkilerinin incelenmesi için; universal (A2) renk cam iyonomer siman (Ketac Cem Radiopaque, 3M ESPE AG, Seefeld, Almanya), universal (A2) renk rezin modifiye cam iyonomer siman (Ketac Cem Plus, 3M ESPE AG, StPaul MN, ABD) ve universal (A2), translusent, beyaz opak renk tonlarında dört farklı rezin siman (Clearfil Esthetic Cement, Kuraray Medical Inc, Okayama, Japonya; Maxcem Elite, KerrHawe SA, İtalya; Variolink II, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Linkenştayn; ReliX Unicem, 3M ESPE, StPaul MN, ABD) materyalleri kullanıldı. Bu siman materyallerinin her bir renk grubu için 10'ar toplamda ise 140 adet örnek elde edildi. Her siman materyali için örnekler üretici talimatlarına uygun olarak 0,2 mm kalınlığında hazırlandı (Vichi ve ark., 2000; Uzun ve Keyf, 2007; Chang ve ark., 2009; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Bu tez çalışmasında kullanılan materyaller, üretici firmaları, materyallerin tipi ve renk özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal	Marka	Üretici Firma	Materyal Tipi	Renk
Tam Seramik Materyali	IPS e.max Press	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Linkenştayn	Lityum disilikat ($\text{Li}_2\text{O}_2\text{SiO}_2$) içeren alt yapı seramiği	A ₂ (orta opasite alt yapı)
	IPS e.max Ceram		Nano- florapatit tabakalama seramiği	Bleach (yüksek transludent alt yapı)
	In Ceram Alumina	Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya	Alüminyum oksit (Al_2O_3) içeren alt yapı seramiği	A ₂
	VITA VMK7/VMK9		Potasyum ortoklas(KAISi_3O_8)/ Sodyum bikarbonat feltspar (NaAISi_3O) içeren tapakalama seramiği	A ₂
	Zirkonzahn	ICE Zirkon, ZirkonZahn, Bruneck, İtalya	Yitriyum ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonyum polikristali (Y- TZP) içeren alt yapı seramiği	A ₂
Yapıştırma Siman Materyali	Ketac Cem Radiopaque	3M ESPE AG, Seefeld, Almanya	Cam iyonomer siman	Universal (A ₂)
	Ketac Cem Plus		Rezin modifiye cam iyonomer siman	Universal (A ₂)
	Maxcem Elite	Kerr Hawe, Salerno, İtalya	Dual-cure self-etch, self adezive rezin siman	Universal (A ₂)
				Transludent Beyaz opak
	Clearfil Esthetic Cement,	Kuraray Medical Inc, Okayama, Japonya	Dual-cure self-etch, self adezive rezin siman	Universal (A ₂)
				Transludent Beyaz opak
	Variolink II	Ivoclar Vivadent AG,Schaan Linkenştayn	Dual-cure rezin siman	Universal (A ₃)
	Transludent Beyaz opak			
RelyX Unicem	3M ESPE, StPaul MN, ABD	Dual-cure, self-etch, self adeziv rezin siman	Universal (A ₂)	
			Transludent Beyaz opak	
Kırılma İndisi Materyali	Cargille Optical Gel	Cargille Lab, Cedar Grove, NJ, ABD	Kırılma indisi solüsyonu (n=1,52)	Renksiz

Bu tez çalışmasında, renk ölçümlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla bir spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) kullanıldı. İlk spektrofotometrik ölçümler, tam seramik örneklerin altına siman örnekler bağlanmadan önce gerçekleştirilerek veriler kaydedildi. Daha sonra ise bir tam seramik grubuna ait örneklerin (n=10) glazeli veneer yüzeyleri üstte olacak şekilde alt yüzeyine 1,52 kırılma indeksli optik sıvı sürülerek, bir siman grubuna ait örnekler (n=10) ile geçici optik bağlantısı sağlandı. Tüm seramik grupların altına, tüm siman gruplarına ait tüm renklerdeki örnekler aynı şekilde bağlanarak ikinci renk ölçümleri gerçekleştirildi. (Uzun ve Keyf, 2007; Kucukesmen ve ark., 2008; Ahn ve Lee, 2008; Chang ve ark., 2009; Omar ve ark., 2010).

3.1 Tam Seramik Örneklerin Elde Edilmesi

3.1.1 IPS e.max Press örneklerin hazırlanması

Bu tez çalışmasında kullanılacak tam seramik örneklerin alt yapılarının çap ve kalınlıklarının standardize edilebilmesi amacıyla; üzerinde 0,1 mm' den 1 mm' ye kadar değişik derinliklerde ve 11 mm çapında dairesel yuvalar bulunan bir teflon kalıp hazırlandı (Şekil 3.1.1). IPS e.max alt yapılarının 0,8 mm kalınlıkta hazırlanabilmesi için, bu kalıptaki uygun yuvaya lak sürülerek (Acry Film, Ruthinium Group, Badia Polesine, İtalya) izole edildikten sonra, içerisine orta sertlikte modelaj mumu (Crown wax 40107, Bego, Bremen, Almanya) eritilerek hava kabarcığı kalmayacak şekilde döküldü. Teflon kalıp ikiye ayrılarak mum örnek dikkatlice yuvadan çıkartıldı. IPS e.max orta opasite (mo) ve yüksek translusent (ht) alt yapı materyalleri için 10'ar adet mum örnek hazırlandı (Uzun ve Keyf, 2007) (Şekil 3.1.2).

Mum örnekler için, üretici firmanın talimatları doğrultusunda, mum ağırlığına uygun boyutlarda manşet ve tabletlerin seçimi gerçekleştirildi (Tablo3.1.1). Hazırlanan mum örnekler üretici talimatlarına göre tij mumu (Wax Wire for Sprues, Bego, Bremen, Almanya) ile yatay düzlemde 45-60° açı yapacak şekilde tijlenerek 100 gr'lık özel silikon manşetlere yerleştirildi (Şekil 3.1.3) (Ivoclar Scientific Document, 2005).

Tablo 3.1.1 Mum ağırlıklarına göre manşet ve tablet sistemleri

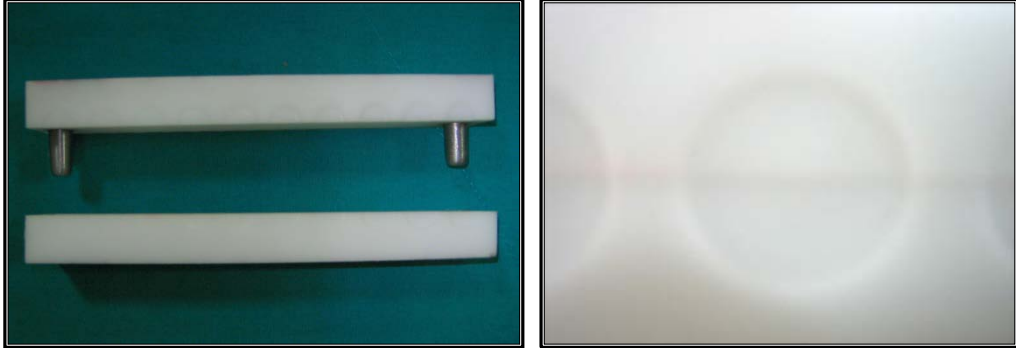
	Küçük tablet	Büyük tablet
Mum ağırlığı	0,75 gr'a kadar	2,0 gr'a kadar
Manşet sistemi	100 ve 200 gr	200 gr

Mum örneklerin manşete alınması için; revetman tozu ve likidi (IPS Press Vest Speed Investment), 27 ml revetman sıvısı 11 ml distile su ile seyreltilip 100 gr revetman tozu ile vakum altında 60 saniye boyunca karıştırma makinesinde (Smartmix, Aman Girrbach AG, Österreich, Almanya) karıştırıldı. Revetman, içerisinde hava kalmaması için vibrasyon aleti üzerinde silikon manşete döküldü ve 30 saniye kadar bekletildikten sonra manşet kapağı yerleştirildi. Revetman, sertleşme işlemi tamamlanıncaya kadar 1 saat oda ısısında bekletildi (Ivoclar Scientific Document, 2005; Jalalı ve ark., 2010).

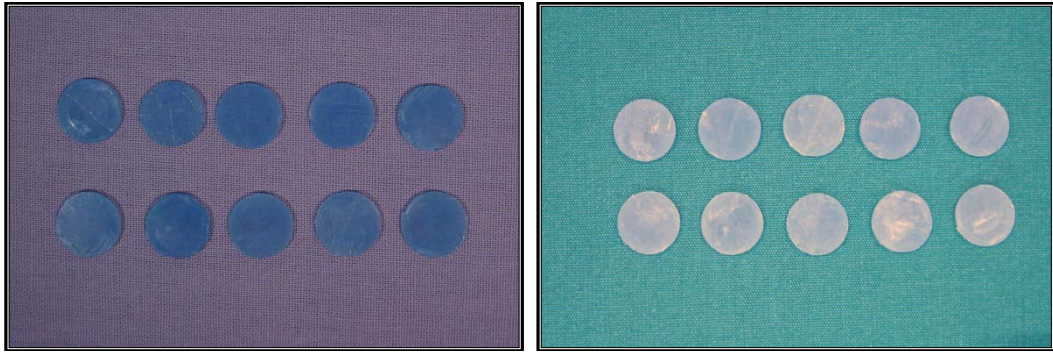
Revetmanın sertleşmesinin ardından, manşetin üst, alt kapakları ve silikon manşet dikkatlice çevrilerek çıkarıldı ve manşet mum uçurma işlemi için önceden 850°C'de ısıtılmış olan ön ısıtma fırınına (Vita Vacumat 300, Vita Zahnfabrik, Almanya) 45° açıyla yerleştirildi (Şekil 3.1.4). Manşet fırında 60 dakika bekletildikten sonra, orta opasite veya yüksek translusent seramik ingot (IPS e-max Press Ingot) ve alüminyum oksit itici piston (IPS Alox Plunger) presleme işlemi için manşete yerleştirildi (Şekil 3.1.5) Presleme işlemi esnasında, itici pistonun ingotlara yapışmasının engellenmesi için piston yüzeyi bir izolasyon materyali (IPS Alox Plunger) ile izole edildi. Seramik ingot ve itici pistonu yerleştirilen manjet, presleme işlemi için presleme fırınına (Ivoclar EP 600 Combi) yerleştirildi ve üretici talimatlarına uygun olarak 700-924°C'de 25 dakikada preslendi (Şekil 3.1.6). Presleme işleminin ardından fırından çıkartılarak oda ısısında 60 dakika soğumaya bırakılan manşet içerisindeki alüminyum oksit itici pistonun yeri işaretlenerek bir separe yardımıyla çıkartıldı (Şekil 3.1.7). Örneklerin etrafındaki revetman kalıntıları ise, 4 ve 2 bar basınç altında 50 ve 110 µm'lik alüminyum oksit kumu (Korox 110, Bego, Bremen, Almanya) ile kumlanarak uzaklaştırıldı (Şekil 3.1.8). Seramik diskler ince bir elmas separe ile basınçsız ve düşük devirde tijlerinden ayrılarak buhar makinesinde (Bego Triton SLA, Almanya) temizlendi (Şekil 3.1.9) (Ivoclar Scientific Document, 2005; Jalalı ve ark., 2010).

Seramik örneklerin bir yüzeyi zımpara cihazında (Phoenix Beta, Buehler, Illinois, ABD) sırasıyla 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımpara diskleri kullanılarak 100 devir/dak'da, 15'er saniye boyunca su soğutması altında aşındırıldı ve parlatıldı (Şekil 3.1.10). Örneklerin kalınlıkları bir dijital kumpas (Digimatic Caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) ile 3 ayrı noktadan ölçülerek 0,8 mm olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.1.11). Daha sonra tüm örnekler distile su içeren ultrasonik temizleme cihazında (Eurosonic

Energy, Euronda, Italya) 3 dk süreyle temizlendi (Jalalı ve ark., 2010; Xing ve ark., 2011).



Şekil 3.1.1 Tam seramik alt yapı örnekler için hazırlanan teflon kalıp



Şekil 3.1.2 IPS e.max tam seramik alt yapı örnekler için hazırlanan mum örnekler



Şekil 3.1.3 Mum örneklerin tijenerek IPS silikon halka ve manşete alınması



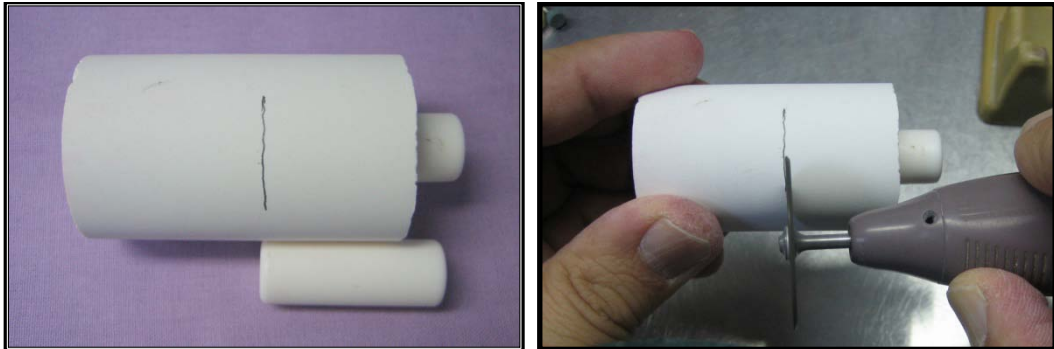
Şekil 3.1.4 Manşetin ön ısıtma fırınındaki duruşu



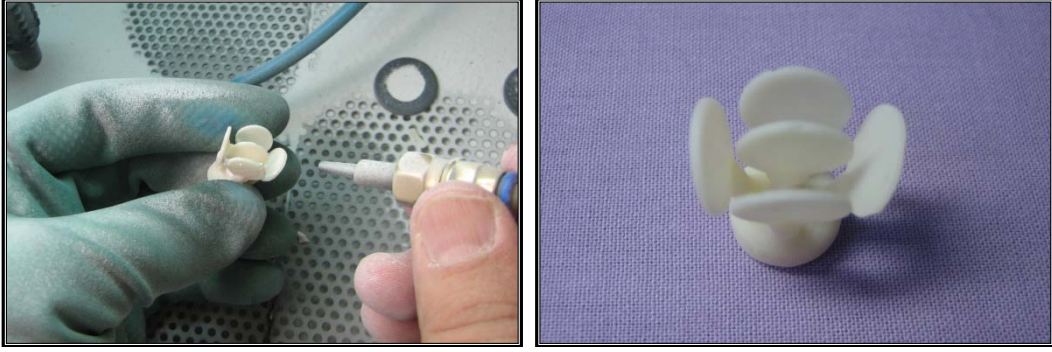
Şekil 3.1.5 Seramik ingot ve itici pistonun manşete yerleştirilmesi



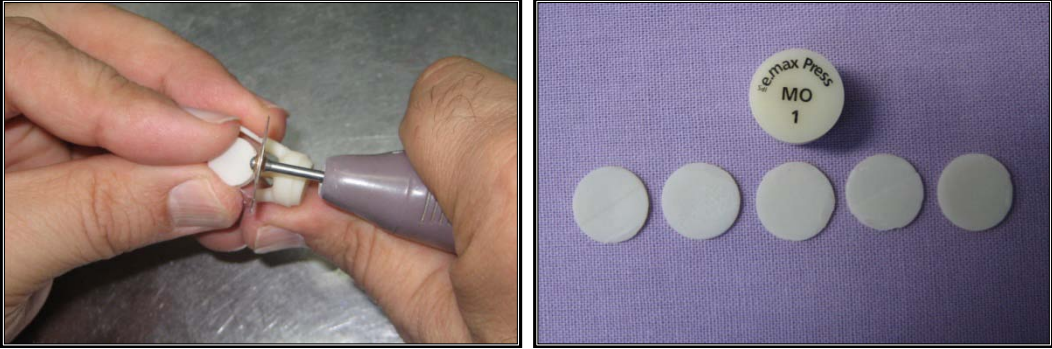
Şekil 3.1.6 IPS EP 600 Presleme fırını ve presleme programı



Şekil 3.1.7 İtici pistonun yerinin işaretlenerek separe ile revetmandan ayrılması



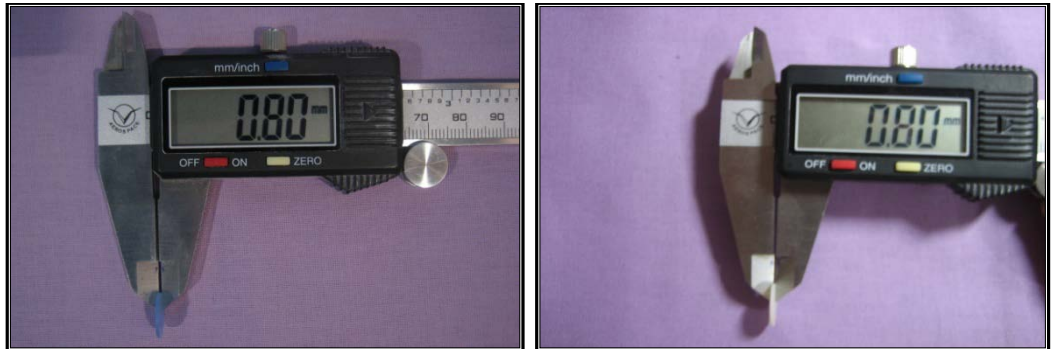
Şekil 3.1.8 Seramik örneklerin etrafındaki revetmanın kumlama ile uzaklaştırılması



Şekil 3.1.9 Örneklerin tijlerinin separe ile kesilerek uzaklaştırılması



Şekil 3.1.10 Örnek yüzeylerinin su soğutması altında zımparalama cihazında düzeltilmesi



Şekil 3.1.11 Mum ve alt yapının kalınlıklarının ölçülmesi

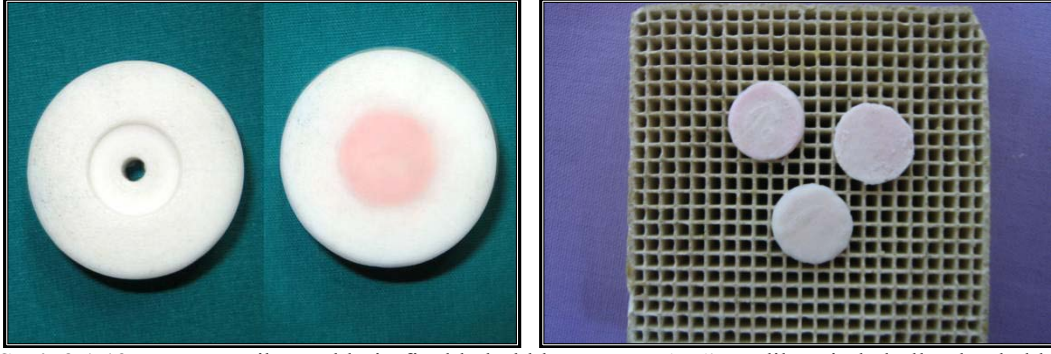
Seramik alt yapı örneklerinin zımparalanmayan yüzeylerine VITA Klasik renk skalasında (Vita Zahnfabrik, Sackingen, Almanya) yer alan A₂ renginde nano-flor apatit tabakalama seramiği (IPS e.max Ceram) yığıldı. Örneklerin final kalınlıklarının 1,5 mm olarak ayarlanabilmesi için, 11 mm çap ve 1,5 mm derinliğinde bir dairesel yuvaya sahip teflon kalıp hazırlandı. Kalıbın ortasında örneğin rahatça yukarı doğru itilerek çıkarılmasını sağlayacak 3 mm çapında bir yuva daha bulunmaktadır. Kalıp içerisine zımparalanmayan yüzeyi üstte olacak şekilde yerleştirilen alt yapı seramiğinin üzerine tabakalama seramiği, kalıptaki yuvanın tepesine kadar kondanse edilerek dolduruldu, fazla suyun uzaklaştırılması için titreştirme ve kâğıtla emdirme işlemleri uygulandı. Örnekler dikkatlice kalıptan çıkartılarak pişirme işlemine geçildi (Şekil 3.1.12). Pişirme işlemi Tablo 3.1.2’de belirtilen programda porselen fırınında (Programat P 90, Ivoclar Vivadent, Schaan, Linkenştayn) gerçekleştirildi. Fırından çıkartılan ve soğuyan örneklerin yüzeyleri kontrol edilip, elmas porselen freziyle gerekli aşındırmalar ve düzeltmeler yapıldı. Ardından örneklerin veneerli yüzeylerine, üretici talimatlarına uygun olarak hazırlanan glaze materyali (IPS e-max Ceram Glaze Paste/Powder) sürülerek Tablo 3.1.3’de belirtilen programda porselen fırınında glaze işlemi gerçekleştirildi (Şekil 3.1.13). Glaze işleminden çıkartılan örnekler dikkatlice incelenerek; renkleri spektrofotometrik ölçüm sonucu A₂ renkte ve kalınlıkları ise dijital kumpasla 3 ayrı noktadan ölçülerek 1,5 ± 0,05 mm olarak ayarlandı. Bu işlemlerin ardından A₂ renginde, 1,5 mm kalınlık ve 11 mm çapında; 10 adet orta opasite alt yapıya ve 10 adet yüksek translusent alt yapıya sahip IPS e.max Press örnekler hazırlandı (Şekil 3.1.14).

Tablo 3.1.2 IPS e-max Ceram pişirme tekniği

	B C°/F° dak	S dak	t C°/F° dak	T C°/F°	H dak	V₁ C°/F°	V₂ C°/F° dak
Pişirme karakteri	403/757	6:00	60/108	770/1418	1:00	450/842	769/1416

Tablo 3.1.3 IPS e-max Ceram glaze tekniği

	B C°/F° dak	S dak	t C°/F° dak	T C°/F°	H dak	V₁ C°/F°	V₂ C°/F° dak
Pişirme karakteri	403/757	6:00	60/108	770/1418	1:00-2:00	450/842	769/1416



Şekil 3.1.12 Tam seramik örneklerin final kalınlıklarının standardize edilmesinde kullanılan kalıbın içine yerleştirilen alt yapı seramiklerin üzerine, IPS e.max Ceram tabakalama seramiğinin yığılması ve örneklerin kalıptan çıkarılarak fırınlanmak üzere taşıyıcıya koyulması



Şekil 3.1.13 IPS e-max Ceram tabakalama seramiği koyularak fırınlanan örnekler, glaze materyalinin uygulanması



Şekil 3.1.14 Tüm IPS e-max örnekler ve kalınlıklarının kontrol edilmesi

3.1.2 In Ceram Alumina örneklerin hazırlanması

In Ceram Alumina alt yapılarının 0,5 mm kalınlıkta hazırlanabilmesi için, tam seramik örneklerin alt yapılarının çap ve kalınlıklarının standardize edilebilmesi amacıyla hazırlanan teflon kalıp kullanıldı. Kalıptaki uygun yuvaya lak sürülerek izole edildikten sonra; içerisine üretici talimatlarına uygun olarak hazırlanan patern rezin (Pattern Resin, GC America Inc, Illinois, ABD) materyali bir enjektör içerisine doldurulup, hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirildi. Patern rezinin 2-3 dakikalık sertleşme süresinin ardından, teflon kalıp ikiye ayrılarak, patern rezin örnek dikkatlice yuvadan çıkartıldı. In Ceram Alumina tam seramik materyali için 10 adet patern rezin örnek hazırlandı (Şekil 3.1.15).

Hazırlanan patern rezin örnek yüzeylerine 4 kat (ortalama 60µm) kalınlığında day spacer (VITA In Ceram interspace varnish) sürülerek, her katta 5 dakika kuruma için bekletildi. Daha sonra patern rezin örnekler 3'erli gruplar halinde; 20 g toz/ 4.6 ml distile su oranında 20 saniyede vakum altında karıştırılarak hazırlanan özel revetman materyali (VITA In Ceram Special Plaster) kullanılarak revetmana alındı. Patern rezin örnekler revetman kalıba alma işleminin sağlanması için, örnekler bir silikon kalıbın içerisine bir yüzeyleri açıkta olacak şekilde konumlandırıldı. Daha sonra ise silikon kalıba revetmen materyali, hava kabarcığı kalmaması için vibrasyon aleti üzerinde döküldü ve 2 saat sertleşmesi için bekletildi (Şekil 3.1.16). Patern rezin örneklerin revetman modelden çıkartılması, örneklerin hafif bek alevinde ısıtılarak modelden artık bırakmayacak şekilde uzaklaştırılması ile gerçekleştirildi (Şekil 3.1.17) (VITA Scientific Document, 2005).

Slipin hazırlanması işlemi; 38 gr VITA In Ceram Alumina tozunun içerisine 1 ampül karıştırma sıvısı ve 1 damla VITA In Ceram Alumina Additive'in bir beher kabı içerisinde, tozun 3 defada tatbik edilmesi şeklinde yavaş yavaş bir vibratör üzerinde karıştırıldı. Ardından beher kabı, asıl karıştırma işlemi için 2 dakika boyunca Vitasonic II ultrasonik karıştırıcıya yerleştirildi. Karıştırma işlemi ardından, beher kabı üzerine özel tıpası yerleştirilerek vibratör üzerinde slipin 1 dakika boyunca havası alındı. Daha sonra slip materyali, yine vibratör üzerinde kapalı bir plastik kaba nakledildi (VITA Scientific Document, 2005).

Slip materyali revetman modeldeki boşluklara hava kabarcığı kalmayacak şekilde yığılarak doldurulup düzeltildikten sonra sinterleme işlemine geçildi. Sinterleme

prosedürü Tablo 3.1.4’de belirtildiği şekilde VITA Inceramat fırınında gerçekleştirildi. Bu prosedür sonrasında tüm örnekler; herhangi bir kırık oluşup oluşmadığına dair VITA In Ceram test sıvısında kontrol edildi ve kırık oluşan örnekler yenilendi.

Sinterlenen örnekler kontrol edilip, basınçsız olarak düşük devirde ince grenli elmas disk ve separeler ile gerekli düzeltmeleri yapıldıktan sonra VITA In Ceram cam tozu uygulanarak, cam infiltrasyonu aşamasına geçildi (Şekil 3.1.18). Örneklerin bir yüzeyleri açıkta kalacak şekilde 1-2 mm kalınlığında, distile suyla seyreltilmiş cam tozu uygulandı. Daha sonra örnekler, alüminyum folyo üzerine cam tozu uygulanmayan yüzeyleri sinterli yapı içindeki hava çıkışına izin verecek şekilde üstte olacak şekilde VITA Inceramat fırınına yerleştirildi. Cam infiltrasyonu prosedürü Tablo 3.1.5’de belirtildiği şekilde gerçekleştirildi. Bu prosedür sonrasında tüm örnekler; herhangi bir kırık oluşup oluşmadığına dair VITA In Ceram test sıvısında kontrol edildi ve kırık oluşan örnekler yenilendi (VITA Scientific Document, 2005; Koutayas ve Charisis, 2008; Li ve ark., 2009).

Tablo 3.1.4 VITA In-Ceram Alumina sinterleme prosedürü

I. Zaman s:dk	II.Zaman s:dk	III.Zaman s:dk	IV.Zaman s:dk	I.Isı Ortalama C°	II.Isı Ortalama C°
6:00	0:00	2:00	2:00	120	1120

Tablo 3.1.5 VITA In-Ceram Alumina cam imfiltrasyonu prosedürü

I.Zaman s:dk	II.Zaman s:dk	III.Zaman s:dk	IV.Zaman s:dk	I.Isı Ortalama C°	II.Isı Ortalama C°
0:00	0:00	0:30	2:00	200	1110

Örnek yüzeylerindeki fazla cam partikülleri önce ısı oluşturmadan, iri grenli elmas disk ve separeler ile ve daha sonra da, 3 bar basınç altında 30 ve 50 µm’lik alüminyum oksit kumu kullanılarak uzaklaştırıldı. Daha sonra seramik örneklerin bir yüzeyi zımpara cihazında sırasıyla 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımpara diskleri kullanılarak 100 devir/dak’da, 15’er saniye boyunca su soğutması altında aşındırıldı ve parlatıldı. Ardından kalınlıkları bir dijital kumpas ile 3 ayrı noktadan ölçülerek 0,5 mm olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.1.19). Daha sonra tüm örnekler distile su içeren ultrasonik temizleme cihazında 3 dk süreyle temizlendi.

Seramik alt yapı örneklerinin zımparalanmayan yüzeylerine A₂ renginde tabakalama seramiği (VITA VMK7) yığıldı. Örneklerin final kalınlıklarının 1,5 mm olarak standardize edilmesi için; hazırlanan teflon kalıp içerisine, zımparalanmayan yüzeyi üstte olacak şekilde yerleştirilen alt yapı seramiğinin üzerine tabakalama seramiği, kalıptaki yuvanın tepesine kadar kondanse edilerek dolduruldu, fazla suyun uzaklaştırılması için titreştirme ve kâğıtla emdirme işlemleri uygulandı. Örnekler dikkatlice kalıptan çıkartılarak pişirme işlemine geçildi. Pişirme işlemi Tablo 3.1.6’da ve 3.1.7’de belirtilen programda porselen fırınında (VITA Vacumat) gerçekleştirildi. Fırından çıkartılan ve soğuyan örneklerin yüzeyleri kontrol edilip, elmas porselen freziyle gerekli aşındırmalar ve düzeltmeler yapıldı. Ardından örneklerin veneerli yüzeylerine, üretici talimatlarına uygun olarak hazırlanan glaze materyali (VITA In Ceram Glaze Powder/Liquid) sürülerek Tablo 3.1.8’de belirtilen programda, porselen fırınında glaze işlemi gerçekleştirildi. Glaze işleminden çıkartılan örnekler, dikkatlice incelenerek, renkleri spektrofotometrik ölçüm sonucu A₂ renk ve kalınlıkları dijital kumpasla 3 ayrı noktadan ölçülerek 1,5 ± 0,05 mm olarak ayarlandı. Bu işlemlerin ardından, A₂ renginde, 1,5 mm kalınlık ve 11 mm çapında; 10 adet VITA In Ceram Alumina örnek hazırlandı (Şekil 3.1.20).

Tablo 3.1.6 VITA VMK7 Pişirme tekniği (1. dentin fırınlama)

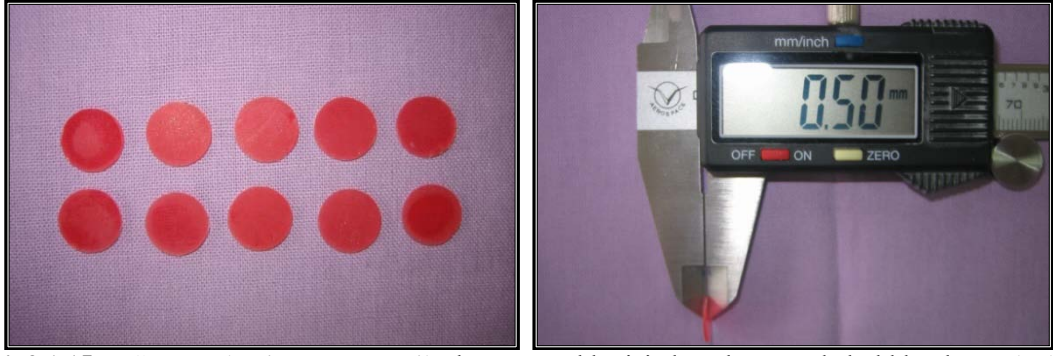
	Predr. C°	→ dak	↗ dak	↗ C°/dak	Ort. C°	→ dak	VAC dak
Pişirme karakteri	500	6:00	7.49	55	930	1:00	7.49

Tablo 3.1.7 VITA VMK7 Pişirme tekniği (2. dentin fırınlama)

	Predr. C°	→ dak	↗ dak	↗ C°/dak	Ort. C°	→ dak	VAC dak
Pişirme karakteri	500	6:00	7.38	55	920	1:00	7.38

Tablo 3.1.8 VITA In-Ceram glaze tekniği

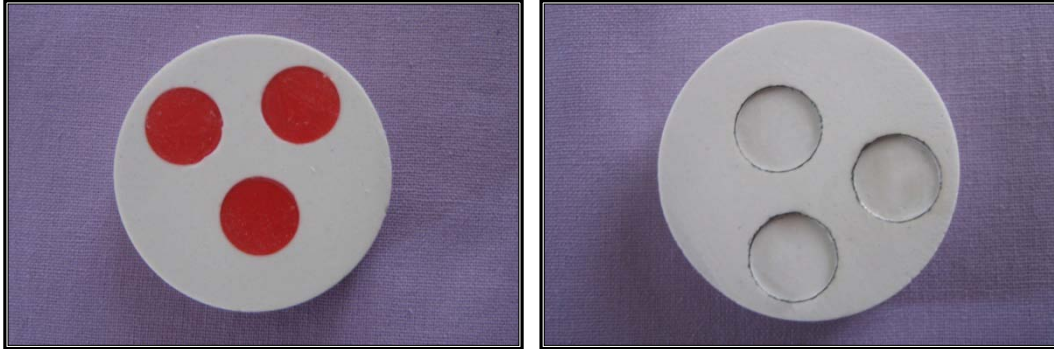
	Predr. C°	→ dak	↗ dak	↗ C°/dak	Ort. C°	→ dak	VAC dak
Pişirme karakteri	500	0:00	5.15	80	920	1:00	-



Şekil 3.1.15 In Ceram Alumina tam seramik alt yapı örnekler için hazırlanan ve kalınlıkları kontrol edilen patern rezin örnekler



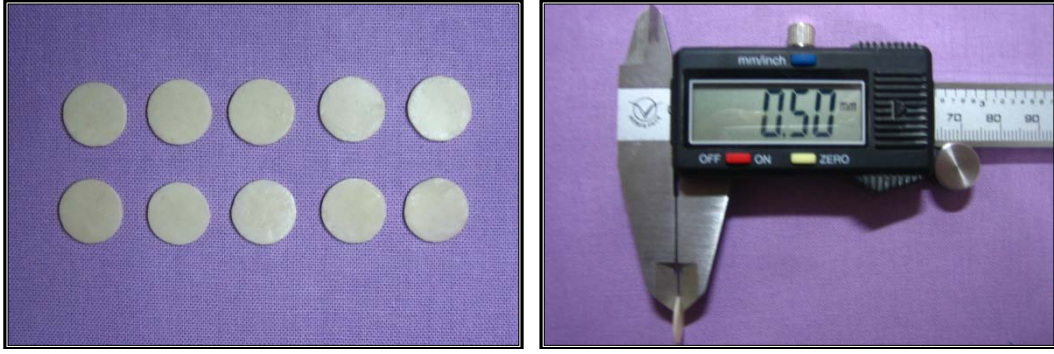
Şekil 3.1.16 Patern rezin örneklerin VITA In Ceram revetman kalıba alınması



Şekil 3.1.17 Revetman kalıptaki patern rezinlerin uzaklaştırılması



Şekil 3.1.18 Slibin, revetman model üzerinde uygulanması ve sinterlenmesinin ardından, sinterlenmiş örneklerle cam infiltrasyon işlemi uygulandı



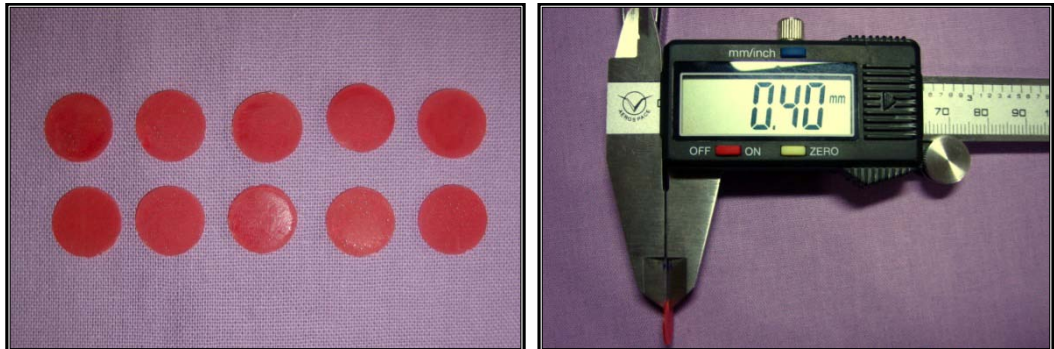
Şekil 3.1.19 VITA In Ceram Alumina alt yapı örnekler ve kalınlıklarının kontrol edilmesi



Şekil 3.1.20 VITA In Ceram Alumina tam seramik örnekler ve kalınlıklarının kontrol edilmesi

3.1.3 Zirkonyum örneklerin hazırlanması

Y-TZP zirkonyum seramik alt yapıların 0,4 mm kalınlıkta hazırlanabilmesi için, tam seramik örneklerin alt yapılarının çap ve kalınlıklarının standardize edilebilmesi amacıyla hazırlanan teflon kalıp kullanıldı. Kalıptaki uygun yuvaya lak sürülerek izole edildikten sonra; içerisine üretici talimatlarına uygun olarak hazırlanan patern rezin materyali bir enjektör içerisine doldurulup, hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirildi. Patern rezinin 2-3 dakikalık sertleşme süresinin ardından, teflon kalıp ikiye ayrılarak, patern rezin örnek dikkatlice yuvadan çıkartıldı. Zirkonyum (zi) tam seramik materyali için 10 adet patern rezin örnek hazırlandı (Şekil 3.1.21).



Şekil 3.1.21 Zirkonyum tam seramik alt yapı örnekler için hazırlanan ve kalınlıkları kontrol edilen patern rezin örnekler

Hazırlanan 10 adet patern rezin disk, MAD-MAM (manuel aided design-manuel aided manufacturing) prensibi ile çalışan Zirkograph 025 ECO (Zirkonzahn, Gais, Italya) aşındırma cihazının tarayıcı tablasına, düzgün aralıklarda siyanoakrilat yapıştırıcıyla yerleştirildi (Şekil 3.1.22). Cihazın aşındırma tablasına uygun kalınlık ve büyüklükte (52x25x16 mm) yarı sinterlenmiş Y-TZP zirkonyum bloğu (Y_2O_3 %3 mol) (ICE Zirkon, Zirkonzahn, GmbH, Italya) yerleştirilerek, kazıma yöntemiyle yarı sinterlenmiş zirkonyum örnekler elde edildi (Şekil 3.1.23). Bloktan tek tek dikkatlice çıkartılan yarı sinterlenmiş örnekler ince grenli elmas frez ve separeler ile düzeltildikten sonra örnekler (Şekil 3.1.24) A_2 rengindeki renk solüsyonu uygulanarak 5 saniye bekledi ve daha sonra taşıyıcı üzerine yerleştirilerek 1 saat boyunca kızılötesi lambanın altında renklendirme işlemi uygulandı (Şekil 3.1.25) (Zirkonzahn Scientific Document, 2009).

Renklendirme işleminin ardından, örnekler sinterleme fırınına (Zirkonofen 600) yerleştirilerek, üretici talimatlarına uygun olarak; 20 C°'den 1500 C°'ye kadar 3 saat, 1500 C°'de 2 saat, toplam 5 saat boyunca sinterlendi (Şekil 3.1.26) (Zirkonzahn Scientific Document, 2009). Sinterleme fırınından çıkartılan örnekler soğuduktan sonra incelendi, örneklerin bir yüzeyi zımpara cihazında sırasıyla 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik zımpara diskleri kullanılarak 100 devir/dak'da 15'er saniye boyunca su soğutması altında aşındırıldı ve parlatıldı. Kalınlıkları bir dijital kumpas ile 3 ayrı noktadan ölçülerek 0,4 mm olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.1.27). Daha sonra tüm örnekler distile su içeren ultrasonik temizleme cihazında 3 dk süreyle temizlendi.

Seramik at yapı örneklerininin zımparalanmayan yüzeylerine A_2 renginde tabakalama seramiği (VITA VMK9) yığıldı. Tabakalama seramiği ve glaze uygulama prosedürleri; VITA In-Ceram Alumina örneklerin tabakalama seramiği ve glaze uygulama prosedürüyle aynı şekilde gerçekleştirildi. Bu işlemlerin ardından A_2 renginde, 1,5 mm kalınlık ve 11 mm çapında; 10 adet Zirkonyum örnek hazırlanmış olundu (Şekil 3.1.28-3.1.29).



Şekil 3.1.22 Zirkograph 025 ECO cihazına bağlanan ICE Zirkon blok ve patren rezin örnekler



Şekil 3.1.23 Yarı sinterlenmiş örneklerin kazıma yöntemiyle elde edilmesi



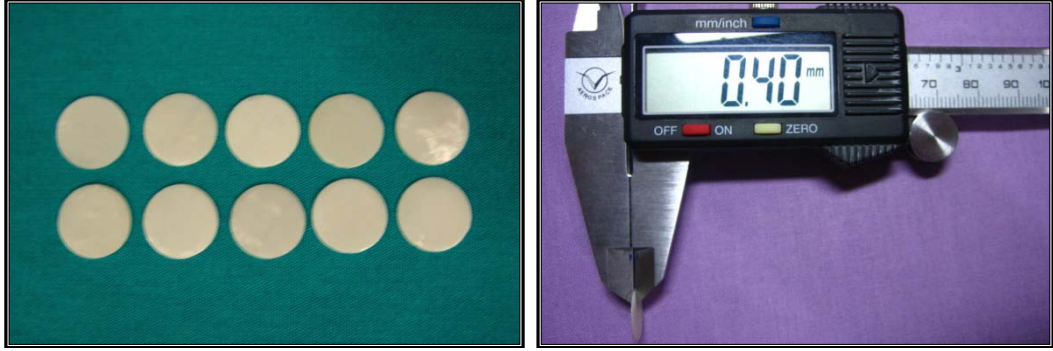
Şekil 3.1.24 Örneklerin dikkatlice bloktan çıkartılması ve kontrol edilmesi



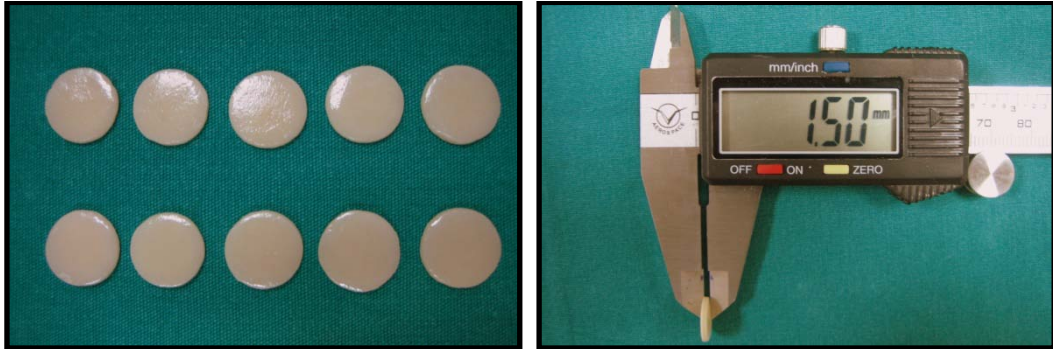
Şekil 3.1.25 Örneklerle renk solüsyonu uygulanarak, kızılötesi lambada renklendirme işlemi yapılması



Şekil 3.1.26 Örneklerin sinterleme fırınına yerleştirilerek sinterlenmesi



Şekil 3.1.27 Zirkonyum alt yapı örnekler ve kalınlıklarının kontrol edilmesi



Şekil 3.1.28 Zirkonyum tam seramik örnekler ve kalınlıklarının kontrol edilmesi

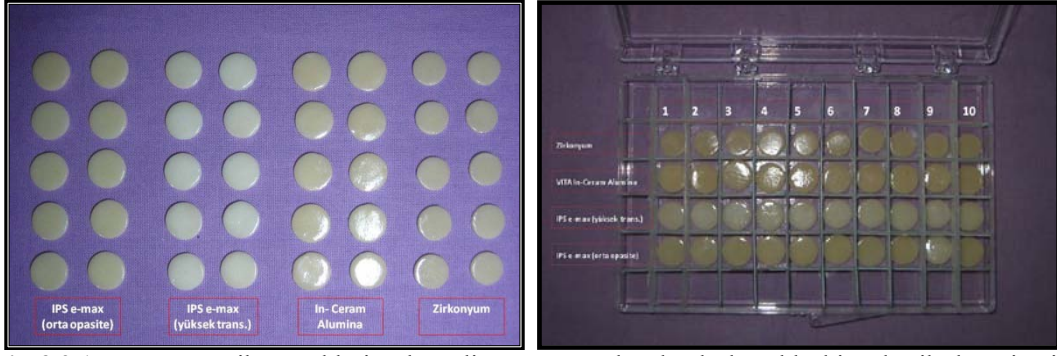


Şekil 3.1.29 Bir zirkonyum tam seramik örnek kesiti

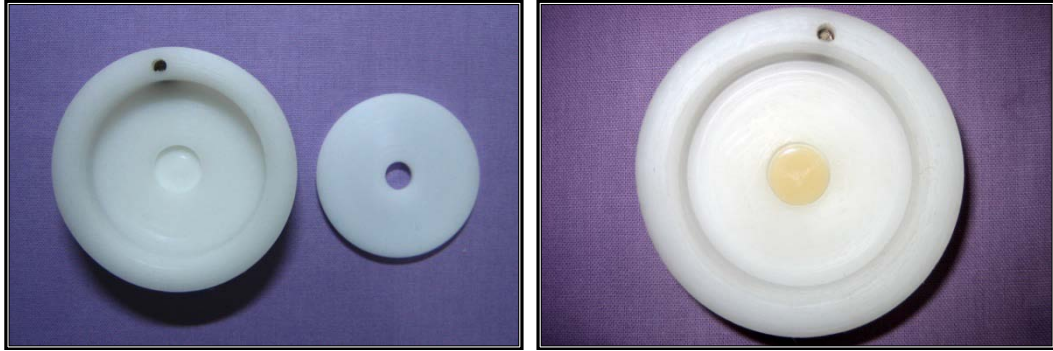
3.2 Tam Seramik Örneklerin İlk Renk Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

Tüm tam seramik örneklerin hazırlanmasının ardından, örnekler düzenli ve numaralı olarak kapaklı bir plastik kap içerisine yerleştirildi (Şekil 3.2.1). Örneklerin renk ölçümleri, bir spektrofotometre cihazı olan VITA Easyshade kullanılarak gerçekleştirildi. VITA Easyshade; 6500°K renk ısısına sahip ışık kaynağı, içerisinde aydınlatıcı ve üç farklı alıcı olmak üzere 19 adet fiber uçtan oluşan 5 mm çapında bir fiber başlık ve geri yansıtılarak alıcı tarafından toplanan ışığın yoğunluğunu dalga boyu cinsinden hesaplayan bir spektrofotometreden oluşur. Fiber başlığın algılama açısı 2° ve algıladığı dalga boyları 425-700 nm arasındadır. Her renk ölçümü prosedüründen önce cihaz, üretici talimatlarına uygun olarak şarj aparatının üzerinde bulunan kalibrasyon tablası kullanılarak kalibre edildi (Kücükesmen ve ark., 2008; Koutayas ve Charisis, 2008; Vita Equipment Product Compendium, 2008; Omar ve ark., 2010).

Örnekler, saklama kabındaki sıralarına göre tek tek alınarak, renk ölçümleri esnasında örneklerin ve spektrofotometrenin optik ucunun sabit olarak konumlandırılmasını sağlayacak olan, poliasetat kalıba veneerli yüzleri yukarıda olacak şekilde yerleştirildi. Bu kalıp iki parçadan oluşmakta ve birinci parçada, ortasında örneklerin yerleştirilebileceği 11 mm çap ve 2 mm derinlikte bir boşluk bulunmaktadır. Kalıbın diğer parçası ise, ilk parçadaki boşluğun merkeziyle çakışan 6,5 mm çap ve 4 mm kalınlığında bir başka boşluk içeren bir poliasetat diskten oluşmakta olup spektrofotometrenin örneklerin merkezinde konumlandırılmasını sağlamaktadır (Şekil 3.2.2). Ayrıca kalıbın ilk parçasındaki boşluğun arka poliasetat yüzeyi, ölçümlerin standart beyaz arka plan kullanılarak yapılmasını sağlamaktadır. Her örneğin merkezinden yapılan ölçümler üç kez tekrarlanarak CIE Lab renk sistemi kullanılarak kaydedildi (Şekil 3.2.3). Her örnek için üç kez tekrarlanan ölçümlerin ortalamaları; L_0^* , a_0^* ve b_0^* değerleri olarak kaydedildi (Kücükesmen ve ark., 2008; Koutayas ve Charisis, 2008; Omar ve ark., 2010).



Şekil 3.2.1 Tam seramik örneklerin düzenli ve numaralı olarak kapaklı bir plastik kap içerisine yerleştirilmesi



Şekil 3.2.2 Poliasetat kalıbın parçaları ve seramik örneğin kalıbın birinci parçasına yerleştirilmesi



Şekil 3.2.3 Poliasetat kalıbın konumlandırıcı parçasının yerleştirilip renk ölçümünün gerçekleştirilmesi

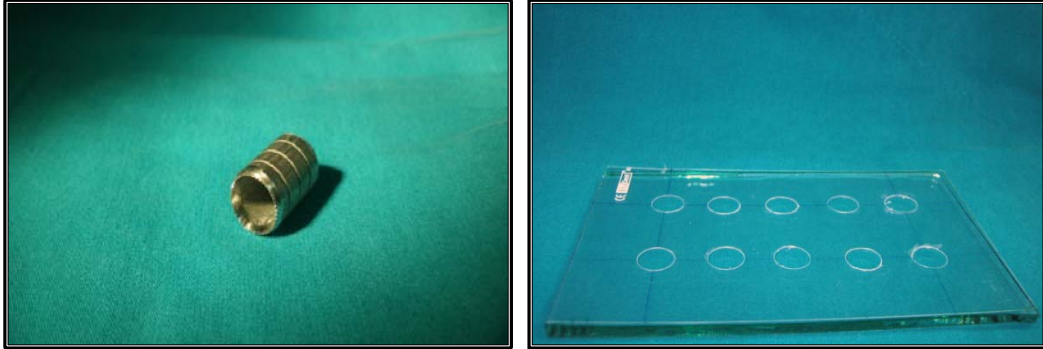
3.3 Siman Örneklerin Elde Edilmesi

3.3.1 Cam İyonomer Siman Örneklerin Hazırlanması

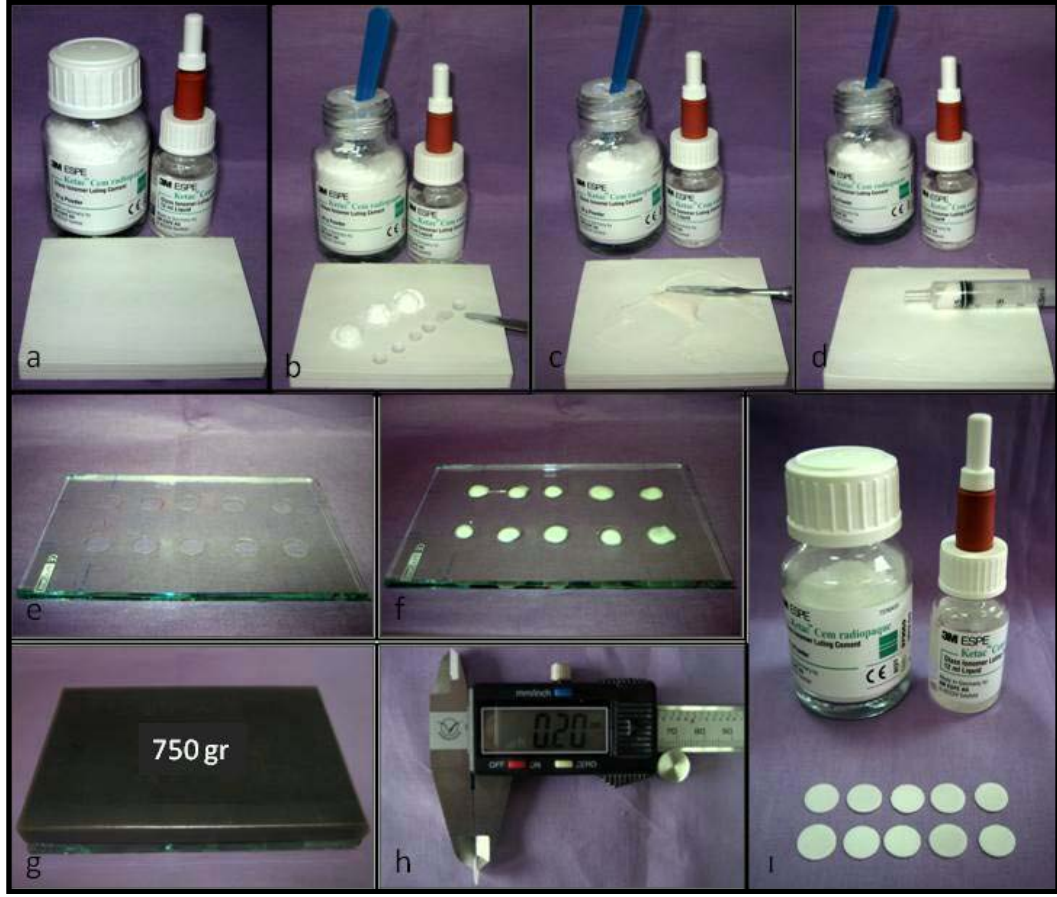
Tam seramik disklerin altına uygulanacak olan siman örneklerin kalınlık ve çaplarının standardize edilebilmesi amacıyla; 11 mm çapında, paslanmaz çelikten yapılmış bir panç hazırlandı. Bu panç yardımıyla 0,2 mm kalınlığındaki naylon levha üzerinde 11 mm çapında daireler oluşturuldu (Hekimoglu ve ark., 2000; Uzun ve Keyf, 2007; Xing ve ark., 2011; Ota ve ark., 2011) (Şekil 3.3.1).

Cam iyonomer siman örneklerin (CIS) hazırlanmasında, universal (A₂) renkte Ketac Cem Radiopaque yapıştırma simanı kullanıldı. Siman; %80-90 su ve %10-20 tartarik asitten oluşan likit, %80-85 aluminosilikat cam ve %10-20 polietilen polikarbonik asitten oluşan tozdan oluşmaktadır.

Örneklerin hazırlanması için, 2 damla likit ve özel kaşığıyla 1 silme kaşık toz oranında, yeteri miktarda materyal karıştırma kağıdına konuldu. 30 saniye boyunca, metal spatül ile homojen olarak karıştırıldı. Karışımda fazla hava kabarcığı oluşmaması için, karışım hızlı bir şekilde 2,5 ml'lik bir dental enjektöre aktarıldı ve iki cam plaka arasına yerleştirilen naylon levha üzerindeki negatif boşluklara uygun miktarlarda döküldü. Üstteki cam plaka 45°'lik açıyla kapatıldıktan sonra, cam plakaların üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirildi ve 3,5 dakika süreyle örneklerin sertleşmesi beklendi. Cam plaka ve plastik levhadan dikkatlice çıkartılan örnekler, tekrar iki cam levha arasına yerleştirilerek katılaşma ve sertleşme reaksiyonları esnasında, polimerizasyon büzülmesinden kaynaklanabilecek olan deformasyonlara uğramamaları için 24 saat boyunca hafif basıç altında 37° C'de bekletildi (Ota ve ark., 2011). Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, uygun olan 10 adet cam iyonomer siman örnek renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.2).



Şekil 3.3.1 Siman çap ve kalınlıklarının ayarlanmasında kullanılan panç ve naylon levha



Şekil 3.3.2. a) Ketac Cem Radiopaque cam iyonomer siman b) uygun miktar, oranda siman toz ve likid alınması c) 30 saniye süreyle karıştırılan toz/likid d) dental enjektöre aktarılmış karışım e) örneklerin 11mm çap ve 0,2 mm kalınlıkta hazırlanmasında kullanılan naylon levha f) levhadaki yuvalara uygun miktarda dökülmüş siman materyali g) cam plaka kapatılarak üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilerek 3,5 dakika beklenmesi h) levhadan çıkartılan örneklerin kalınlıklarının kontrol edilmesi i) renk ölçümleri için seçilen 10 adet uygun cam iyonomer siman örnek

3.3.2 Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman Örneklerin Hazırlanması

Rezin Modifiye cam iyonomer siman örneklerin (RCIS) hazırlanmasında universal (A₂) renkte Ketac Cem Plus yapıştırma simanı kullanıldı. Siman A ve B pastalarından oluşmakta olup, A pastası; radyopak fluoroaluminosilikat cam (FAS cam), opaklaştırıcı ajan, HEMA, su ve polimerizasyon yavaşlatıcı ajandan oluşmaktadır. B pastası ise; reaktif olmayan zirkonya silika doldurucu, metakrilat polikarboksilik asit, HEMA, BisGMA, su ve potasyum persülfattan oluşmaktadır. Örneklerin hazırlanması; clicker dispenser tasarımı sayesinde 1/1 oranında yeteri miktarda materyal karıştırma kağıdına konuldu ve örneklerin bundan sonraki hazırlama prosedüründe CIS örneklerin hazırlama prosedürü takip edildi. Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, uygun olan 10 adet rezin modifiye cam iyonomer siman örnek renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.3).



Şekil 3.3.3 a) Ketac Cem Plus rezin modifiye cam iyonomer siman **b)** 20 saniye boyunca karıştırılmış uygun miktardaki siman materyali **c)** karışımın dental enjektöre aktarılarak levhadaki yuvalara uygun miktarda dökülmesi **d)** alttaki levha üzerine kapatılmış olan ikinci cam plaka **e)** cam plaka üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilmesi **f)** levhadan çıkartılan örneklerin kalınlıklarının kontrol edilmesi **g)** renk ölçümleri için seçilen 10 adet uygun rezin modifiye cam iyonomer siman örnek

3.3.3 Rezin Siman-I Örneklerin Hazırlanması

Rezin siman-I (RES-I) örneklerin elde edilmesinde bir dual-cure (hemışıkla hem de kimyasal yöntemlerle polimerize olan), self etch-self adezive (kendinden asitli ve adezivli) rezin siman olan Maxcem Elite yapıştırma simanı kullanıldı. Örneklerin hazırlanmasında bu simana ait, universal (A₂), beyaz opak ve translüsent renkleri tercih edildi. Siman; %19-40 oranında polimerize olmamış metakrilat ester monomeri [Üretan dimetilakrilat (UDMA), Bis-GMA, trietilen glycol dimetilakrilat (TEGDMA), Gliserofosfat dimetilakrilat], %69 doldurucular (FAS cam, baryum alüminofosfat) ve terbiyum florid, aktivatör, stabilizör, pigmentlerden oluşmaktadır.

Örneklerin hazırlanması; siman materyali, aynı enjektör şırıngasında, iki ayrı tüpte ve pat/pat şeklinde bulunmaktadır. Simanı uygularken, enjektör şırıngasının ucuna tek kullanımlık bir automix karıştırma ucu takıldı ve iki cam plaka arasına yerleştirilen naylon levha üzerindeki negatif boşluklara uygun miktarlarda sıkılarak döküldü. Rezin simanın cam plakalara yapışmaması için, cam plakalar streç naylon filmle kaplandı (Kilinc ve ark., 2011). Simanın levhadaki yuvalara uygulanmasının ardından üstteki cam plaka 45°'lik açıyla kapatıldı ve cam plakaların üzerine paslanmaz

çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirildi. 10 dakika süreyle simanın kimyasal olarak sertleşmesi beklendi. Kimyasal sertleşmenin ardından, örnekler tek tek, üst ve alt yüzeylerinden 40 saniye boyunca halojen ışık kaynağı (Hilux 250, Benlioglu Dental, Ankara, Türkiye) kullanılarak, ışıkla polimerizasyon işlemi de tamamlandı. Naylon levha ve cam plakaların üzerindeki streç filmle beraber çıkartıldı, streç filmler dikkatlice uzaklaştırıldı ve örnekler levhanın içerisinden parmak basıncıyla dikkatlice uzaklaştırıldı. Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, her renk grubu için uygun olan 10 (universal, beyaz opak ve translusent), toplam 30 adet Maxcem Elite rezin siman örnek renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.4). Seçilen örneklerin renk ölçümü işlemi yapılmıyaya kadar 37 °C’de, 24 saat boyunca ışık geçirmez bir kaptaki saklandı (Li ve ark., 2009; Kilinc ve ark., 2011).



Şekil 3.3.4. a) Universal (A₂), beyaz opak ve translusent renklerdeki Maxcem Elite rezin simanlar b) cam plaka üzerindeki, naylon levhadaki boşluklara enjekte edilerek dökülen siman c) alttaki levha üzerine kapatılmış olan ikinci cam plaka d) cam plakalar üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilmesi (ağırlık 10 dakika boyunca kimyasal polimerizasyon için bekletildi) e) Hilux LED 250 ışık kaynağı f) ışık kaynağı kullanılarak örneklerin polimerize edilmesi g) levhadan çıkartılan örneklerin kalınlıklarının kontrol edilmesi h) renk ölçümleri için seçilen 10’ar adet uygun universal, beyaz opak ve translusent renklerdeki Maxcem Elite (Res-I) rezin siman örnekler

3.3.4 Rezin Siman-II Örneklerin Hazırlanması

Rezin siman-II (RES-II) örneklerin elde edilmesinde bir dual-cure rezin siman olan Variolink II yapıştırma simanı kullanıldı. Örneklerin hazırlanmasında bu simana ait 2,5 gr'lık universal (A₃), beyaz opak ve translusent renklerdeki base pastaları ve 2,5 gr'lık universal (A₃), translusent renklerdeki yüksek akışkan katalizör pastaları 1:1 oranında kullanıldı. Base pastası ağırlık olarak %26,3 monomer, %73,4 doldurucu, yüksek akışkanlıktaki katalizör pastası ise %27,9 monomer, %71,2 doldurucudan oluşmaktadır. Monomer içeriğinde, Bis-GMA, UDMA ve TEGDMA bulunmaktadır. Katalizör pastasına ait monomer matriksinde ayrıca, dibenzol peroksit ve kamfrakinon katalizörleri bulunmaktadır. İnorganik doldurucular ise; baryum cam, terbiyum triflorit, Baryum Alüminyum florosilikat cam ve karışık sferoid oksitlerdir. Ayrıca patların içerisinde stabilizör ve pigment materyalleri de bulunur.

Örneklerin hazırlanması; simana ait base ve katalizör tüplerinden eşit oranda ve yeterli miktarda materyal karıştırma kağıdına konuldu. 20 saniye boyunca, metal siman spatülü ile homojen bir renk elde edilinceye kadar, fazla ışık almamasına dikkat edilerek karıştırıldı. Karışımda fazla hava kabarcığı oluşmaması için, hızlı bir şekilde 2,5 ml'lik bir dental enjektöre aktarıldı ve iki cam plaka arasına yerleştirilen naylon levha üzerindeki negatif boşluklara uygun miktarlarda döküldü. Örneklerin bundan sonraki hazırlama prosedürü için, rezin siman-I örneklerin hazırlama prosedürü takip edildi. Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, her renk grubu için uygun olan 10 (universal, beyaz opak ve translusent), toplam 30 adet Variolink II rezin siman örnek renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.5). Seçilen örneklerin renk ölçümü işlemi yapılmaya kadar 37 °C'de, 24 saat boyunca ışık geçirmez bir kapta saklandı.



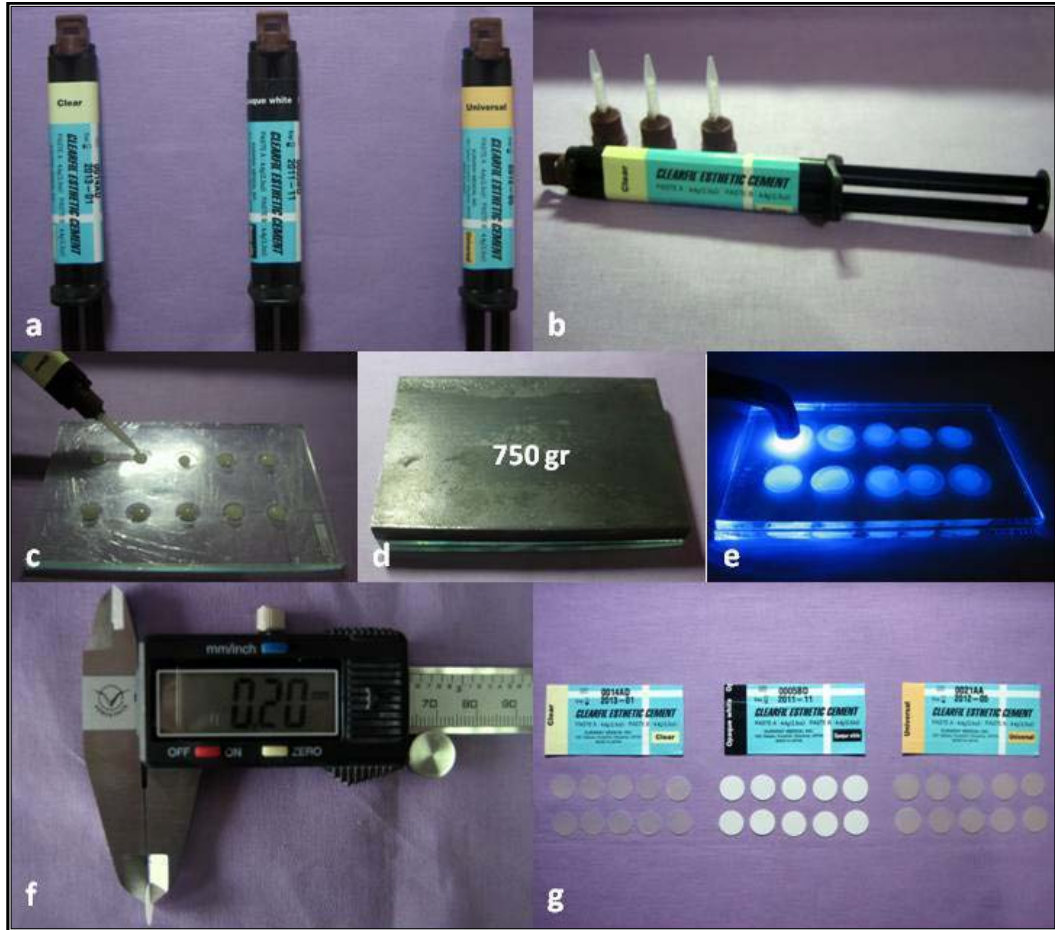
Şekil 3.3.5. a) Translucent renkte Variolink II rezin siman b) beyaz opak renkte Variolink II rezin siman c) universal (A₃) renkte Variolink II rezin siman d,e,f) karıştırma kağıdına 1:1 oranında sıkılmış simanlar g) 20 saniye boyunca karıştırılmış uygun miktardaki siman materyali h) cam plaka üzerindeki naylon levhadaki boşluklara enjekte edilerek dökülen siman i) cam plakalar üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilmesi (ağırlık 10 dakika boyunca kimyasal polimerizasyon için bekletildi) j) ışık kaynağı kullanılarak örneklerin polimerize edilmesi k) renk ölçümleri için seçilen 10'ar adet uygun universal, beyaz opak ve translucent renklerdeki Variolink II (Res-II) rezin siman örnekler

3.3.5 Rezin Siman-III Örneklerin Hazırlanması

Rezin siman-III (RES-III) örneklerin elde edilmesinde bir dual-cure, self etch-self adeziv rezin siman olan Clearfil Esthetic Cement yapıştırma simanı kullanıldı. Siman materyali, aynı enjektör şırıngasındaki iki ayrı tüpte A (4,6 gr) ve B (4,4 gr) patları şeklinde bulunmaktadır. A ve B patları içerik olarak; %10 Bis-GMA, %8

TEGDMA, hidrofobik aromatik dimetilakrilat, hidrofobik alifatik dimetilakrilat ve silanize silika, silanize baryum cam, koloidal silika gibi dolduruculardan oluşmaktadır. Ayrıca içeriğinde, dl-kamfrakinon, katalizör, akseleratör ve pigment materyalleri bulunmaktadır.

Örneklerin hazırlanmasında bu simana ait, universal (A₂), beyaz opak ve translusent renkler tercih edildi. Örneklerin hazırlama prosedüründe, rezin siman-I örneklerin hazırlama prosedürü takip edildi. Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, her renk grubu için uygun olan 10 (universal, beyaz opak ve translusent) toplam 30 adet Clearfil rezin siman örnek, renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.6). Seçilen örneklerin renk ölçümü işlemi yapılmaya kadar 37 °C’de, 24 saat boyunca ışık geçirmez bir kaptaki saklandı.



Şekil 3.3.6. a) Universal (A₂), beyaz opak ve translusent renklerdeki Clearfil Esthetic Cement rezin simanlar b) siman materyali ve karıştırma uçları c) cam plaka üzerindeki, naylon levhadaki boşluklara enjekte edilerek dökülen siman d) cam plakalar üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilmesi (ağırlık 10 dakika boyunca kimyasal polimerizasyon için bekletildi) e) ışık kaynağı kullanılarak örneklerin polimerize edilmesi f) levhadan çıkartılan örneklerin kalınlıklarının kontrol edilmesi g) renk ölçümleri için seçilen 10’ar adet uygun universal, beyaz opak ve translusent renklerdeki Clearfil (Res-III) rezin siman örnekler

3.3.6 Rezin Siman-IV Örneklerin Hazırlanması

Rezin siman-IV (RES-IV) örneklerin elde edilmesinde bir dual-cure, self etch-adheziv rezin siman olan RelyX Unicem yapıştırma simanı kullanıldı. Siman materyali, 295 mg'lık tek kullanımlık özel aplicap kapsül şeklinde bulunmakta olup kapsül içeriği toz ve likit olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. RelyX Unicem siman likidi; %40-50 oranında fosforik asit modifiye metakrilat monomeri, %35 oranında TEGDMA ve %22-34 oranında ise ilave dimetilakrilattan oluşmaktadır. Toz ise; %85-90 oranında silanize cam tozu, %5-10 oranında silanize edilmiş silika, %1-5 oranında ilave pirimidin, %1-5 oranında kalsiyum hidroksit ve %1 oranında sodyum persülfattan oluşmaktadır.

Siman örneklerin hazırlanmasında bu simana ait, universal (A₂), beyaz opak ve translusent renkler tercih edildi. Örneklerin hazırlanması; siman materyalinin bulunduğu aplicap kapsüldeki toz ve likid kapsülün, özel karıştırma tabancasına (Activator/Applier Set) yerleştirilerek 2 saniye boyunca tabancanın koluna bastırılması ile gerçekleştirildi. Kapsül içerisindeki toz ve likidin homojen olarak karıştırılarak, siman içerisindeki porözitenin azaltılması amacıyla kapsül daha sonra özel kapsül karıştırıcısına (Rotomix Capsule Mixer) yerleştirildi ve 12 saniye boyunca karıştırıldı. Daha sonra karıştırılan kapsül özel uygulama tabancasına yerleştirilerek iki cam plaka arasına yerleştirilen naylon levha üzerindeki negatif boşluklara, uygun miktarlarda döküldü. Örneklerin bundan sonraki hazırlama prosedürü için, rezin siman-I örneklerin hazırlama prosedürü takip edildi.

Elde edilen örnekler; kalınlık, renk ve yüzey yapısı açısından değerlendirildikten sonra, her renk grubu için uygun olan 10 (universal, beyaz opak ve translusent), toplam 30 adet RelyX Unicem rezin siman örnek renk ölçümleri için seçildi (Şekil 3.3.7). Seçilen örneklerin renk ölçümü işlemi yapılmaya kadar 37°C'de, 24 saat boyunca ışık geçirmez bir kaptaki saklandı.



Şekil 3.3.7. a) Universal (A₂), beyaz opak ve translüsent renklerdeki RelyX Unicem rezin simanlar **b)** siman materyali ve karıştırma tabancaları **c)** karıştırma tabancasına yerleştirilmiş kapsül **d)** Roromix karıştırıcıya yerleştirilmiş kapsül **e)** uygulama tabancasına yerleştirmiş kapsül **f)** cam plaka üzerindeki naylon levhadaki boşluklara enjekte edilerek dökülmüş siman **g)** cam plakalar üzerine paslanmaz çelik standart ağırlık (750 gr) yerleştirilmesi (ağırlık 10 dakika boyunca kimyasal polimerizasyon için bekletildi) **h)** ışık kaynağı kullanılarak örneklerin polimerize edilmesi **j)** levhadan çıkartılan örneklerin kalınlıklarının kontrol edilmesi **k)** renk ölçümleri için seçilen 10'ar adet uygun universal, beyaz opak ve translüsent renklerdeki RelyX (Res-IV) rezin siman örnekler

3.4 Tam Seramik Örneklerin Siman Örneklerle Beraber İkinci Renk

Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

Bu çalışmada kimyasal içerik ve renk tonlarına göre 14 ayrı siman grubu ve bu gruplara ait 140 adet siman örnek hazırlandı (Şekil 3.4.1). Tüm 14 farklı siman grubuna ait örnekler, sırasıyla üzerlerine tam seramik örnekler konularak yapılacak ikinci renk ölçümleri için, tam seramik örneklerin konulduğu plastik kaba yerleştirildi. Siman ve

seramik örneklerin renk ölçümü esnasında optik bağlantısının sağlanması amacıyla, 1,52 kırılma indeksli kırılma indisi solüsyonu (Cargille Optical Gel, Cargille Lab, Cedar Grove, NJ, ABD) kullanıldı (Seghi ve ark., 1989; Davis ve ark., 1994; Ahn ve Lee, 2008). Solüsyonun kırılma indisinin sabit kalabilmesi için; tüm ölçümler 25°C'lik oda ısısında gerçekleştirildi ve uygulamaların hemen ardından solüsyonun bulunduğu cam kabın kapağı buharlaşmayı önlemek amacıyla kapalı tutuldu. Kırılma indisi solüsyonunun, yapıştırma simanlarının rengi üzerindeki etkisi hakkında yaptığımız pilot çalışmanın sonuçları doğrultusunda; bu solüsyonun siman materyaliyle olan temasının 5-10 dakikadan kısa tutulmasına dikkat edildi (Cargille labs., www.cargille.com).

Bir siman grubuna ait örnek poliasetat kalıba yerleştirildikten sonra, solüsyon bir bond fırçası yardımıyla siman örnek üzerine 1 kat sürülerek uygulandı (Şekil 3.4.2). Solüsyonun sürülmesinin ardından, siman örnek üzerine ilk olarak IPS e.max (mo) seramik örnek, veneerli yüzeyi üstte olacak şekilde yerleştirildi ve kalıbın ikinci parçası kapatıldı (Şekil 3.4.3-3.4.4). Spektrofotometrik renk ölçümü için, her siman grubuna başlanmadan önce kalibre edilen VITA Easyshade, kalıbın ikinci parçasındaki yuvasına oturtuldu ve renk ölçümü gerçekleştirildi (Şekil 3.4.5). Her örneğin merkezinden yapılan ölçümler üç kez tekrarlanarak CIE Lab renk sistemi kullanılarak kaydedildi. Daha sonra ise ölçümlerin ortalamaları alınarak bu değerler; L_1^* , a_1^* ve b_1^* olarak kaydedildi.

Bir siman örneğin, IPS e.max (mo) seramik örnekle yapılan ölçümü tamamlandıktan sonra, siman üzerindeki bu seramik örnek ince bir bisturi ile dikkatlice uzaklaştırıldı (Şekil 3.4.6). Seramik örnek üzerindeki solüsyon artıkları temizlenerek tekrar plastik kap içindeki yerine yerleştirildi. Siman örnek üzerine ise yeniden solüsyon sürülerek renk ölçümü işlemi sırasıyla; IPS e.max (ht), In Ceram Alumina (al) ve Zirkonyum (zi) tam seramik örnekler için de tekrarlandı. Her bir siman örneğin her bir seramik örnek ile 3'er kez, toplamda ise 12 kez renk ölçümü yapıldı. Birinci siman örneğin, tüm tam seramik örneklerle renk ölçümü işlemi tamamlandıktan sonra, renk ölçümü prosedürü 2., 3.,...10. siman örnekler için de tekrarlandı. Böylece bir siman grubuna ait ikinci renk ölçümü işlemi tamamlandı (Şekil 3.4.7). Yapılan birinci ve ikinci renk ölçüm sonuçları bilgisayara kaydedildi. Elde edilen veriler; ΔL^* , Δa^* , Δb^* ve ΔE^* formüllerindeki yerlerine yerleştirilerek; bir siman grubuna ait örneklerin, değişik tam seramik materyallerine ait örneklerin optik özellikleri üzerindeki etkileri ve

muhtemel renk farklılıkları hesaplandı (Tablo 3.1.10) (Kücükesmen ve ark., 2008; Da Silva ve ark., 2008; Chang ve ark., 2009). Bu prosedür diğer 13 siman grubu için de tekrarlanarak, farklı siman gruplarının optik etkileri ve oluşabilecek renk farklılıklarının, değerlendirilmesi sağlandı.

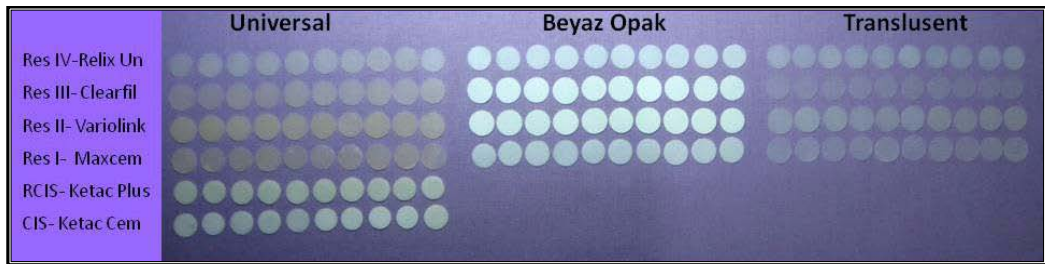
Tablo 3.1.10 Renk farklılıklarının hesaplanması

$$\Delta L^* = L_0^* - L_1^*$$

$$\Delta a^* = a_0^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_0^* - b_1^*$$

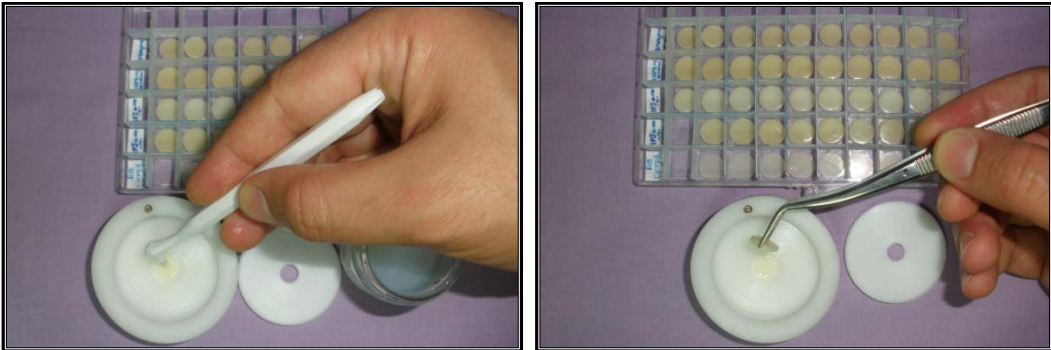
$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$



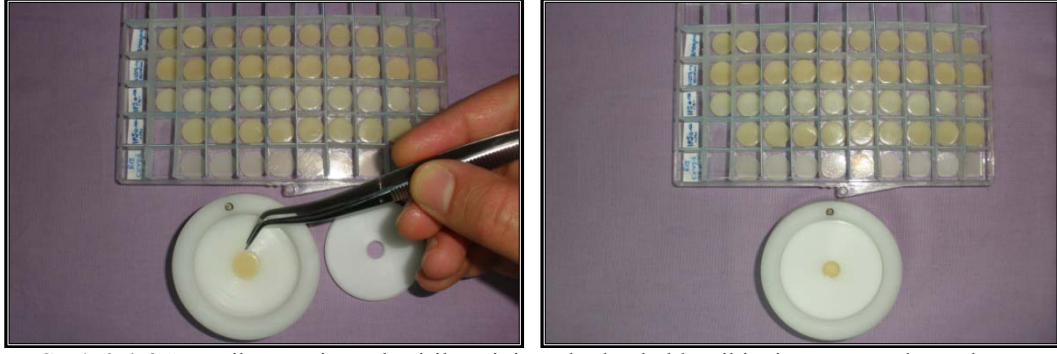
Şekil 3.4.1 Kimyasal yapı sınıflarına, marka ve renk tonlarına göre seçilmiş 14 ayrı siman grubuna ait örnekler



Şekil 3.4.2 Plastik kaba yerleştirilmiş bir siman grubu ve bu gruba ait ilk örneğin poliasetat kalıba konulması



Şekil 3.4.3 Siman örnek yüzeyine kırılma indisi solüsyonu uygulandıktan sonra seramik örneğin yerleştirilmesi



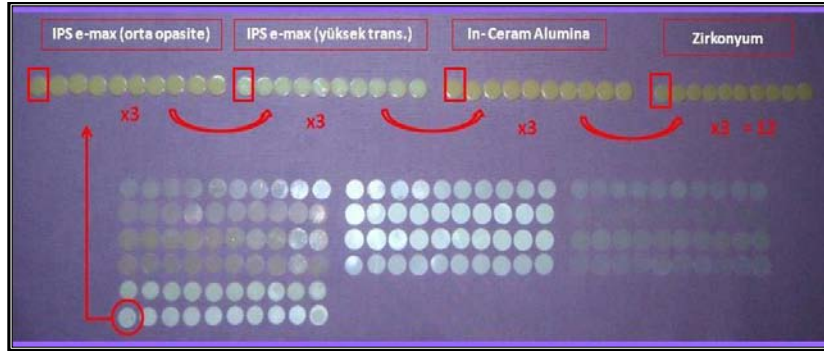
Şekil 3.4.4 Seramik örneğin yerleştirilmesinin ardından kalıbın ikinci parçasının kapatılması



Şekil 3.4.5 İkinci spektrofotometrik renk ölçümünün gerçekleştirilmesi



Şekil 3.4.6 Kırılma indisi materyali ile bağlanan siman ve seramik örnekler



Şekil 3.4.7 Örneklerin renk ölçüm şeması (12x140=1680 ölçüm yapıldı)

3.5 İstatistiksel Analiz

Çalışmamızın istatistiksel analizleri SPSS sürüm 17,0 (SPSS, Chicago, IL) ve Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft Office 2007) kullanılarak yapıldı. Yapılan birinci ve ikinci renk ölçümleri sonucunda elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki istatistiksel farklılıklar, Eşleştirilmiş T Testi (Paired Sample T Test) kullanılarak değerlendirildi. Farklı seramik materyallerinin sonuç rengi üzerinde, farklı tür ve renklerdeki yapıştırma simanlarının etkisinin değerlendirilmesinde iki yönlü Varyans Analizi (two way ANOVA) kullanıldı. Varyansların homojenliğinin değerlendirilmesinde Levene's Homojenlik testi kullanıldı. Gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesinde ise Tukey HSD testi kullanıldı ve sonuçlar %95'lik güven aralığında ve $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

4.1 Seramik Örneklerin Siman Uygulaması Öncesi ve Sonrasına Ait Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan 4 farklı seramik grubuna ait örneklerin, siman örnekler uygulanmadan ve seramik gruplarının altına 14 farklı siman grubu uygulandıktan sonra gerçekleştirilen spektrofotometrik ölçümler sonucu elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki istatistiksel farklılıklar, Eşleştirilmiş T Testi (Paired Sample T Test) kullanılarak değerlendirildi.

4.1.1 L^* Değerlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 4.1.1 Seramik disklerin siman örnekler uygulanmadan (L_0^*) ve uygulandıktan sonraki (L_1^*) ortalama L^* değerleri, standart sapma (Ss) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

Seramik	Siman	Renk	Simansız (L_0^*)		Simanlı (L_1^*)		p
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	
IPS e.max (mo)	CIS	(u)	87,99	0,59	87,33	0,64	,023
	RCIS	(u)			86,76	0,56	,000
	RES-I	(u)			85,87	0,51	,000
		(t)			85,83	0,97	,000
		(bo)			88,56	1,10	,139
	RES-II	(u)			85,48	0,53	,000
		(t)			85,47	0,79	,000
		(bo)			90,13	0,53	,000
	RES-III	(u)			85,63	0,44	,000
		(t)			85,85	0,52	,000
	RES-IV	(bo)			90,38	0,55	,000
		(u)			87,60	0,65	,057
		(t)			86,85	0,36	,000
		(bo)			88,65	0,92	,099
IPS e.max (ht)	CIS	(u)	91,09	0,59	89,58	0,89	,000
	RCIS	(u)			89,14	0,89	,000
	RES-I	(u)			88,23	0,94	,000
		(t)			88,46	0,60	,000
	RES-II	(bo)			91,58	1,26	,259
		(u)			88,02	0,73	,000
		(t)			87,57	0,76	,000
	RES-III	(bo)			91,78	1,53	,184
		(u)			88,23	0,86	,000
		(t)			88,18	0,81	,000
	RES-IV	(bo)			92,66	0,92	,000
		(u)			89,51	0,89	,000
		(t)			89,15	0,71	,008
		(bo)			90,42	0,91	,000

Tablo 4.1.1'in devamı

Seramik	Siman	Renk	Simansız (L ₀ *)		Simanlı (L ₁ *)		p
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	
In Ceram Alumina (al)	CIS	(u)	83,22	0,34	82,18	0,53	,000
	RCIS	(u)			82,19	0,43	,000
	RES-I	(u)			82,19	0,42	,000
		(t)			82,64	0,72	,014
		(bo)			83,88	0,43	,000
	RES-II	(u)			81,75	0,48	,000
		(t)			81,82	0,62	,000
		(bo)			82,98	0,20	,295
	RES-III	(u)			81,91	0,38	,000
		(t)			82,31	0,46	,000
		(bo)			83,78	0,54	,006
	RES-IV	(u)			82,82	0,27	,001
		(t)			82,58	0,26	,000
		(bo)			83,14	0,42	,581
Zirkonyum (zi)	CIS	(u)	79,24	0,60	78,30	0,62	,000
	RCIS	(u)			78,26	0,75	,000
	RES-I	(u)			77,95	0,47	,000
		(t)			77,94	0,99	,000
		(bo)			78,34	0,58	,000
	RES-II	(u)			77,17	0,46	,000
		(t)			77,25	1,05	,000
		(bo)			78,71	0,59	,033
	RES-III	(u)			77,87	0,40	,000
		(t)			77,80	0,60	,000
		(bo)			80,04	0,47	,007
	RES-IV	(u)			78,27	0,74	,000
		(t)			78,20	0,80	,000
		(bo)			78,30	0,62	,000

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmeyen değerler kalın yazılmıştır (p>0,05)

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama açıklık-koyuluk (L*) değerleri karşılaştırıldığında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; beyaz opak renkteki tüm rezin siman örneklerin uygulandığı gruplarda L*değerlerinde artma, diğer siman örneklerin uygulandığı gruplarda ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek L₁*değeri, Res-III-bo (90,38±0,55) ve en düşük L₁*değeri ise Res-II-t (85,47±0,79) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; Res-IV-bo haricindeki tüm beyaz opak renk rezin siman örneklerin uygulandığı gruplarda L*değerlerinde

artma, diğer siman örneklerin uygulandığı gruplarda ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek L_1^* değeri Res-III-bo ($92,66 \pm 0,92$) ve en düşük L_1^* değeri ise Res-II-t siman ($87,57 \pm 0,76$) için tespit edildi.

- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; Res-I-bo ve Res-III-bo simanlara ait örneklerin uygulandığı gruplarda L^* değerlerinde artma, diğer siman örneklerin uygulandığı gruplarda ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek L_1^* değeri Res-I-bo ($83,88 \pm 0,43$) ve en düşük L_1^* değeri ise Res-II-u ($81,75 \pm 0,48$) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; sadece Res-III-bo simana ait örneklerin uygulandığı grupta L^* değerlerinde artma, diğer siman örneklerin uygulandığı gruplarda ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek L_1^* değeri, Res-III-bo ($80,04 \pm 0,47$) ve en düşük L_1^* değeri ise Res-II-u ($77,17 \pm 0,46$) siman için tespit edildi.

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama L^* değerleri arasında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; Res-I-bo, Res-IV-bo ve Res-IV-u siman uygulanan
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; Res-I-bo ve Res-II-bo siman uygulanan
- In-Ceram (al) seramik grubu için; Res-II-bo ve Res-IV-bo siman uygulanan gruplar haricindeki tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p < 0,05$).

4.1.2 a* Değerlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 4.1.2. Seramik disklerin siman örnekler uygulamadan (a_0^*) ve uygulandıktan sonraki (a_1^*) ortalama a^* değerleri, standart sapma (Ss) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

Seramik	Siman	Renk	Simansız (a_0^*)		Simanlı (a_1^*)		p			
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.				
IPS e.max (mo)	CIS	(u)	1,31	0,21	1,93	0,21	,000			
	RCIS	(u)			1,35	0,31	,699			
	RES-I	(u)			0,85	0,37	,005			
		(t)			0,41	0,37	,000			
		(bo)			1,05	0,45	,000			
	RES-II	(u)			1,22	0,23	,343			
		(t)			0,37	0,33	,000			
		(bo)			1,34	0,43	,708			
	RES-III	(u)			0,79	0,23	,000			
		(t)			0,88	0,23	,002			
		(bo)			1,10	0,21	,042			
	RES-IV	(u)			1,68	0,43	,001			
		(t)			0,35	0,27	,000			
		(bo)			0,81	0,29	,000			
	IPS e.max (ht)	CIS			(u)	0,47	0,15	1,32	0,41	,000
		RCIS			(u)			0,61	0,48	,061
RES-I		(u)	0,33	0,39	,253					
		(t)	-0,26	0,37	,000					
		(bo)	-0,02	0,55	,000					
RES-II		(u)	0,43	0,27	,642					
		(t)	-0,22	0,26	,000					
		(bo)	0,06	0,26	,000					
RES-III		(u)	-0,02	0,25	,000					
		(t)	0,13	0,23	,052					
		(bo)	-0,14	0,20	,000					
RES-IV		(u)	0,79	0,32	,013					
		(t)	-0,26	0,26	,000					
		(bo)	-0,02	0,25	,000					

Tablo 4.1.2'in devamı

Seramik	Siman	Renk	Simansız (a_0^*)		Simanlı (a_1^*)		p			
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.				
In-Ceram Alumina (al)	CIS	(u)	6,37	0,25	6,53	0,56	,220			
	RCIS	(u)			6,14	0,37	,136			
	RES-I	(u)			5,84	0,50	,001			
		(t)			5,40	0,49	,000			
		(bo)			5,93	0,45	,001			
	RES-II	(u)			5,50	0,45	,000			
		(t)			5,41	0,23	,000			
		(bo)			6,30	0,49	,382			
	RES-III	(u)			5,41	0,39	,000			
		(t)			5,63	0,39	,001			
		(bo)			6,22	0,49	,307			
	RES-IV	(u)			6,14	0,37	,188			
		(t)			5,66	0,52	,005			
		(bo)			5,82	0,45	,000			
	Zirkonyum (zir)	CIS			(u)	6,50	0,16	6,69	0,26	,032
		RCIS			(u)			6,25	0,20	,002
RES-I		(u)	5,85	0,23	,000					
		(t)	5,76	0,42	,000					
		(bo)	5,98	0,28	,000					
RES-II		(u)	5,92	0,21	,000					
		(t)	5,75	0,24	,000					
		(bo)	6,31	0,16	,008					
RES-III		(u)	5,56	0,27	,000					
		(t)	5,93	0,32	,000					
		(bo)	6,19	0,28	,007					
RES-IV		(u)	6,40	0,20	,085					
		(t)	5,59	0,22	,000					
		(bo)	5,83	0,16	,000					

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmeyen değerler kalın yazılmıştır ($p>0,05$)

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama kırmızılık-yeşillik (a^*) değerleri karşılaştırıldığında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; CIS-u, RCIS-u, Res-IV-u ve Res-II-bo siman örneklerinin uygulandığı gruplarda a^* değerinde artma, diğer siman gruplarda ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek a_1^* değeri, C1s-u ($1,93\pm 0,21$) ve en düşük a_1^* değeri ise Res-IV-t ($0,35\pm 0,27$) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; CIS-u, RCIS-u ve Res-IV-u siman örneklerinin uygulandığı gruplarda a^* değerinde artma, diğer siman gruplarında ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en

yüksek a_1^* değeri, C1s-u ($1,32 \pm 0,41$) ve en düşük a_1^* değeri ise Res-I-t ve Res-IV-t ($-0,26 \pm 0,26$) ($-0,26 \pm 0,37$) simanlar için tespit edildi.

- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; C1s-u siman örneklerin uygulandığı gruplarda a^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek a_1^* değeri, C1s-u ($6,53 \pm 0,56$) ve en düşük a_1^* değeri ise Res-I-t ($5,40 \pm 0,49$) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; C1s-u siman örneklerin uygulandığı gruplarda a^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek a_1^* değeri, C1s-u ($6,69 \pm 0,26$) ve en düşük a_1^* değeri ise Res-III-u ($5,56 \pm 0,27$) siman için tespit edildi.

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama a^* değerleri arasında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; RCIS-u, Res-II-u ve Res-II-bo siman uygulanan
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; RCIS-u, Res-I-u, Res-II-u ve Res-III-t siman uygulanan
- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; CIS-u, RCIS-u, Res-IV-u, Res-II-bo ve Res-III-bo siman uygulanan
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; Res-IV-u siman uygulanan gruplar haricindeki tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p < 0,05$).

4.1.3 b* Değerlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 4.1.3. Seramik disklerin siman örnekler uygulamadan (b_0^*) ve uygulandıktan sonraki (b_1^*) ortalama b^* değerleri, standart sapma (Ss) değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları

Seramik	Siman	Renk	Simansız (b_0^*)		Simanlı (b_1^*)		p			
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.				
IPS e.max (mo)	CIS	(u)	32,64	0,78	32,65	1,55	,967			
	RCIS	(u)			31,57	0,89	,003			
	RES-I	(u)			30,89	1,31	,000			
		(t)			30,27	1,61	,000			
		(bo)			32,21	1,11	,319			
	RES-II	(u)			32,17	1,70	,022			
		(t)			31,27	1,12	,000			
		(bo)			35,47	1,44	,000			
	RES-III	(u)			32,18	1,52	,124			
		(t)			31,34	1,31	,000			
		(bo)			34,87	1,09	,000			
	RES-IV	(u)			31,86	0,88	,007			
		(t)			31,39	1,57	,027			
		(bo)			31,92	1,41	,000			
	IPS e.max (ht)	CIS			(u)	22,24	0,87	22,32	0,82	,813
		RCIS			(u)			21,37	0,46	,031
RES-I		(u)	22,21	0,71	,903					
		(t)	20,87	1,01	,000					
		(bo)	22,47	0,53	,384					
RES-II		(u)	23,16	1,02	,051					
		(t)	22,01	0,67	,313					
		(bo)	24,69	0,68	,000					
RES-III		(u)	23,32	0,79	,013					
		(t)	22,17	1,22	,674					
		(bo)	24,08	0,69	,001					
RES-IV		(u)	22,71	0,54	,319					
		(t)	21,66	0,75	,002					
		(bo)	22,53	0,59	,033					

Tablo 4.1.3'ün devamı

Seramik	Siman	Renk	Simansız (b_0^*)		Simanlı (b_1^*)		p
			Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	
In-Ceram Alumina (al)	CIS	(u)	29,35	0,54	28,93	0,38	,019
	RCIS	(u)			28,60	0,32	,000
	RES-I	(u)			28,44	0,26	,000
		(t)			28,27	0,29	,000
		(bo)			28,71	0,22	,000
	RES-II	(u)			28,79	0,25	,000
		(t)			28,50	0,23	,000
		(bo)			30,26	0,23	,000
	RES-III	(u)			29,16	0,34	,046
		(t)			28,69	0,34	,000
		(bo)			30,20	0,40	,000
	RES-IV	(u)			28,79	0,31	,006
		(t)			28,56	0,45	,000
		(bo)			28,91	0,39	,054
Zirkonyum (zi)	CIS	(u)	30,68	0,20	30,67	0,64	,944
	RCIS	(u)			29,81	0,73	,000
	RES-I	(u)			29,29	0,29	,000
		(t)			29,00	0,58	,000
		(bo)			30,49	0,58	,061
	RES-II	(u)			29,98	0,54	,000
		(t)			29,65	0,75	,000
		(bo)			31,29	0,49	,000
	RES-III	(u)			30,21	0,50	,000
		(t)			29,46	0,57	,000
		(bo)			31,76	0,70	,000
	RES-IV	(u)			29,99	0,58	,000
		(t)			29,48	0,70	,000
		(bo)			29,95	0,84	,000

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**İstatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmeyen değerler kalın yazılmıştır ($p>0,05$).

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama sarılık-mavilik (b^*) değerleri karşılaştırıldığında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; CIS-u, Res-II-bo ve Res-III-bo siman örneklerin uygulandığı gruplarda b^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek b_1^* değeri, Res-II-bo ($35,47 \pm 1,44$) ve en düşük b_1^* değeri ise Res-I-t ($30,27 \pm 1,61$) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; CIS-u, Res-II-u, Res-III-u, Res-IV-u ve beyaz opak renkteki tüm rezin siman örneklerin uygulandığı gruplarda b^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek b_1^* değeri, Res-II-bo

(24,69±0,68) ve en düşük b_1^* değeri ise Res-I-t (20,87±1,01) siman için tespit edildi.

- In Cearam Alumina (al) seramik grubu için; Res-II-bo, Res-III-bo siman örneklerin uygulandığı gruplarda b^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek b_1^* değeri, Res-II-bo siman (30,26±0,23) ve en düşük b_1^* değeri ise Res-I-t (28,27±0,29) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; Res-II-bo ve Res-III-bo siman örneklerin uygulandığı gruplarda b^* değerinde artma, diğer siman grupları için ise azalma tespit edildi. Bu seramik grubu için ortalama en yüksek b_1^* değeri, Res-III-bo (31,76±0,70) ve en düşük b_1^* değeri ise Res-I-t (29,00 ±0,58) için tespit edildi.

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama b^* değerleri arasında:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; CIS-u, Res-III-u ve Res-I-bo siman uygulanan
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; CIS-u, Res-I-u, Res-IV-u, Res-II-t, Res-III-t ve Res-I-bo siman uygulanan
- In-Ceram (al) seramik grubu için; Res-IV-bo siman uygulanan
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için; CIS-u ve Res-I-bo siman uygulanan gruplar haricindeki tüm gruplarda, istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p<0,05$).

4.2 Seramik Örneklerin Siman Uygulaması Öncesi ve Sonrasına Ait Ölçüm Sonuçları Arasındaki Farklılıklarının Değerlendirilmesi

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki farklılıkların (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) değerlendirilmesinde iki yönlü Varyans Analizi (two way Anova) kullanıldı.

4.2.1 L*Değeri Arasındaki Farklılıkların (ΔL^*) Değerlendirilmesi

Tablo 4.2.1 L*değeri arasındaki farklılıkların (ΔL^*) ortalamaları ve standart sapma (Ss) değerleri

Siman	Renk	Seramik							
		IPS e.max (mo)		IPS e.max (ht)		In Ceram (al)		Zirconia (zi)	
		Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.
CIS	(u)	0,66	0,76	1,51	0,78	1,04	0,38	0,94	0,16
RCIS	(u)	1,23	0,40	1,95	0,74	1,03	0,32	0,98	0,38
RES-I	(u)	2,12	0,43	2,86	0,63	1,03	0,46	1,29	0,25
	(t)	2,16	0,55	2,63	0,43	0,58	0,61	1,3	0,46
	(bo)	-0,57	1,11	-0,49	1,29	-0,66	0,28	0,9	0,23
RES-II	(u)	2,51	0,40	3,07	0,33	1,47	0,27	2,07	0,48
	(t)	2,52	0,48	3,52	0,38	1,40	0,18	1,99	0,33
	(bo)	-2,14	0,50	-0,69	1,52	0,24	0,68	0,53	0,67
RES-III	(u)	2,36	0,39	2,86	0,50	1,31	0,36	1,37	0,27
	(t)	2,14	0,45	2,91	0,58	0,91	0,28	1,44	0,22
	(bo)	-2,39	0,63	-1,57	0,71	-0,56	0,50	-0,8	0,72
RES-IV	(u)	0,39	0,57	1,58	0,60	0,40	0,26	0,97	0,32
	(t)	1,14	0,35	1,94	0,54	0,64	0,27	1,04	0,29
	(bo)	-0,66	1,14	0,67	0,63	0,08	0,44	0,72	0,30

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=translulent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**Her seramik grubu için en yüksek ve en düşük ΔL^* değerleri kalın yazılmıştır.

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama açıklık koyuluk L* değerleri arasındaki farklılıklar (ΔL^*) değerlendirildiğinde:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; en yüksek ΔL^* değeri, Res-II-t (2,52±0,48), en düşük ise Res-IV-u (0,39± 0,57) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; en yüksek ΔL^* değeri, Res-II-t (3,52±0,38), en düşük ise Res-I-bo (-0,49±1,29) siman için tespit edildi.
- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; en yüksek ΔL^* değeri, Res-II-u (1,47±0,27), en düşük ise Res-IV-bo (0,08±0,44) için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; en yüksek ΔL^* değeri, Res-II-t (1,99±0,33), en düşük ise Res-II-bo (0,53±0,67) siman için tespit edildi.
- Tüm seramik materyalleri arasında en yüksek ΔL^* değerine, IPS e.max (ht), en düşük ise In Ceram Alumina (al) grubunda rastlandı.
- Tüm siman grupları arasında en yüksek ΔL^* değeri, Res-II-t, en düşük ise Res-IV-bo siman grubu için tespit edildi. Seramik gruplarının dördünde de en yüksek ΔL^* değeri hep Variolink II siman grubunda tespit edildi.

4.2.2 a*Değeri Arasındaki Farklılıkların (Δa^*) Değerlendirilmesi

Tablo 4.2.2 a*değeri arasındaki farklılıkların (Δa^*) ortalamaları ve standart sapma (Ss)değerleri

Siman	Renk	Seramik							
		IPS e.max (mo)		IPS e.max (ht)		In-Ceram (al)		Zirconia (zi)	
		Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.
CIS	(u)	-0,62	0,21	-0,85	0,23	-0,16	0,38	-0,19	0,24
RCIS	(u)	-0,04	0,32	-0,14	0,21	0,23	0,44	0,25	0,19
RES-I	(u)	0,46	0,39	0,14	0,36	0,53	0,34	0,65	0,14
	(t)	0,90	0,28	0,73	0,18	0,97	0,37	0,74	0,22
	(bo)	0,26	0,14	0,49	0,20	0,44	0,28	0,52	0,20
RES-II	(u)	0,09	0,28	0,04	0,26	0,87	0,33	0,58	0,24
	(t)	0,94	0,44	0,69	0,27	0,96	0,43	0,75	0,11
	(bo)	-0,03	0,25	0,41	0,20	0,07	0,24	0,19	0,18
RES-III	(u)	0,52	0,12	0,49	0,16	0,96	0,35	0,94	0,15
	(t)	0,43	0,32	0,34	0,48	0,74	0,45	0,57	0,23
	(bo)	0,21	0,28	0,61	0,28	0,15	0,44	0,31	0,28
RES-IV	(u)	-0,37	0,23	-0,32	0,33	0,23	0,51	0,10	0,16
	(t)	0,96	0,27	0,73	0,36	0,71	0,28	0,91	0,19
	(bo)	0,50	0,24	0,49	0,29	0,55	0,48	0,67	0,16

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=translulent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**Her seramik grubu için en yüksek ve en düşük Δa^* değerleri kalın yazılmıştır.

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama kırmızılık-yeşillik a* değerleri arasındaki farklılıklar (Δa^*) değerlendirildiğinde:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; en yüksek Δa^* değeri, Res-IV-t ($0,96 \pm 0,27$), en düşük ise Res-II-bo ($-0,03 \pm 0,25$) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; en yüksek Δa^* değeri, CIS-u ($-0,85 \pm 0,23$), en düşük ise Res-II-u ($0,04 \pm 0,26$) siman için tespit edildi.
- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; en yüksek Δa^* değeri, Res-I-t ($0,97 \pm 0,37$), en düşük ise Res-II-bo ($0,07 \pm 0,24$) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; en yüksek Δa^* değeri, Res-III-u ($0,94 \pm 0,15$), en düşük ise Res-IV-u ($0,10 \pm 0,16$) siman için tespit edildi.
- Tüm seramik materyalleri arasında en yüksek Δa^* değerine, In Ceram Alumina (al), en düşük ise IPS e.max (ht) seramik grubunda rastlanıldı.
- Tüm siman grupları arasında en yüksek Δa^* değeri Res-I-t, en düşük ise Res-II-bo için tespit edildi.

4.2.3 b*Değeri Arasındaki Farklılıkların (Δb^*) Değerlendirilmesi

Tablo 4.2.3 b*değeri arasındaki farklılıkların (Δb^*) ortalamaları ve standart sapma (Ss) değerleri

Siman	Renk	Seramik							
		IPS e.max (mo)		IPS e.max (ht)		In-Ceram (al)		Zirconia	
		Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.
CIS	(u)	-0,01	0,75	-0,08	1,04	0,42	0,46	0,01	0,44
RCIS	(u)	1,07	0,82	0,87	1,08	0,75	0,33	0,87	0,39
RES-I	(u)	1,75	0,55	0,03	0,76	0,91	,46	1,39	0,25
	(t)	2,37	0,42	1,37	0,61	1,08	0,29	1,68	0,33
	(bo)	0,43	1,29	-0,23	0,79	0,64	0,25	0,19	0,28
RES-II	(u)	0,47	0,54	-0,92	1,30	0,56	0,24	0,70	0,29
	(t)	1,37	0,54	0,23	0,68	0,85	0,31	1,03	0,21
	(bo)	-2,83	0,29	-2,45	0,53	-0,91	0,40	-0,61	0,26
RES-III	(u)	0,46	0,86	-1,08	1,11	0,19	0,26	0,47	0,24
	(t)	1,30	0,59	0,07	0,51	0,66	0,22	1,22	0,16
	(bo)	-2,23	0,67	-1,84	1,12	-0,85	0,14	-1,08	0,28
RES-IV	(u)	0,78	0,71	-0,47	0,59	0,56	0,50	0,69	0,29
	(t)	1,25	0,64	0,58	0,42	0,79	0,31	1,20	0,27
	(bo)	0,50	0,87	-0,29	0,87	0,44	0,63	0,73	0,43

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=translulent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**Her seramik grubu için en yüksek ve en düşük Δb^* değerleri kalın yazılmıştır

Siman örnekler uygulanmadan ve uygulandıktan sonraki ortalama sarılık-mavilik b* değerleri arasındaki farklılıklar (Δb^*) değerlendirildiğinde:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; en yüksek Δb^* değeri, Res-II-bo (-2,83±0,29), en düşük ise CIS-u (-0,01±0,75) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; en yüksek Δb^* değeri, Res-II-bo (-2,45±0,53), en düşük ise Res-I-u (0,03±0,76) siman için tespit edildi.
- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; en yüksek Δb^* değeri, Res-I-t (1,08±0,29), en düşük ise Res-III-u (0,19±0,26) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; en yüksek Δb^* değeri, Res-I-t (1,68±0,33), en düşük ise CIS-u (0,01±0,44) siman için tespit edildi.
- Tüm seramik materyalleri arasında en yüksek Δb^* değerine, IPS e.max (mo), en düşük ise IPS e.max (mo) ve Zirkonyum gruplarında rastlandı.
- Tüm siman grupları arasında en yüksek Δb^* değeri, Res-II-bo, en düşük ise CIS-u siman için tespit edildi.

4.3 Siman Uygulanması Sonrasında Seramik Örneklerde Meydana Gelen Renk Farklılıkları (ΔE)

Siman uygulanması sonrasında seramik örneklerde meydana gelen renk farklılıklarının (ΔE) değerlendirilmesinde iki yönlü Varyans Analizi (two-way Anova) kullanıldı. Varyansların homojenliği Levene's Homojenlik testi yapılarak değerlendirildikten sonra, gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesinde Tukey HSD testi kullanıldı ($p < 0,05$).

Tablo 4.3.1 Ortalama (ΔE) ve standart sapma (Ss) değerleri

Siman	Renk	Tam seramik								Ort.	
		IPS e.max (mo)		IPS e.max (ht)		In-Ceram (al)		Zirconia (zi)		Siman bazında ort.	
		Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.
CIS	(u)	1,37	0,15	2,12	0,33	1,25	0,46	1,07	0,16	1,45	0,50
RCIS	(u)	1,83	0,42	2,37	0,77	1,41	0,27	1,41	0,31	1,75	0,61
RES-I	(u)	2,87	0,37	2,98	0,57	1,61	0,23	2,03	0,19	2,37	0,68
	(t)	3,39	0,32	3,12	0,38	1,71	0,26	2,30	0,31	2,63	0,74
	(bo)	1,75	0,39	1,61	0,51	2,02	0,85	1,11	0,21	1,38	0,42
RES-II	(u)	2,62	0,43	3,44	0,34	1,84	0,23	1,50	0,48	2,35	0,84
	(t)	3,10	0,41	3,66	0,38	1,96	0,24	2,38	0,31	2,77	0,74
	(bo)	3,57	0,43	2,94	0,64	1,21	0,19	1,07	0,18	2,20	1,16
RES-III	(u)	2,59	0,40	3,28	0,50	1,69	0,36	1,75	0,24	2,34	0,76
	(t)	2,60	0,56	3,00	0,61	1,43	0,29	1,99	0,20	2,25	0,74
	(bo)	3,36	0,53	2,75	0,57	1,19	0,25	1,56	0,27	2,22	0,98
RES-IV	(u)	1,29	0,18	1,81	0,57	1,01	0,18	1,24	0,31	1,34	0,45
	(t)	2,05	0,37	2,23	0,49	1,32	0,19	1,85	0,31	1,86	0,49
	(bo)	1,66	0,61	1,34	0,32	1,08	0,29	1,30	0,30	1,34	0,44
Seramik bazında ort.		2,43	0,85	2,61	0,85	1,41	0,39	1,61	0,51		

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transluser ve bo=beyaz opak rengi gösterir

**Her seramik grubu için en yüksek ve en düşük ΔE değerleri kalın yazılmıştır

4.3.1 Renk Farklılıklarının (ΔE) Değerlendirilmesi

Siman örnek uygulanması sonrasında seramik örneklerde meydana gelen klinik olarak algılanabilir seviyedeki renk farklılıkları ($\Delta E > 3,0$):

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; Res-I-t, Res-II-t, Res-II-bo ve Res-III-bo siman grupları için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; Res-II-u, Res-III-u, Res-I-t ve Res-II-t siman grupları için tespit edildi.
- In Ceram alumina (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları için ise hiç bir siman grubunda bu seviyede bir renk farklılığı tespit edilmedi.

Siman örnek uygulanması sonrasında seramik örneklerde meydana gelen renk farklılıkları (ΔE) değerlendirildiğinde:

- IPS e.max (mo) seramik grubu için; en yüksek ΔE değeri Res-II-bo (3,57±0,43), en düşük ise Res-IV-u (1,29±0,18) siman için tespit edildi.
- IPS e.max (ht) seramik grubu için; en yüksek ΔE değeri Res-II-t (3,66±0,38), en düşük ise Res-IV-bo (1,34±0,32) siman için tespit edildi.
- In Ceram Alumina (al) seramik grubu için; en yüksek ΔE değeri Res-II-t (1,96±0,24), en düşük ise Res-IV-u (1,01±0,18) siman için tespit edildi.
- Zirkonyum (zi) seramik grubu için ise; en yüksek ΔE değeri Res-II-t (2,38±0,31), en düşük ise CIS-u ve Res-II-bo (1,07±0,16) simanlar için tespit edildi.
- Sadece seramik grupları bazında renk farklılıkları değerlendirildiğinde, en yüksek renk farklılığına IPS e.max (ht) (2,61±0,85), en düşük renk ise In Ceram alumina (1,41±0,39) seramik grubunda rastlanıldı.
- Sadece siman grupları bazında renk farklılıkları değerlendirildiğinde, en yüksek renk farklılığına Res-II-t (2,77±0,74), en düşük renk ise Res-IV-u ve Res-IV-bo (1,34±0,44) siman gruplarında rastlanıldı.
- Seramik gruplarına genel olarak bakıldığında, en yüksek renk farklılığı değerlerinin Res-II siman için, ağırlıklı olarak da translüsent rengi için tespit edildiği görüldü.

4.3.2 Renk Farklılıklarının (ΔE) Karşılaştırılması

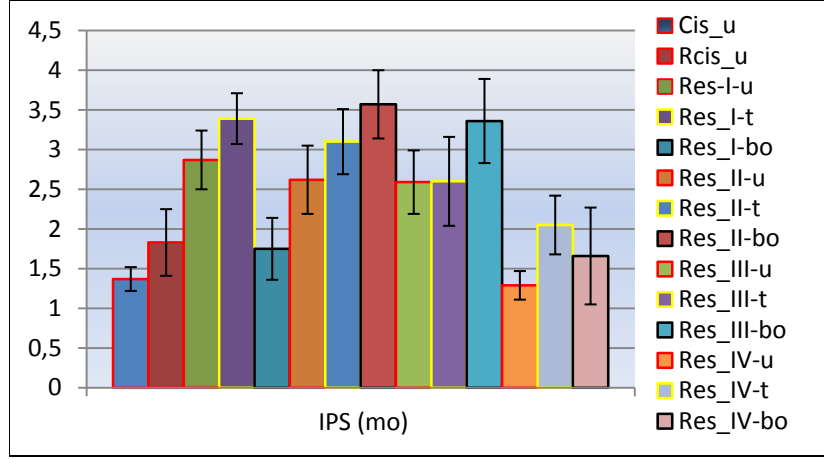
4.3.2.1 IPS e.max (mo) Grubu İçin ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.2 IPS e.max (mo) seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıklarının karşılaştırılması

(mo)	CIS			RES-I			RES-II			RES-III			RES-IV		
	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	
Renk	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	
ΔE	1,37	1,83	2,87	3,39	1,75	2,62	3,10	3,57	2,59	2,60	3,36	1,29	2,05	1,66	
Tukey	f	ef	bc	ab	ef	cd	abc	a	cd	cd	ab	f	de	ef	

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=translütent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0,05)



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar: kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo

Şekil 4.3.1 IPS e.max (mo) seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

IPS e.max (mo) seramik grubu için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları karşılaştırıldığında:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t, Res-III-bo ve Res-IV-t siman grupları arasında
- Universal renkteki Ketac Cem Plus (RCIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t ve Res-III-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Maxcem (Res-I-u) siman grubu ile Res-I-bo, Res-II-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Maxcem (Res-I-t) siman grubu ile Res-I-bo, Res-III-u, Res-III-t, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Maxcem (Res-I-bo) siman grubu ile Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t ve Res-III-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu ile Res-II-bo, Res-III-bo Res-IV-u ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Variolink II (Res-II-t) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Variolink II (Res-II-bo) siman grubu ile Res-III-u, Res-III-t, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında

- Universal renkteki Clearfil (Res-III-u) siman grubu ile Res-III-bo, Res-IV-u ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Clearfil (Res-III-t) siman grubu ile Res-III-bo, Res-IV-u ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Clearfil (Res-III-bo) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Relyx (Res-IV-u) siman grubu ile Res-IV-t siman grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p < 0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p > 0,05$) (Şekil 4.3.1).

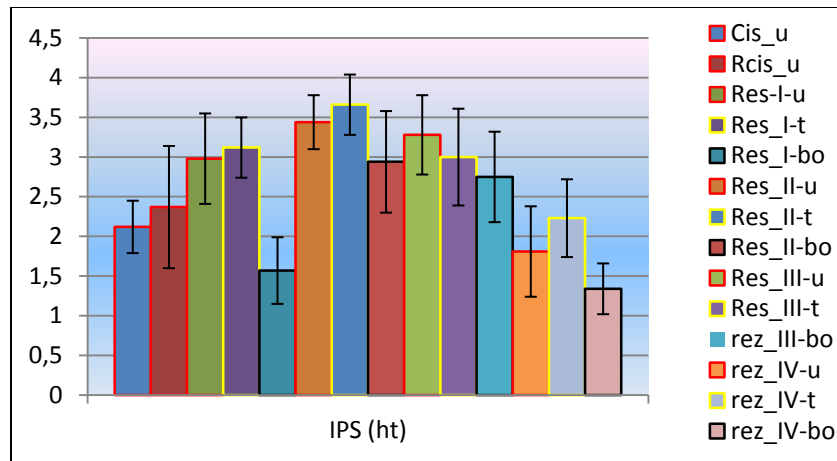
4.3.2.2 IPS e.max (ht) Grubu İçin ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.3 IPS e.max (ht) seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıklarının karşılaştırılması

(ht)	CIS		RCIS			RES-I			RES-II			RES-III			RES-IV		
	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo			
ΔE	2,12	2,37	2,98	3,12	1,57	3,44	3,66	2,94	3,28	3,00	2,75	1,81	2,23	1,34			
Tukey	def	cde	abc	ab	fg	ab	a	bc	ab	abc	bcd	efg	def	g			

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$)



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.2 IPS e.max (ht) seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

IPS e.max (ht) seramik grubu için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları karşılaştırıldığında:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Ketac Cem Plus (RCIS-u) siman grubu ile Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t, Res-III-u ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Maxcem (Res-I-u) siman grubu ile Res-I-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Maxcem (Res-I-t) siman grubu ile Res-I-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Maxcem (Res-I-bo) siman grubu ile Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t ve Res-III-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Variolink II (Res-II-t) siman grubu ile Res-II-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Variolink II (Res-II-bo) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Universal renkteki Clearfil (Res-III-u) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Clearfil (Res-III-t) siman grubu ile Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Clearfil (Res-III-bo) siman grubu ile Res-IV-u ve Res-IV-bo siman grupları arasında
- Transludent renkteki Relyx (Res-IV-t) siman grubu ile Res-IV-bo siman grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Şekil 4.3.2).

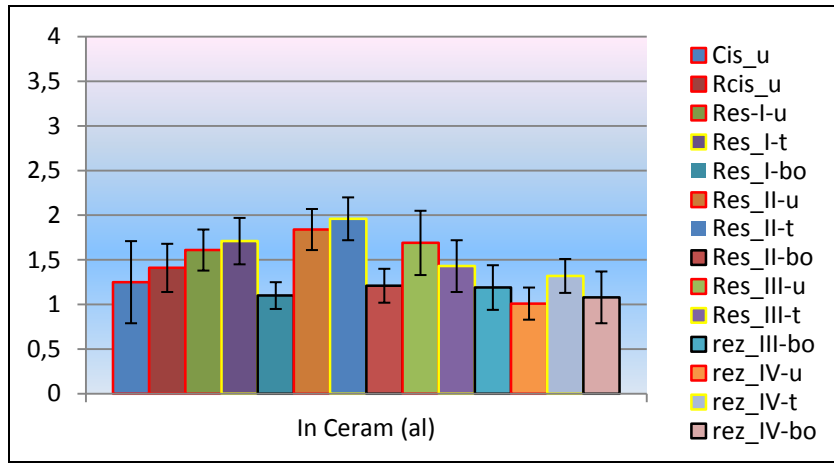
4.3.2.3 In Ceram Alumina (al) Grubu İçin ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.4 In Ceram Alumina seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıklarının karşılaştırılması

(al)	CIS	RCIS	RES-I			RES-II			RES-III			RES-IV		
Renk	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo
ΔE	1,25	1,41	1,61	1,71	1,10	1,84	1,96	1,21	1,69	1,43	1,19	1,01	1,32	1,08
Tukey	bcd	a-d	a-d	abc	cd	ab	a	bcd	a-d	a-d	bcd	d	a-d	cd

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.3 In Ceram Alumina (al) seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

In Ceram Alumina seramik grubu için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları karşılaştırıldığında:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu ile Res-II-t grubu arasında
- Transludent renkteki Maxcem (Res-I-t) siman grubu ile Res-IV-t grubu arasında
- Beyaz opak renkteki Maxcem (Res-I-bo) siman grubu ile Res-II-u ve Res-II-t grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu ile Res-IV-u ve Res-IV-bo grupları arasında

- Transludent renkteki Variolink II (Res-II-t) siman grubu ile Res-II-bo, Res-IV-u ve Res-IV-bo grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Şekil 4.3.3).

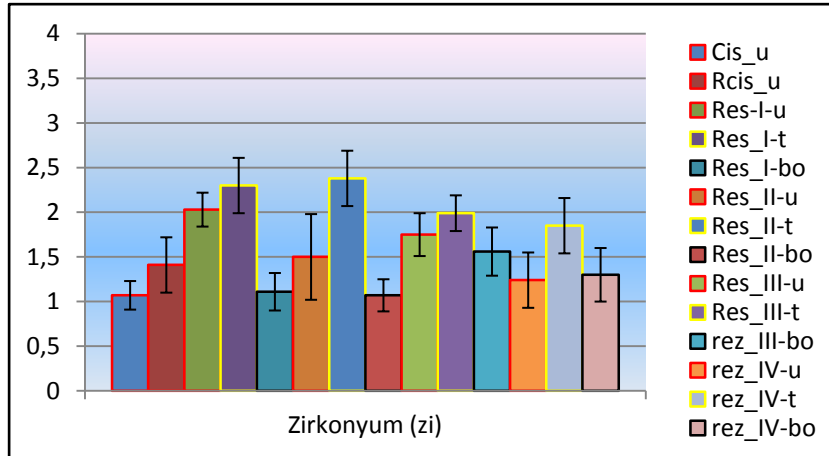
4.3.2.4 Zirkonyum (zi) Grubu İçin ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.5 Zirkonyum seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıklarının karşılaştırılması

(al)	CIS	RCIS	RES-I			RES-II			RES-III			RES-IV		
Renk	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo
ΔE	1,07	1,41	2,03	2,30	1,11	1,50	2,38	1,07	1,75	1,99	1,56	1,24	1,85	1,30
Tukey	e	b-e	ab	a	e	b-e	a	e	a-e	abc	b-e	de	a-d	cde

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.4 Zirkonyum seramik materyali için siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

Zirkonyum seramik grubu için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları karşılaştırıldığında:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-t, Res-III-t, Res-IV-t grupları arasında
- Universal renkteki Ketac Cem Plus (RCIS-u) siman grubu ile Res-I-t ve Res-II-t grupları arasında
- Universal renkteki Maxcem (Res-I-u) siman grubu ile Res-I-bo, Res-II-bo, Res-IV-u ve Res-IV-u ve Res-IV-t grupları arasında

- Transludent renkteki Maxcem (Res-I-t) siman grubu ile Res-I-bo, Res-II-u, Res-II-bo, Res-III-bo ve Res-IV-bo grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Maxcem (Res-I-bo) siman grubu ile Res-II-t, Res-III-t, Res-IV-t grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu ile Res-II-t grubu arasında
- Transludent renkteki Variolink II (Res-II-t) siman grubu ile Res-II-bo, Res-III-bo, Res-IV-u Res-IV-bo grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Variolink II (Res-II-bo) siman grubu ile Res-III-t ve Res-IV-t grupları arasında
- Transludent renkteki Clearfil (Res-III-t) ile Res-IV-u grubu arasında
- Universal renkteki Relyx (Res-IV-u) siman grubu ile Res-IV-t grubu arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Şekil 4.3.4).

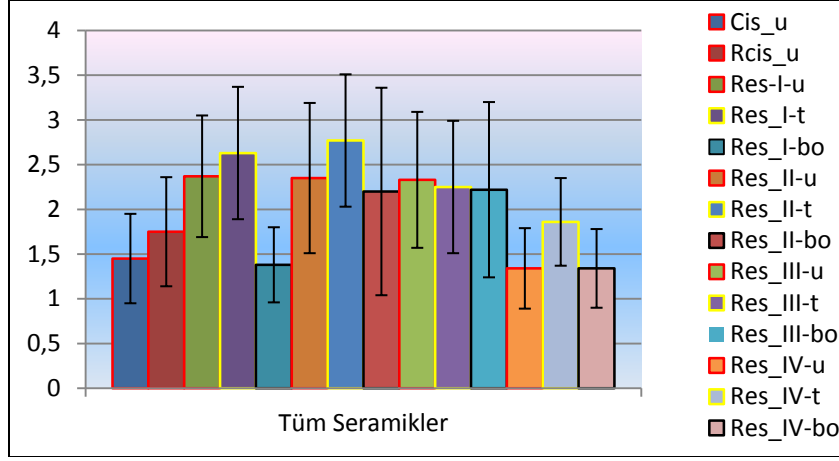
4.3.2.5 Tam Seramik Grupların Ortalamaları İçin ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.6 Tüm seramik grupları için siman materyallerinin oluşturduğu ortalama renk farklılıklarının karşılaştırılması

	CIS			RCIS			RES-I			RES-II			RES-III			RES-IV		
Renk	u	u	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo	u	t	bo				
ΔE	1,45	1,75	2,37	2,63	1,38	2,35	2,77	2,20	2,34	2,25	2,22	1,34	1,86	1,34				
Tukey	a	ab	cde	de	a	cde	e	bcd	cde	b-e	bcd	a	abc	a				

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)



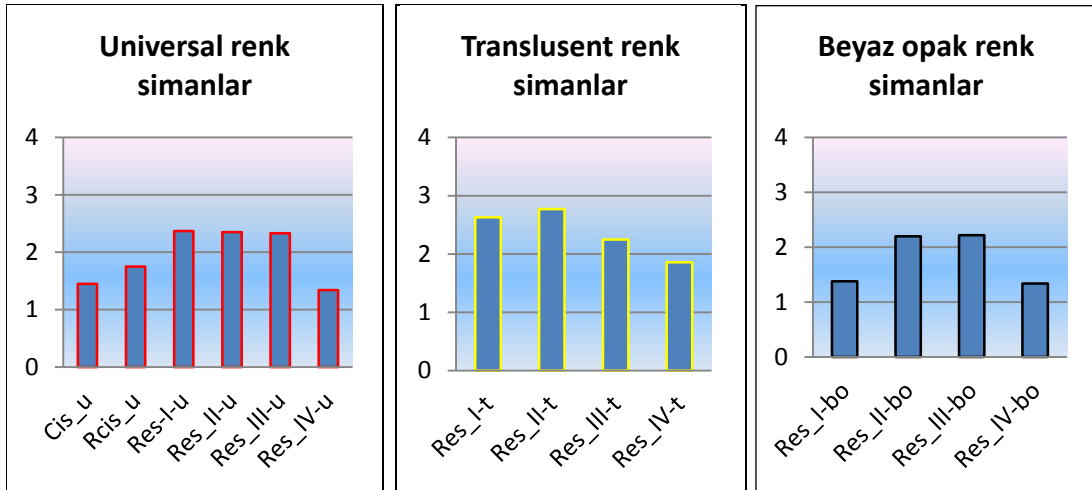
*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.5 Tüm seramik grupları için siman materyallerinin oluşturduğu renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

Tüm seramik grupları için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları karşılaştırıldığında:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-III-u, Res-III-t ve Res-III-bo grupları arasında
- Universal renkteki Ketac Cem Plus (RCIS-u) siman grubu ile Res-I-u, Res-I-t, Res-II-u, Res-II-t ve Res-III-u grupları arasında
- Universal renkteki Maxcem (Res-I-u) siman grubu ile Res-I-bo, Res-IV-u ve Res-IV-bo grupları arasında
- Transludent renkteki Maxcem (Res-I-t) siman grubu ile Res-I-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Maxcem (Res-I-bo) siman grubu ile Res-II-u, Res-II-t, Res-II-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu ile Res-IV-u, ve Res-IV-bo grupları arasında
- Transludent renkteki Variolink II (Res-II-t) siman grubu ile Res-II-bo, Res-III-bo, Res-IV-u, Res-IV-t ve Res-IV-bo grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Variolink II (Res-II-bo) siman grubu ile Res-IV-u, ve Res-IV-bo grupları arasında
- Universal renkteki Clearfil (Res-III-u) siman grubu ile Res-IV-u, ve Res-IV-bo grupları arasında

- Transludent renkteki Clearfil (Res-III-t) siman grubu ile Res-IV-u, ve Res-IV-bo grupları arasında
- Beyaz opak renkteki Clearfil (Res-III-bo) siman grubu ile Res-IV-u, ve Res-IV-bo grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$).
- Clearfil rezin siman grubu haricindeki rezin siman gruplarına genel olarak bakıldığında, transludent renk simanların en yüksek ΔE , beyaz opak renk simanların ise en düşük ΔE değerine sahip olduğu ve Clearfil rezin siman grubunda ise en yüksek ΔE universal, en düşük ΔE ise yine beyaz opak renk simanlar için tespit edildiği görüldü. (Şekil 4.3.5).



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.6 Tüm seramik grupları için siman materyallerinin oluşturduğu renk farklılıklarının renk parametreleri ayrımında değerlendirilmesi

Tüm seramik grupları için, siman gruplarının oluşturduğu renk farklılıkları renk parametreleri ayrımında karşılaştırıldığında:

- Universal renk parametresi için; CIS-u, RCIS-u ve Res-IV-u siman grupları ile RES-I-u, RES-II-u ve RES-III-u siman grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), kendi aralarında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$).
- Transludent renk parametresi için; RES-I-t ile RES-IV-t arasında ve RES-II-t ile RES-IV-t siman grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer siman grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$).

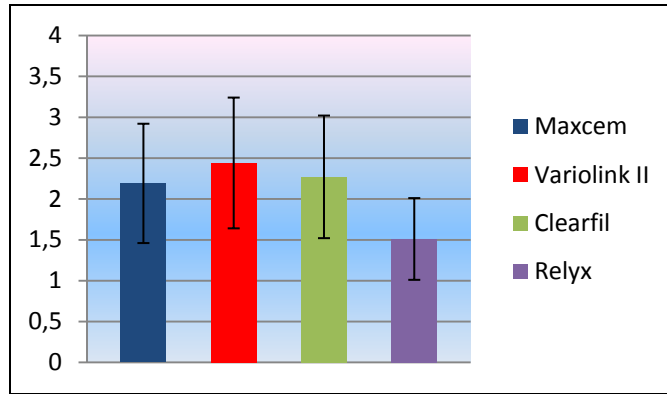
- Beyaz opak renk parametresi için ise; RES-I-bo ve RES-IV-bo siman grupları ile RES-II-bo ve RES-III-bo siman grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p < 0,05$), kendi aralarında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p > 0,05$) (Şekil 4.3.6).

4.3.2.6 Ticari Marka Bazında ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.7 Tüm seramik grupları için, rezin simanların tüm renk parametrelerine ait gruplarının oluşturduğu ortalama renk farklılıklarının (marka bazında) karşılaştırılması

Farklı ticari markalardaki rezin siman materyalleri				
Siman	Maxcem	Variolink II	Clearfil	Relyx
ΔE	2,19	2,44	2,27	1,51
Tukey	a	a	a	b

* Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$)



Şekil 4.3.7 Tüm seramik grupları için, rezin simanların tüm renk parametrelerine ait gruplarının oluşturduğu ortalama renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

Tüm seramik grupları için, rezin simanların tüm renk parametrelerine ait ortalama renk farklılıkları (marka bazında) karşılaştırıldığında:

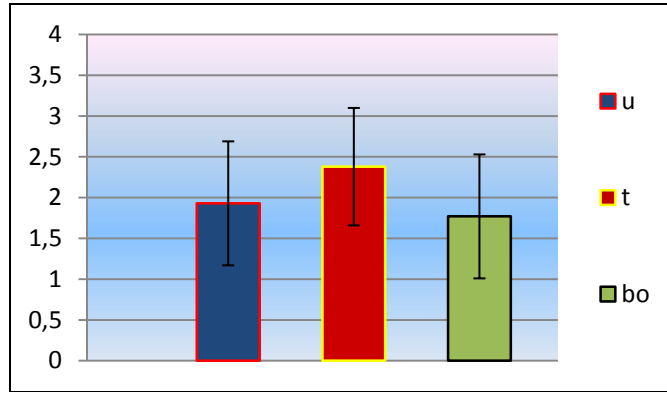
- Variolink II rezin siman için tespit edilen renk farklılıklarının ortalama değerinin en yüksek olduğu ($2,44 \pm 0,83$), en düşük ortalama değerin ise Relyx siman ($1,51 \pm 0,50$) için tespit edildiği görüldü.
- Relyx rezin siman için tespit edilen renk farklılığı, diğer tüm rezin siman materyallerine ait ortalama renk farklılığı değerlerinden oldukça düşük ve aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olduğu ($p < 0,05$), diğer gruplar arasında ise olmadığı ($p > 0,05$) tespit edildi (Şekil 4.3.7).

4.3.2.7 Renk Bazında ΔE 'nin Karşılaştırılması

Tablo 4.3.8 Tüm seramik ve siman gruplarında renk parametreleri için tespit edilen ortalama renk farklılıklarının karşılaştırılması

Ortalama renk parametreleri			
Renk	u	t	bo
ΔE	1,93	2,38	1,77
Tukey	ab	a	b

*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir
** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)



*Sütunların kenarlık rengi, renk parametrelerini sınıflar (kırmızı=u, sarı=t ve siyah=bo)

Şekil 4.3.8 Tüm seramik ve siman gruplarında renk parametreleri için renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

Tüm seramik ve siman gruplarında renk parametreleri için ortalama renk farklılıklarının karşılaştırmaları değerlendirildiğinde:

- Transludent renk parametresi için renk farklılığı değerinin en yüksek olduğu ($2,38 \pm 0,76$), en düşük değer ise beyaz opak renk parametresi için ($1,77 \pm 0,81$) olduğu tespit edildi.
- Transludent ve beyaz opak renk parametrelerinin arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), universal renk parametresi ile diğer renk parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı ($p>0,05$) tespit edildi (Şekil 4.3.8).

4.3.2.8 Her Siman Materyali İçin Seramik Grupları Arası ΔE 'nin

Karşılaştırılması

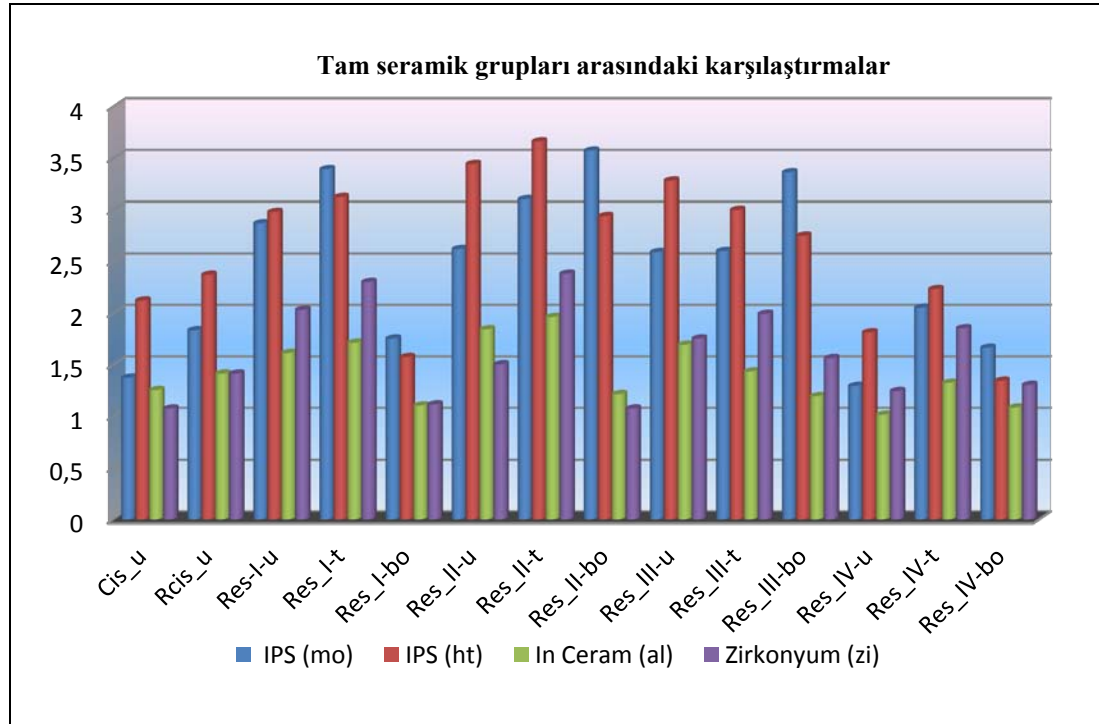
Tablo 4.3.9 Tüm siman materyalleri için seramik gruplarında gözlenen ortalama renk farklılıklarının karşılaştırılması

Siman	Renk	Seramik							
		IPS e.max (mo)		IPS e.max (ht)		In Ceram (al)		Zirconia (zi)	
		Ort	Tukey	Ort	Tukey	Ort	Tukey	Ort	Tukey
CIS	(u)	1,37	b	2,12	a	1,25	b	1,07	b
RCIS	(u)	1,83	ab	2,37	a	1,41	b	1,41	b
RES-I	(u)	2,87	a	2,98	a	1,61	b	2,03	b
	(t)	3,39	a	3,12	a	1,71	b	2,30	b
	(bo)	1,75	a	1,57	a	1,10	a	1,11	a
RES-II	(u)	2,62	b	3,44	a	1,84	c	1,50	c
	(t)	3,10	a	3,66	a	1,96	b	2,38	b
	(bo)	3,57	a	2,94	a	1,21	b	1,07	b
RES-III	(u)	2,59	a	3,28	a	1,69	b	1,75	b
	(t)	2,60	ab	3,00	a	1,43	c	1,99	bc
	(bo)	3,36	a	2,75	a	1,19	b	1,56	b
RES-IV	(u)	1,29	ab	1,81	a	1,01	b	1,24	b
	(t)	2,05	ab	2,23	a	1,32	b	1,85	ab
	(bo)	1,66	a	1,34	a	1,08	a	1,30	a
Seramik bazında ort.		2,43	a	2,61	a	1,41	b	1,61	b

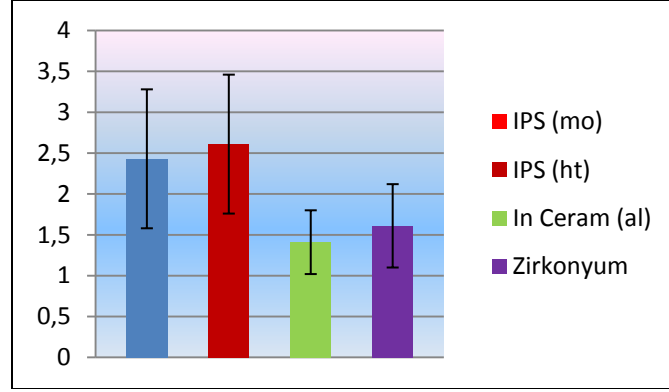
*Renk parametrelerini gösteren u=universal, t=transludent ve bo=beyaz opak rengi gösterir

** Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$)

***Harflendirmeler sadece seramik grupları arasındaki karşılaştırmalar için geçerli olup simanlar arası karşılaştırmalar için istatistiksel olarak anlam ifade etmez



Şekil 4.3.9 Her siman materyalleri için, seramik gruplarında gözlenen ortalama renk farklılıkları



Şekil 4.3.10 Siman materyallerinin tümü için seramik gruplarında elde edilen ortalama renk farklılıkları ve standart sapma (Ss) değerleri

Tüm siman materyalleri için seramik gruplarında gözlenen ortalama renk farklılıklarının karşılaştırılması değerlendirildiğinde:

- Universal renkteki Ketac Cem (CIS-u) siman grubu için; IPS e.max (ht) seramik grubu ile diğer tüm seramik grupları arasında
- Universal renkteki Ketac Cem Plus(RCIS-u) siman grubu için; IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Universal ve translüsent renklerdeki Maxcem (Res-I-u, Res-I-t) siman grupları için; IPS e.max (mo) ve IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Universal renkteki Variolink II (Res-II-u) siman grubu için; IPS e.max (mo) ile diğer tüm seramik grupları, IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Translüt ve beyaz opak renklerdeki Variolink II (Res-II-t, Res-II-bo) siman grupları için; IPS e.max (mo) ve IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Universal ve beyaz opak renklerdeki Clearfil (Res-III-u, Res-III-bo) siman grupları için; IPS e.max (mo) ve IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Translüt renkteki Clearfil (Res-III-t) siman grubu için; IPS e.max (mo) ile In Ceram (al), IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında
- Universal renkteki Relyx (Res-IV-u) siman grubu için; IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum (zi) seramik grupları arasında

- Translucent renkteki Relyx (Res-IV-t) siman grubu için; IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) seramik grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$), diğer seramik grupları arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı fark olmadığı tespit edildi ($p>0,05$) (Şekil 4.3.9).
- Siman materyallerinin tümü için seramik gruplarında elde edilen ortalama renk farklılıklarında ise, IPS e.max (mo) ve IPS e.max (ht) ile In Ceram (al) ve zirkonyum seramik grupları arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p<0,05$) tespit edildi (Şekil 4.3.10).

5. TARTIŞMA

Farklı kimyasal yapı ve renklerdeki yapıştırma simanlarının, farklı tam seramik materyallerinin sonuç renkleri üzerindeki etkisini araştırdığımız bu çalışmanın hipotezi, elde edilen bulgular doğrultusunda kabul edildi.

Seramik materyali, kararlı yapısı, yüksek aşınma direnci, düşük ısı iletkenliği, biyouyumluluğu, renk stabilitesi ve estetik üstünlüklerinden dolayı diş hekimliğinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Qualtrough ve Piddock, 1997; Lawn ve ark., 2002; Bayındır ve Uzun, 2007; Conrad ve ark., 2007; Azer ve ark., 2011). Seramik materyali, temel olarak bir tür camdır ve kırılma direnci oldukça düşüktür. Bu nedenle, sabit protetik restorasyonların yapımında, genellikle metal alt yapı desteği ile dayanıklılığı artırılarak kullanılmaktadır. Ancak metal destekli seramik restorasyonların, doğal dişin estetik özelliklerini tümüyle yansıtamaması, statik ve biyolojik uyumsuzluklarından dolayı, metal alt yapı yerine geçebilecek materyaller geliştirilmiştir (Seghi ve ark.,1986; Denissen ve ark., 1993; Qualtrough ve Piddock, 1997;Yavuzylmaz ve ark., 2005; Bayındır ve Uzun, 2007; Conrad ve ark., 2007; Li ve ark., 2009; Terzioglu ve ark., 2009). Özellikle estetiğin ön planda olduğu anterior bölgelerdeki restorasyonların yapımında, metal destekli seramiklere alternatif olabilecek pek çok tam seramik sistem geliştirilmiş ve bu konudaki araştırmalar doğal dişle benzer optik özellikler taşıyacak materyallerin üzerine odaklanmıştır (Kelly ve ark., 1996; Rosenstiel ve ark., 1998; Yüksel ve ark., 2000; Heffernan ve ark., 2002a; Yavuzylmaz ve ark., 2005; Ahn ve Lee, 2008; Li ve ark., 2009; Kilinc ve ark., 2011). Tam seramiklerin, metal destekli seramiklere göre; yapısı ve rengini oluşturan komponentlerinin doğal dişle daha çok uyuşması ve en önemlisi de yarı saydam özelliğinin ışık geçişine daha çok izin vermesi sayesinde, çok daha estetik restorasyonların yapılabilmesine olanak tanımaktadır (Rosenstiel ve ark., 1998; Yüksel ve ark., 2000; Wee ve ark., 2002; Barath ve ark., 2003; Blatz ve ark., 2003; Conrad ve ark., 2007; Chang ve ark., 2009; Xing ve ark., 2011; Azer ve ark., 2011; Kilinc ve ark., 2011). Kelly ve ark. (1996), tam seramiklerin alt yapılarına ait yarı saydamlık özelliğinin, materyal seçimini direk etkileyen ve estetik özelliğini belirleyen bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Tam seramiklerin kırılma direncini arttırmak için, alt yapının kristal yapısının artırılması, beraberinde opaklığının da

artmasına ve estetik görünümünün zayıflamasına neden olmaktadır (Seghi ve ark., 1995; Kelly ve ark., 1996; Heffernan ve ark., 2002b). Bu tez çalışmasında, klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan, değişik kimyasal yapılarda ve farklı derecelerde yarı saydamlık/opaklık özelliğinde alt yapılara sahip olan tam seramik sistemleri kullanıldı. Bu tez çalışmasında kullanılan tam seramikler, alt yapıları daha opak olandan, daha yarı saydam olana doğru; Zirkonyum, In Ceram Alumina, IPS e.max (orta opasite) ve IPS e.max (yüksek translusent) olarak sıralanabilir. Böylece farklı yapıştırma simanlarının, farklı tam seramik sistemlerin görünümünde oluşturdukları etkilerini karşılaştırma olanağı sağlandı.

Tam seramiklerin yarı saydam özelliği, materyalin estetik üstünlüğünü arttırmakla beraber renk eşleştirme işlemlerini daha komplike hale getirmekte ve restorasyonların sonuç renginin arka plan renginden daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, prepare edilmiş diş ve yapıştırma simanının rengi, tam seramik restorasyonun görünümünü etkileyebilmektedir (Yaman ve ark., 1997; Vichi ve ark., 2000; Barath ve ark., 2003; Dozic ve ark., 2003; Chu ve ark., 2007; Lee, 2007; Karaagacılıoğlu ve Yılmaz, 2008; Chang ve ark., 2009; Terzioglu ve ark., 2009; Barao ve ark., 2010; Xing ve ark., 2011; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Azer ve ark., 2011; Kilinc ve ark., 2011). Herhangi bir renklenme bulunmayan destek dişler üzerine yapılan ince yarı saydam restorasyonlar çoğu zaman memnuniyet verici sonuçlar alınmasında yeterli olmaktadır. Ancak destek dişlerde renklenmelerin olduğu veya restorasyon renginin komşu dişlerle uyummadığı durumlarda, rezin yapıştırma simanları kullanılarak, arka plan renginin maskelenmesi ve restorasyonun final renginin modifiye edilmesi gerekebilmektedir (Douglas ve Przybylska, 1999; Barath ve ark., 2003; Uzun ve Keyf, 2007; Koutayas ve Charisis, 2008; Chang ve ark., 2009; Xing ve ark., 2011; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Tam seramik restorasyonların simantasyonunda çoğunlukla; yüksek bağlanma kuvveti ve seramik materyaline desteklik sağlaması, ideal estetik özellikleri, biyouyumlulukları, minimal film kalınlığı, yüksek stabiliteleri ve ağız sıvılarında çözünmesinin düşük olması gibi avantajlarından dolayı rezin simanlar kullanılmaktadır (Piwowarczyk ve ark., 2005; Piwowarczyk ve ark., 2007; Han ve ark., 2007). Resin simanlar polimerizasyon şekillerine göre kimyasal, ışıkla ve hem ışıkla hem de kimyasal olmak üzere üç tipte bulunmaktadır. Tam seramik

restorasyonların başarısı için, yapıştırılmasında kullanılan rezin simanın polimerizasyonunu tam olarak gerçekleştirerek, fiziksel ve mekanik özelliklerinin beklentileri karşılayabilecek düzeye ulaşması gerekmektedir (Tanoue ve ark., 2003; Pegoraro ve ark., 2007). Hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olabilen rezin simanlar, kimyasal ve ışıkla polimerize olan sistemlerin olumlu özelliklerinin kombine edilmesi ve polimerizasyon derinliğinin artırılarak, süresinin kısaltılması amacıyla geliştirilmiştir (Noie ve ark., 1995; Caugman ve ark., 2001; Hofmann ve ark., 2001; Ozyesil ve ark., 2004). Işıklı, kimyasal ve hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olabilen rezin simanların özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olabilen sistemlerin, fiziksel ve mekanik özelliklerinin ışıkla ve kimyasal polimerize olan sistemlere göre çok daha başarılı olduğu bildirilmiştir (El-Mowafy ve Brochu, 1999; Hofmann ve ark., 2001). Bununla beraber, pek çok tam seramik sistemin simantasyonunda, uygulaması ve gerektiğinde sökülmesi daha basit olan geleneksel simanlar da kullanılabilir. Yapılan bu tez çalışmasında; klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan, dört farklı markada hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olabilen rezin siman, biri cam iyonomer ve diğeri de rezin modifiye cam iyonomer olmak üzere iki çeşit de konvansiyonel siman kullanıldı. Konvansiyonel simanlar için örnekler tek bir renk tonu (universal), rezin simanlar için ise yarı saydamlık/opaklık özelliğine göre üç farklı renk tonunda hazırlandı (beyaz opak, universal ve translusent). Böylece bu tez çalışmasında; hem ışıkla hem de kimyasal polimerize olabilen rezin simanların farklı marka ve renk tonlarının ve konvansiyonel simanların tam seramiklerin sonuç rengine etkilerini değerlendirme olanağı sağlandı. Ayrıca farklı kimyasal yapı ve farklı renk tonlarına sahip yapıştırma simanları ile birlikte, farklı kimyasal yapı ve aynı renk tonlarına sahip yapıştırma simanlarını kendi aralarında, rezin simanları marka ve renk bazında ve tüm simanları renk bazında karşılaştırma olanağı sağlandı.

Arka planı oluşturan yapıların renginin tam seramik restorasyonların görünümü üzerindeki etkisini anlamaya yönelik yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Vichi ve ark., 2000; Carossa ve ark., 2001; Nakamura ve ark., 2002; Heffernan ve ark., 2002a; Heffernan ve ark., 2002b; Shokry ve ark., 2006; Azer ve ark., 2006; Karaagaclioglu ve Yılmaz, 2008; Chang ve ark., 2009; Omar ve ark., 2010; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011). Ancak bu

çalışmaların sonuçları birbirlerinden oldukça farklılıklar göstermiştir. Çalışmalardan elde edilen sonuçlardaki bu varyasyonların; deneysel tasarım farklılıkları, seramik örnek renkleri, arka plan materyalleri, yapıştırma simanları ve renk ölçümü yapan enstrümanlara bağlı farklılıklardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Chang ve ark., 2009; Xing ve ark., 2011).

Bu tez çalışmasında tüm renk ölçümleri, aynı standart arka plan üzerinde, örnekler ve spektrofotometrenin optik ucunun sabit bir pozisyonda konumlandırılmasını sağlayan bir kalıp içerisinde gerçekleştirildi. Böylece arka plana ve test aşamalarına bağlı gelişebilecek varyasyonlar asgari düzeye indirilmeye çalışıldı.

Bu tez çalışmasında, yapıştırma simanlarının tam seramik örneklerin sonuç rengi üzerindeki etkisi, konu hakkında yapılmış olan benzer çalışmaların aksine, siman materyalleri seramik örneklerin altına yapıştırılmadan incelendi. Bu deneysel tasarım farklılığından doğabilecek olumsuz etkilerin elimine edilebilmesi için; 0,2 ±0,05 mm kalınlık ve 11 mm çapında hazırlanan siman örnekler, seramik örneklerle optik olarak yapıştırma etkisi yaratabilecek bir kırılma indisi ajanı ile bağlanarak test edildi (Seghi ve ark., 1989; Davis ve ark., 1994; Emami ve ark., 2005; Ahn ve Lee, 2008; Lee, 2008). Wall ve ark. (1992) çalışmalarında, porselen veneer restorasyonları destekleyebilecek siman kalınlığının 0,082± 0,034 mm, Magne ve ark. (1999) ise 0,1 mm olması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında kullanılan siman örneklerin kalınlığı ise, siman örneklerin seramik disklerle yapıştırılmadan değerlendirileceği ve özellikle konvansiyonel simanların düşük kırılma dirençleri göz önünde bulundurularak 0,2 mm olarak belirlendi (Vichi ve ark., 2000; Uzun ve Keyf, 2007; Chang ve ark., 2009; de Azevedo Cubas ve ark., 2011). Ayrıca spektrofotometrik renk analizi işleminden 24 saat önce hazırlanmış olan siman örneklerin renk stabilitesinin bozulmaması için örnekler, ışık geçirmeyen kapalı bir kutu içerisinde 37°C'de bekletildi.

Bu deneysel tasarım modelinin avantajı ise; seramik örneklerin renk, kullanılan seramik sistemi, seramik alt yapı ve veneer tabakası kalınlığı, seramiklerin fırınlama şekli ve sayısı, boyama ve yüzey bitim işlemleri gibi faktörlere bağlı gelişebilecek varyasyonların ortadan kaldırılabilmesidir (Heffernan ve ark., 2002a; Heffernan ve ark., 2002b; Dozic ve ark., 2003; Shokry ve ark., 2006; Uludag ve ark.,

2007; Çelik ve ark., 2008; Lee ve ark., 2008; Başoğlu, 2009). Bu tez çalışmasında, farklı siman materyallerinin sonuç renkleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi için, dört farklı tam seramik materyali seçildi. Her seramik grubu için standart bir renk tonu (A_2) ve üretici talimatlarının önerdiği alt yapı ile veneer tabakası kalınlığı elde edilerek standart bir final kalınlık (1,5 mm) belirlendi. Her bir seramik grubu için, 10'ar adet standart seramik örnekler hazırlandı ve tüm siman gruplarına ait 560 siman örnek bu standart seramik örneklerle değerlendirildi. Böylece her bir siman örneğe bağlanmak üzere, her seramik grubu için hazırlanacak 140, toplam 560 adet seramik örneğe bağlı gelişebilecek varyasyonlar, standart seramik örneklerin kullanılmasıyla elimine edilmeye çalışıldı. Ayrıca, 560 adet yerine 40 adet seramik örnek hazırlanması, ciddi zaman ve ekonomik kazanç elde edilmesini sağladı.

Diş hekimliğinde kullanılan renk analiz yöntemleri; görsel ve cihaz yardımıyla yapılan renk ölçüm yöntemleri olmak üzere temel olarak ikiye ayrılır. Görsel renk ölçüm yöntemlerinin daha basit, düşük maliyetli ve pratik olması, daha fazla tercih edilmelerine neden olmaktadır. Ancak elde edilen sonuçların subjektif olması ve matematiksel olmaması gibi sınırlamaları da bulunmaktadır (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Van Der Burgth ve ark., 1985; Johnston ve Kao, 1989; Omar ve ark., 2010). Öte yandan cihaz yardımıyla yapılan ölçümler ise hızlı ve objektif sonuç alınması yanı sıra, bu sonuçların matematiksel verilere dönüştürülebilmesi gibi avantajlara sahiptir (Seghi, 1990; Okubo ve ark., 1998; Wee ve ark., 2002; Bayındır ve Wee 2006; Kucukesmen ve ark., 2008; Da Silva ve ark., 2008; Chu ve ark., 2010). Spektrofotometreler, kolorimetreler, dijital kameralar ve görüntü sistemleri en yaygın kullanılan renk ölçüm cihazlarıdır. Kolorimetreler görünür ışığı kırmızı, yeşil ve mavi alanlarda filtreleyerek, tristimulus değerlerini ölçebilen aletlerdir. Spektrofotometreler ise bir obje üzerinden yansıyan 1-25 nm arası dalga boyundaki görülebilir ışığı ölçen aletlerdir. Kolorimetreler, spektrofotometrelere göre daha ucuz ve basit aletlerdir. Ancak spektrofotometrelerin ise kolorimetrelere göre, üç yerine daha çok dalga boyunda ölçüm yapabilmeleri sayesinde insan gözünün tespit edemeyeceği renkleri dahi algılayabilmeleri, standart koşullarda hata paylarının daha düşük, daha tutarlı olmaları gibi üstünlükleri bulunmaktadır. Ayrıca kolorimetrelerin zamanla filtrelerinin eskimesine bağlı olarak, standardizasyonunun bozulabilmesi sorunu da mevcuttur (Craig, 2002; Paul ve ark., 2004; Paravina ve Powers, 2004;

Kucukesmen ve ark., 2008; Da Silva ve ark., 2008; Karaagaçlıoğlu ve Yılmaz, 2008; Kim-Pusateri ve ark., 2009; Chu ve ark., 2010). Görsel renk tespit yöntemlerine göre spektrofotometre kullanılarak yapılan renk ölçümlerinin doğruluğu %33, objektifliği ise %93,3 oranında daha yüksek bulunmuştur (Paul ve ark., 2004; Chu ve ark., 2010). Spektrofotometrenin bu üstün özellikleri nedeniyle, bu tez çalışmasında da VITA Easyshade spektrofotometre cihazı tercih edildi.

CIEL*a*b* renk sisteminin geliştirilmesi, dental materyal araştırmaları için renk farklılıklarının ölçülmesi ve hesaplanması konusunda mihenk taşı olmuştur. CIE “Comission de l ‘Eclairage” tarafından, 1976 yılında geliştirilmiş olan sistem, renk ölçümü işlemi için standart bir yöntem olarak kabul edilmiş ve her renk, üç boyutlu CIEL*a*b* renk uzayında özgün bir yer kaplamaktadır (Barath ve ark., 2003). CIEL*a*b* renk sisteminde; L*, Munsell sistemindeki value değeri ile orantılıdır ve rengin açıklık-koyuluk veya siyah-beyaz karakterini gösterir. Saf siyah rengin L* değeri 0 iken, saf beyazın L* değeri 100’dür ve L* değeri arttıkça renk açılarak saf beyaza, azaldıkça koyulaşır ve saf siyaha yaklaşır. CIE a*b* değerleri ise Munsell sistemindeki hue ve kroma değerleri ile orantılı olup, a* parametreleri bir cismin kırmızı (+) ile yeşil (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değeri arttıkça renk kırmızıya azaldıkça yeşile kayar. b* parametreleri de cismin sarı (+) ile mavi (-) arasındaki koordinatlarını gösterir. Değeri arttıkça renk sarıya azaldıkça maviye kayar. a*b* koordinatlarının 0 değerleri, nötral renkleri (beyaz, gri) verirken bu değerlerin artması rengin daha yoğun ve doygun olduğunu gösterir (Bilmeyer ve Saltzman, 1981; Seghi ve ark., 1986; Okubo ve ark., 1998; Paravina ve Powera, 2004; Joiner, 2004; Guler, 2005b; Bayındır ve Wee, 2006; Kucukesmen ve ark., 2008).

Uzun ve Keyf (2007), çalışmalarında; üç farklı post materyalinden (seramik; opak kaplı Cr-Ni; Cr-Ni) oluşan arka planlar üzerinde, dört farklı renkteki (beyaz opak; beyaz; sarı; A₄) rezin yapıştırma simanlarının (Variolink II), iki farklı seramik materyaline (IPS Empress I ve II) ait sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Seramik disklerin, sıgır dişine ait dentin arka plan üzerinde yapılan renk ölçümlerini, kontrol grubu olarak almışlardır. Her iki seramik grubunda da kontrol grubuna göre, beyaz opak siman uygulanan örneklerin tüm arka planlarda L* değerinde artmaya, diğer renk simanların ise azalmaya neden olduğu

bildirilmiştir. a^* değerinde, tüm gruplarda azalma olduğu, b^* değerinde ise; beyaz opak siman uygulanan örneklerin tamamında ve seramik arka plan üzerindeki IPS Empress 2 grubu için tüm siman renklerinde artış, diğer örnekler için ise azalma olduğu bildirilmiştir. Ayrıca arka plan rengi koyulaştıkça L^* değerleri arasındaki farkın (ΔL^*) azaldığı, a^* ve b^* değerleri arasındaki farkın arttığı tespit edilmiştir.

Terzioglu ve ark. (2009), çalışmalarında; iki farklı renkteki (A_1 , A_3) rezin yapıştırma simanının (RelyX ARC), A_1 renk ve değişik kalınlıklardaki (0,5;1;2;3mm) tam seramik disklerin (IPS Empress) sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, tam seramik disklerin kalınlığının artması ve yapıştırma simanının kullanılmasının L^* değerinin azalmasına neden olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca her iki renkteki yapıştırma simanının da, tam seramiklerin daha yeşil ve mavi (a^* ve b^* 'de azalma) görünmesine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Xing ve ark. (2011), çalışmalarında; farklı renklerdeki (beyaz opak, $B0_5$, A_3 , A_1 , translucent) rezin yapıştırma simanı (RelyX Veneer Cement) ve kontrol pastalarının, A_2 renk ve değişik kalınlıklardaki (1; 0,8; 0,5 mm) Ceromer veneer materyalinin sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu tez çalışmasında a^* değeri için kesin bir yön belirlenememiştir. Ceromer materyalinin tüm kalınlıkları için, tüm siman ve kontrol pastası gruplarında L^* değerinde artma ve b^* değerinde ise azalma tespit edilmiştir. Ceromer örneklerin, siman ve kontrol pastası uygulandığında, renk değerlerinin kontrol grubuna göre daha açık ve mavi olarak görüldüğü bildirilmiştir.

de Azevedo Cubas ve ark. (2011) ise çalışmalarında; kromatik (C4) kompozit rezin (Z-250) arka plan üzerinde, iki farklı renkteki (opak, A_3) rezin yapıştırma simanının (Enforce), A_3 renk ve üç farklı kalınlıkdaki (1;1,5; 2 mm) 6 farklı seramik materyallerinin (Vitadur Alpha; IPS Classic; Vintage Halo; All Ceram; Vision Esthetic; Super Porcelain EX) sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Seramik örneklerin, arka plan üzerinde arada siman materyalleri olmadan yapılan renk ölçümleri kontrol grubu olarak kabul edilmiştir. Opak siman uygulanan seramiklerde L^* değerinde ciddi bir artış, A_3 renk siman uygulanan seramiklerde ise azalma olduğu tespit edilmiştir. a^* ve b^* değerleri için ise, her iki renk siman uygulanan seramik gruplarında artış olduğu bildirilmiştir.

Opak siman uygulanan tüm çeşit ve kalınlıklardaki seramik örneklerin, kontrol grubuna göre renk değerlerinin daha açık/beyaz, kırmızı ve sarı; A₃ renk siman uygulanan grupların ise daha koyu/siyah, kırmızı ve sarı olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Seramik kalınlığının artmasıyla beraber, özellikle opak siman uygulanan gruplarda L* ve b* değerleri arasındaki farkın düştüğü bildirilmiştir.

Bu tez çalışmasında ise, tüm tam seramik ve tüm siman grupları için, CIE L*a*b* değerlerinde ortak bir yön belirlenememekle beraber, beyaz opak renkteki rezin siman materyallerinin L* değerinde genel olarak artış, diğer renklerdeki siman gruplarında ise L* değerlerinde azalma olduğu tespit edildi. Beyaz opak renk simanların tam seramiklerin daha açık/beyaz, diğer renk simanların ise daha koyu/siyah görünmesine neden olabileceği söylenebilir. Bu sonuç, Uzun ve Keyf (2007); Terzioglu ve ark. (2009); de Azevedo Cubas ve ark. (2011)'nin çalışmalarına paralellik göstermektedir.

Bu tez çalışmasında a* ve b* değerlerine bakıldığında ise, siman uygulanan tam seramik gruplarında genel olarak bir azalma olduğu görüldü. Ancak tüm tam seramik örnek grupları için, universal renkteki Ketac Cem siman gruplarında a* değerinde, beyaz opak renkteki Variolink II ve Clerafil siman gruplarında ise b* değerinde artma olduğu tespit edildi. Ayrıca, IPS e.max seramik örnek grupları için, universal renkteki Ketac Cem Plus ve RelyX siman gruplarında da a* değerinde ve universal renkteki Ketac Cem siman gruplarında ise b* değerinde artma olduğu tespit edildi. Belirtilen bu simanların, uygulandığı tam seramiklerin daha kırmızı ve sarı, diğer tam seramiklerin ise daha yeşil ve mavi görünmesine neden olabileceği söylenebilir. Bu sonuç ise, Uzun ve Keyf (2007); Terzioglu ve ark. (2009); Xing ve ark. (2011)'nin çalışmalarıyla benzerlik göstermekle beraber, de Azevedo Cubas ve ark. (2011)'nin çalışmalarının sonuçlarıyla çelişmektedir. Tam seramik örneklerin, siman uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonraki CIE L*a*b* değerleri arasında, diğer çalışmalara paralel olarak, çoğunlukla istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edildi (p<0,05). Siman materyallerinin, tam seramiklerin optik özelliklerini etkilediği görüldü.

Siman uygulanmasının, tam seramiklerin CIE L*a*b* değerleri üzerindeki etkisinin şekli, miktarı ve yönü, büyük ölçüde siman materyalini oluşturan içeriğe bağlıdır (Johnston ve Reisbick, 1997). Ota ve ark. (2011); rezin kompozitlerin

değişik kırılma indislerine sahip matriks ve doldurucular içerdiğini, bunun da materyallerin optik özellikleri üzerinde belirleyici bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Benzer çalışmalarda da kırılma indisi karakterinin, materyalin optik özelliğini belirleyen en önemli parametrelerden biri olduğu bildirilmiştir (Emami ve ark., 2005; Lee, 2007; Lee, 2008; Lim ve ark., 2008; Yu ve Lee, 2008). İçeriği oluşturan, matriksin şekli ve çeşidi, doldurucuların tipi, partikül boyutları ve miktarı kadar aktivatör ve inhibitörler gibi minör kimyasallar ve pigment materyalleri de simanın renk karakteristiğinde önem taşımaktadır (Emami ve ark., 2005; Lee, 2008; Lim ve ark., 2008; Ota ve ark., 2011). Paravina ve Powers (2004), kompozit rezinlerin absorbe ettiği ve yansıttığı ışık miktarının içeriği oluşturan doldurucu partikülleri, pigmentler ve opakırlara bağlı olduğunu, bunun da kompozit rezinlerin özellikle yarı saydamlık parametresini etkilediğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışması ve konu hakkında yapılmış benzer çalışmalar da bu yargıyı doğrulamakta olup, incelenen kompozit rezin veya yapıştırma simanı ne olursa olsun en çok L* değerinde değişiklik tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında; tüm tam seramik örneklerde en yüksek ΔL^* değeri, Variolink II rezin siman grubunda, özellikle de translusent renginde tespit edildi. IPS e.max seramik örneklerde en yüksek Δb^* değeri beyaz opak renk Variolink II ve In Ceram, zirkonyum seramik örneklerde ise translusent renk Maxcem siman gruplarında tespit edildi. Bu sonuçlara göre; tüm tam seramik örneklerin, açıklık/koyuluk değerini en fazla translusent renk Variolink II rezin simanın, IPS e.max seramiklerin sarılık/mavilik değerini en fazla beyaz opak renk Variolink II ve In Ceram, zirkonyum seramiklerin ise en fazla translusent renk Maxcem rezin simanın etkileyebileceği söylenebilir.

Renk farklılığı (ΔE^*) değerlerinin klinik olarak fark ve kabul edilebilirlik seviyeleri hakkında yapılmış pek çok dental çalışma bulunmasına rağmen, Δa^* ve Δb^* değerleri için böyle bir seviyeden bahseden, çok az çalışma bulunmaktadır. Δa^* ve Δb^* değerlerinin klinik tolerans sınırları için Douglas ve ark. (2007); 1,1 ve 2,1 Lindsey ve Wee (2007), ise; 1,0 ve 2,6 değerlerini bildirmişlerdir. Bu tez çalışması sonucunda elde edilen Δa^* değerlerinin tamamı bu iki çalışmanın belirlediği tolerans sınırlarından küçük ($\Delta a^* < 1,0$) olmakla beraber, Δb^* 'nin 2,1 sınırından büyük olduğu 4 ve 2,6 değerinden büyük olduğu 1 grup bulunmaktadır. Bu bulgu sonucunda, bu tez

çalışmasında kullanılan yapıştırma simanlarının, seramik materyallerin b* değerlerini a* değerlerinden daha fazla etkilediği söylenebilir.

Johnston ve Reisbick (1997), çalışmalarında; üç farklı renkteki (açık; orta ve koyu) rezin takviyeli cam iyonomer, hibrit ve mikrofil kompozit rezin materyallerinin, polimerizasyon öncesi, sonrası ve su içerisinde bekletilmesinin ardından elde edilen renk farklılıkları ve yarı saydamlık özelliklerini değerlendirmişlerdir. Resin takviyeli cam iyonomer ve hibrit kompozitlerin tüm renkleri için polimerizasyon öncesi, sonrası ve suda bekletme ardından elde edilen L* değerinde gittikçe azalma, mikrofil kompozitlerde ise artma olduğunu bildirmişlerdir. Kucukesmen ve ark. (2008), çalışmalarında; bir yapıştırma simanının (Variolink II), iki farklı ışık cihazıyla (Holojen, LED) polimerize edilmesinin ardından, iki farklı kalınlıktaki (1;2 mm) seramik örneklerin (IPS Empress 2) renk parametrelerinde meydana gelen değişiklikleri incelemişlerdir. Her iki ışık cihazıyla polimerize edilen, her iki kalınlıktaki seramik örnekler için de; L* ve b* değerinde azalma, a* değerlerinde ise artma olduğunu bildirmişlerdir. Sidhu ve ark. (2006) da çalışmalarında; kompozit rezinlerin polimerizasyon sonrasında, özellikle b* değerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Kompozit materyalindeki bu renk değişiminin, komfrokinoon gibi foto aktivatörlerin polimerizasyon sonrasında azalmasına bağlı gelişebileceğini bildirmişlerdir (Shortall 2005; Sidhu ve ark. 2006). Taira ve ark. (1999), dental rezinlerin polimerizasyon sonrasında optik özelliklerinde meydana gelen değişimin, materyalin yapısal özelliğine ve uygulanan ışığın dalga boyuna bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Restoratif veya yapıştırma amacıyla kullanılan dental rezinlerin, polimerizasyon sonrası ortaya çıkabilen renk değişiminin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında; siman materyallerinin polimerizasyonu sonrasında ortaya çıkabilecek renk farklılıklarının elimine edilmesi ve siman materyallerinin sadece sonuç renk karakterlerinin değerlendirilebilmesi için, siman örnekler polimerizasyonları tamamlanana kadar, 24 saat boyunca karanlık, kapalı bir kutuda bekletilmişlerdir.

CIE L*a*b* renk sisteminde, iki renk arasındaki farklılık (ΔE), bu renklere ait L*, a*, b* koordinatları arasındaki uzaklığın sayısal olarak ifade edilmesidir (Uludağ ve ark., 2007; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011). ΔE değerinin sıfır olması, iki rengin aynı olduğu, sıfırdan farklı olması ise bir renk

farklılığı olduğu anlamına gelir. ΔE değeri arttıkça, renk farklılığı da belirginleşerek gözle algılanabilmeye başlar. Yapılan çalışmalara göre; klinik olarak insan gözünün renk farklılığını tespit edebileceği ΔE değer sınırı, tam olarak netleşmemiştir. Bazı araştırmacılara göre; ΔE değerinin 1'in altında olduğu renk farklılıklarının görsel olarak fark edilemeyeceği, 1-2 arasında olduğunda kısmen fark edilebileceği ancak klinik olarak kabul edilebileceği ve 2'den büyük olduğunda ise kolaylıkla fark edilebileceği ve klinik olarak kabul edilemeyeceği bildirilmiştir (Seghi ve ark., 1986; Seghi ve ark., 1989; Seghi, 1990; Paravina ve Powers, 2004). O'Brien (2002); ΔE değerinin "0" olmasını klinik olarak mükemmel renk algısı, "0,5-1" arasında olmasını klinik olarak çok iyi renk algısı (klinik olarak fark edilemez), "1-2" olmasını klinik olarak iyi bir renk algısı (klinik olarak kısmen fark edilebilir), "2-3,5" arasında olmasını klinik olarak kabul edilebilir ve "3,5" tan büyük olmasını ise klinik olarak uyumsuz renk algısı olarak ifade etmiştir. Xing ve ark., (2011), 0,1-0,2 mm kalınlığındaki değişik siman örneklerin, 0,8-1,5 mm kalınlığındaki değişik seramik örneklerin sonuç renkleri üzerindeki etkileri hakkında bilgi edinilebilecek çalışmaları değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada ve konu hakkında yapılmış olan diğer benzer çalışmalarda, klinik olarak kolayca fark edilebilen ve uyumsuz olarak kabul edilen ΔE değeri sınırı, genel olarak; "2" (Vichi ve ark., 2000; Wee ve ark., 2002; Barath ve ark., 2003; Karamouzos ve ark., 2007; Chang ve ark., 2009; Xing ve ark., 2011), "2,6" (Ragain ve Johnston, 2000; Azer ve ark., 2006; Yu ve Lee, 2008), "3" (Douglas ve Przybylska, 1999; Zhang ve ark., 2000; Kilinc ve ark., 2011), "3,3" (Ruyter ve ark., 1987; Noie ve ark., 1995; Johnston ve Reisbick, 1997; Okubo ve ark., 1998) ve "3,7" (Johnston ve Kao, 1989; O'Brien, 1991; Douglas, 2000; Karaagaclioglu ve Yilmaz, 2008; Terzioglu ve ark., 2009; Li ve ark., 2009; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011) olarak bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise; deneysel tasarım modeli, siman ve seramik örnek kalınlıkları göz önünde bulundurulduğunda, ΔE değerinin 3,0 birime denk ve küçük olduğu renk farklılıkları klinik olarak kabul edilebilir, bu değerden büyük olanlar ise klinik olarak kabul edilemez (uyumsuz) olarak nitelendirildi (Douglas ve Przybylska, 1999; Zhang ve ark., 2000; Kilinc ve ark., 2011).

Vichi ve ark. (2000), çalışmalarında; seramik kalınlığı, siman renk ve kalınlığının opak post renginin maskelenmesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Farklı renklerdeki tüm yapıştırma simanlarının, seramiğin sonuç rengi üzerinde çok küçük de olsa etkilerinin olduğu ancak oluşan renk farklılıklarının gözle fark edilemeyecek seviyede olduğunu bildirmişlerdir ($\Delta E < 1,0$). Siman renkleri arasındaki renk farklılıklarının $0,4 < \Delta E < 0,7$ arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Azer ve ark. (2006), çalışmalarında; dört farklı renkte (A3, B3, C3, D3) disk şeklindeki kompozit rezin (Tetric Ceram) alt yapı materyalleri ve iki farklı renkteki (transludent, A₃) yapıştırma simanlarının (Variolink II), A₂ renginde disk şeklindeki seramik örneklerin (IPS Empress) sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada aynı renkteki kompozit alt yapı materyalleri (A3, B3, C3, D3) için, A3 ve transludent rezin siman renkleri arasında tespit edilen renk farklılıkları sırasıyla; (1,1), (1), (0,9) ve (0,7) birim olarak tespit edilmiştir. Ancak, bu çalışmada karşılaştırılan tüm kompozit ve siman grupları için, CIEL*a*b* renk parametreleri ve ΔE seviyeleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark tespit edilememiştir ($p > 0,05$).

Bu tez çalışmasında tespit edilen tüm ΔE değerlerinin, görsel olarak fark edilebilir seviyenin üzerinde olduğu görüldü ($\Delta E > 1$). Bu tez çalışması sonucunda elde edilen ΔE değerleri, Vichi ve ark. (2000) ve Azer ve ark. (2006), çalışmalarının sonucunda elde edilen ΔE değerlerine göre daha yüksek seviyelerde bulundu. Bu durum, diğer çalışmalarda tespit edilen ΔE değerlerinin seramik, arka plan ve siman komplekslerinin kendi aralarında karşılaştırılması ile hesaplanmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu tez çalışmasında test edilen siman renkleri arasında, bu iki çalışmanın aksine istatistiksel olarak fark olduğu görüldü ($p < 0,05$).

Li ve ark. (2009), çalışmalarında; üç farklı kompozit rezin materyaline ait (Para Post; DMG; Bisco) değişik renklerde (opak, nötral; beyaz, dentin; beyaz, mavi, A₃) disk şeklindeki alt yapı örneklerini arada A₃ renk ve 0,1mm kalınlığında rezin yapıştırma simanı (RelyX ARC) kullanarak iki farklı renkteki (A₁ ve A₃) tam seramik (In-Ceram; Empress 2; Vita Mark 2) örneklere birleştirmiş ve bu kombinasyonları VITA renk skalasındaki A₁ ve A₃ renk tablaları ile karşılaştırmışlardır. Kompozit rezin alt yapı/seramik kombinasyonlarının renk tablalarına göre oluşan renk farklılıklarının, klinik olarak kabul edilemez seviyede olduğunu bildirmişlerdir ($\Delta E > 3,7$). Tüm seramik sistemlerin her iki renk örnek

grupları için, nötral ve dentin kompozit renklerinin en düşük seviyede, mavi ve opak renklerin ise en yüksek seviyede renk farklılığı oluşturduğu bildirilmiştir.

Bu tez çalışması sonucunda elde edilen ΔE değerlerinin, Li ve ark. (2009) 'nın sonuçlarına göre daha küçük olduğu görüldü. Araştırmacılar, renk farklılıklarının bu kadar yüksek olmasını, geleneksel renk ölçüm tablalarının tam seramikler için uygun olmamasına bağlamışlardır. Ayrıca renk tablalarının, içerisinde opak katmanın da bulunması pek çok tabakadan oluşması ve kalın olması nedeniyle porselen laminate veneerler için uygun olmadığını bildirmişlerdir (Karaagacılıoğlu ve Yılmaz, 2008; Li ve ark., 2009).

Chang ve ark. (2009), iki bölümden oluşan çalışmalarının ikinci bölümünde; 1,3 mm servikal, 1,5 mm orta ve 2 mm'lik insizal preparasyon yapılmış bir santral diş için hazırlanan, A₁ renkteki lityum disilikat (Empress 2) ve zirkonyum (Katana) tam seramik kronların sonuç renkleri üzerinde, dört farklı renkteki (ST9; Bleach XL; ST3 ve ST5) abutment (IPS Natural Die) ve üç farklı renkteki (opak; bleach; kroma) rezin yapıştırma simanlarının (Esthetic Cem) etkilerini değerlendirmişlerdir. Seramik kronların sonuç renkleri üzerinde, yapıştırma simanlarının oluşturduğu etki tek başına değerlendirildiğinde; sadece beyaz (bleach) renk yapıştırma simanının Empress kronların servikal alanında klinik olarak kabul edilemez seviyede renk farklılığı oluşturduğu ($\Delta E > 2,0$), bu alanda en az renk farklılığının ise kroma rengi için tespit edildiği bildirilmiştir. Opak renk yapıştırma simanının ise, her iki seramik sistemi için orta alanda en fazla renk farklılığı oluşturduğu bildirilmiştir.

Chaiyabutr ve ark. (2011), çalışmalarında; dört farklı renkteki [açık (ND3); orta açık (ND5); orta koyu (ND7); koyu (ND9)] die materyalinden (IPS Natural Die) hazırlanan abutmentler ve iki farklı renkteki (transludent, beyaz opak) rezin yapıştırma simanının (Variolink II), yüksek transludent yapı ve dört farklı kalınlıktaki (1;1,5;2;2,5 mm) tam seramik kronların (IPS e.max CAD) sonuç rengi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Tam seramik kronların transludent renkteki (ND1) abutmentler üzerinde yapılan renk ölçümleri, kontrol grubu olarak belirlenmiştir. ND9 abutment üzerine hazırlanan 1 mm kalınlığındaki seramik örnekler için her iki siman rengi, 1,5 mm kalınlığındaki seramik örnekler için ise de sadece transludent siman rengi için tespit edilen ΔE değerlerinin klinik olarak kabul edilemez seviyede olduğu bildirilmiştir ($\Delta E > 3,7$). ΔE değerlerinin, abutment rengi koyulaştıkça ve

seramik kalınlığı azaldıkça arttığı bildirilmiştir. Genel olarak beyaz opak siman rengi için tespit edilen ΔE değerlerinin, translusent siman rengine göre daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Konu hakkında yapılan çalışmalarda, seramik kalınlığının 2,0 mm olduğu örneklerde arka plan renginin etkisinin klinik olarak fark edilemeyeceği ($\Delta E < 1$), 1,5 mm olduğunda ancak renk ölçüm cihazlarıyla fark edilebileceği ($1 < \Delta E < 2$) ve 1 mm' den ince olduğunda ise gözle bile kolaylıkla fark edilebileceği bildirilmiştir (Karaagaclıoğlu ve Yılmaz, 2008; Chang ve ark., 2009; Azer ve ark., 2011). Bu tez çalışmasında tespit edilen tüm renk farklılıklarının görsel olarak fark edilebilir seviyenin üzerinde ($\Delta E > 1$), çoğunun da klinik olarak kabul edilebilir seviyede ($\Delta E \leq 3$) olduğu görüldü. Renk farklılıklarının klinik olarak kabul edilemeyeceği seviyedeki ($\Delta E > 3$) değerleri, daha translusent seramik yapısına sahip IPS e.max seramik materyalleri için tespit edildi. Chang ve ark. (2009) ve Chaiyabutr ve ark. (2011)'nin çalışmaları sonucunda elde ettikleri ΔE değerlerinin seviyeleri, çalışmamızla daha fazla benzerlik göstermektedir.

Bu tez çalışmasında elde edilen ΔE değerlerinin sadece renk parametrelerine göre alınan ortalamalarına bakıldığında, en düşük renk farklılığı seviyesinin beyaz opak ($\Delta E = 1,77$), en yüksek seviyenin ise translusent ($\Delta E = 2,38$) renk için tespit edildiği görülmektedir. Bu sonuç, Chaiyabutr ve ark. (2011)'nin (ΔE beyaz opak $< \Delta E$ translusent) elde ettikleri sonuçlarla paralellik göstermekle beraber, Chang ve ark. (2009)'nin (ΔE kroma $< \Delta E$ bleach ve opak), Li ve ark. (2009)'nin (ΔE nötral veya dentin $< \Delta E$ mavi ve opak) tespit ettikleri sonuçlarla çelişmektedir. Bu tez çalışmasında, beyaz opak siman renk parametresinin daha düşük seviyede renk farklılığına neden olması; tüm ölçümlerin gerçekleştirildiği beyaz arka planın rengi ile beyaz opak siman renklerine ait açıklık/koyuluk (L^*) ve kroma (C^*) değerlerinin, diğer siman renklerine göre, birbirine daha yakın olmasından kaynaklanıyor olabilir. Değişik renklerdeki yapıştırma simanlarının, tam seramiklerin CIE $L^*a^*b^*$ değerlerinde meydana getirdikleri değişikliklere bakıldığında da; beyaz opak simanların özellikle L^* değerlerinde, daha az etki yarattıkları görüldü. Yapıştırma simanlarının, tam seramiklerin açıklık/koyuluk değerlerinde, universal siman

renginden translusent siman rengine doğru görünen düşmeyle ters orantılı olarak ΔE değerlerinde gözlenen artış da bu yargıyı desteklemektedir.

Ancak Xing ve ark. (2011) ise çalışmalarında; ceromer veneer materyalinin sonuç rengi üzerinde en fazla beyaz opak renkteki ($\Delta E=2,83$), en az translusent renkteki ($\Delta E=1,16$) rezin simanın (RelyX) değişiklik yarattığını bildirmişlerdir. Tez çalışmamızla çelişen bu sonuçlara; yapıştırma simanlarının sonuç rengindeki etkilerinin değerlendirilmesinde, temel olarak UDMA kompozit rezin matris ve zirkonyum silikat dolduruculardan oluşan ceromer materyalinin kullanılmış olması, siman kalınlığının daha ince olması (0,1mm) ve kromatik bir (A_3) arka plan renginin kullanılmış olması neden olmuş olabilir. Aynı şekilde, Chang ve ark. (2009)'nın çalışmalarında da, beyaz ve opak renk simanlar için kroma renk simanlara göre daha fazla renk değişikliği tespit edilmesi, kullanılan ST9 arka planın kromatik yapısından kaynaklanıyor olabilir.

Barath ve ark. (2003), çalışmalarında renk ölçümü yaparken sıklıkla standart siyah ve beyaz arka plan kullanılmasının, seramiklerin sonuç renkleri üzerinde etki ettiğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında kullanılan standart beyaz arka plan renginin de, alınan sonuçlarda etkisi olduğu tahmin edilmektedir. Arka plan rengine daha yakın olan beyaz opak simanlar için en az renk farklılığı tespit edilirken, daha kromatik ve translusent yapılardaki universal ve translusent simanlar için tespit edilen renk farklılığı miktarlarının artması, bu yargıyı desteklemektedir. Yapılan çalışmalar, arka plan rengi ile restoratif materyalin renklerinin farklı olması durumunda beyaz ve opak renkteki yapıştırma simanlarının, diğer simanlara göre daha az renk farklılığı oluşturduğunu bildirmiştir (Uzun ve Keyf, 2007; Chang ve ark., 2009; de Azevedo Cubas ve ark., 2011; Chaiyabutr ve ark., 2011).

Bu tez çalışmasında en yüksek renk farklılığı (ΔE) değeri, IPS e.max (ht) seramik materyaline uygulanan translusent renkteki Variolink II (3,66) ve en düşük renk farklılığı değeri ise In Ceram (al) seramik materyaline uygulanan universal renkteki RelyX (1,01) rezin siman grubu için tespit edildi. Klinik olarak kabul edilemeyecek seviyedeki renk farklılığı değerleri ($\Delta E>3$), IPS e.max (mo) seramik materyali için daha çok beyaz opak ve translusent, IPS e.max (ht) için ise universal ve translusent renk rezin siman gruplarında tespit edildi. Ayrıca klinik olarak kabul edilebilir seviyede ($\Delta E\leq 3$) renk farklılığı tespit edilen siman gruplarında da; genel

olarak tüm beyaz opak siman grupları için IPS e.max (mo) ve tüm universal renk simanlar için ise IPS e.max (ht) seramik materyalinde daha fazla renk farklılığı tespit edildiği görüldü. IPS e.max (ht) seramik materyalinin alt yapı renginin IPS e.max (mo)'ya göre, daha translusent ve daha az kromatik özellikte olması (L^* değeri daha yüksek, a^* değeri ise çok daha düşük), daha kromatik universal (A_2) renk siman örneklerin IPS e.max (ht) seramik materyalinde daha fazla renk farklılığı oluşturmasına neden olmuş olabilir. Aynı şekilde daha kromatik yapıdaki IPS e.max (mo) seramik grubunda da, daha düşük kroma değerine sahip beyaz opak siman örnekler, daha fazla renk değişikliğine neden olmuştur. Bu tez çalışmasında değerlendirilen opak yapıdaki zirkonyum ve In Ceram (al) seramik materyallerine ait sonuçlara bakıldığında da, beyaz opak renkteki siman örneklerin daha kromatik yapıdaki In Ceram (al) seramik materyalinde, zirkonyuma seramik materyaline göre daha fazla renk farklılığı oluşturduğu görüldü. Seramik ve siman örneklerin kroma değerlerinin birbirine yakın olmasının, tespit edilen renk farklılıkları üzerinde etkisinin olduğu tahmin edilmektedir.

Chang ve ark. (2009), çalışmalarının ilk bölümünde; üç farklı kompozit rezin yapıştırma simanının 14 farklı rengine ait disk şeklindeki örneklerin optik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada; Variolink II (beyaz opak, beyaz, bleach, translusent, sarı, kahverengi), Esthetic Cem (opak, beyaz, bleach, kroma) ve Nexus II (opak, beyaz, clear, sarı) rezin simanlarının opasite (açıklık/koyuluk) (L^*) ve kroma (C^*) değerlerine ait bir harita oluşturulmuştur. Renk özellikleri genelde Vitapan Klasik renk dizaynına göre (A_1 , A_2 , vb.) belirtilmiş olan bu simanların, elde edilen L^*-C^* haritası incelenmiş ve renk parametrelerinin bir endüstriyel standardı olmadığını bildirmişlerdir. Örneğin; "beyaz" renkte (A_1) belirtilen Variolink II ile "beyaz" renkteki Nexus II simanların, CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayında birbirlerinden oldukça farklı yerlerde olduğu ve benzer durumun bu simanların "sarı" renkleri için de geçerli olduğunu bildirilmişlerdir. Yine farklı renklerdeki simanlara ait opasite karakteri dağılımının da dengesiz olduğu, örneğin; "opak" renk Variolink II ve Nexus II simanlara ait opasite değerlerinin, sistemlerin diğer siman renklerine ait opasite değerlerinden 4 kat fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Bu tez çalışmasının en önemli amaçlarından biri; kimyasal yapılarına göre farklı sınıflarda yer alan siman materyallerinin optik özelliklerinin değerlendirilmesi

ve aynı sınıfta yer alan farklı ticari markalardaki siman materyallerinin ise optik özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Kimyasal yapılarına göre aynı sınıfta yer alan (hem ışıkla hem kimyasal polimerize olabilen kompozit rezin simanlar), farklı ticari markalardaki aynı renk siman grupların, tam seramiklerin optik özellikleri üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında; gerek CIE $L^*a^*b^*$, gerekse de ΔE değerlerinin birbirlerine göre istatistiksel farklılıklarının olduğu görüldü ($p<0,05$). Örneğin; tüm seramik materyalleri için, universal renkteki rezin simanlar arasında; RelyX (1,34) rezin simana ait ΔE değerleri Maxcem (2,37), Variolink II (2,35) ve Clearfil (2,34) rezin simana ait ΔE değerlerinden oldukça düşüktür ve aralarındaki bu fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0,05$). Resin simanların translusent ve beyaz opak renkleri için tespit edilen ΔE değerleri arasında da benzer farklılıklar belirlendi. Yine resin simanlara ait tüm renklerin ortalamaları için de benzer durum söz konusu olup; RelyX resin simana ait ΔE değeri, diğer resin simanlardan istatistiksel açıdan anlamlı derecede düşük (1,51), Variolink II resin simana ait ΔE değeri ise en yüksek olduğu (2,44) tespit edildi. Chang ve ark. (2009)'nın çalışmalarında da belirttiği gibi, siman sistemlerinin kullanmış olduğu renk sınıflandırma sistemlerinde bir standardizasyon problemi olduğu ve farklı ticari markaların, aynı kimyasal yapı sınıfında ve renklerindeki iki yapıştırma simanının optik özelliklerinin, birbirlerinden oldukça farklı olabileceği söylenebilir. Bu simanların klinik uygulamalarından önce, tam seramiklerin sonuç rengi üzerinde oluşturacakları etkinin test edilmesi önerilmektedir. Yapılan çalışmalarda ise; kompozit resin yapıştırma simanlarının, restorasyonların sonuç renkleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilebilmesi amacıyla kullanılan kontrol pastaları ile simanlar arasında dahi, renk farklılığı olduğu gösterilmiştir. Bu farkın; Balderamos ve ark. (1997)'nin çalışmalarında $\Delta E=1,02-5,13$ arasında, Xing ve ark. (2011)'nin çalışmalarında ise $\Delta E=1,19-1,97$ arasından olduğu bildirilmiştir.

Barath ve ark. (2003), çalışmalarında; universal renkte çinko fosfat (PhospaCEM=ZNPO), universal renkte cam iyonomer (KetacCem=GIC) ve nötral renkteki resin yapıştırma simanlarının (Compolute=COMP) değişik kalınlıklar (1;1,4 mm) ve değişik alt yapı/veneer renklerindeki IPS Empress 2 ve In Ceram Alumina seramik disklerinin sonuç rengi üzerindeki etkilerini, siyah ve beyaz arka planlar üzerinde değerlendirmişlerdir. Seramik sistemlerinin aynı kalınlıklarda (1,4 mm) ve

farklı alt yapı/veneer renklerindeki örneklerinin, beyaz arka plan üzerinde siman uygulamadan ve uyguladıktan sonra yapılan renk analizleri sonucunda tespit edilen renk değişim miktarları alınmıştır. Buna göre ZNPO, GIC ve COMP simanların Empress 2 için tespit edilen ΔE değerlerinin 1,55; 2,15; 1,02 ve In Ceram için ise 1,5; 0,68; 0,89 olduğu, ancak bu değerler arasında istatistiksel açıdan fark tespit edilemediği bildirilmiştir ($p>0,05$). Her iki seramik çeşidi için de en az renk değişimi COMP siman grubunda, en fazla renk değişimi ise Empress 2 için GIC ve In Ceram için ise ZNPO siman grubunda tespit edilmiştir. Empres 2 örneklerde GIC'ın beklenenin aksine oluşturduğu yüksek ΔE miktarı, simanın karıştırma şartlarındaki farklılıklara bağlı olarak, kalınlığında ortaya çıkan varyasyonlara bağlanmıştır. Bu tez çalışmasında ise, tüm seramik materyalleri için; universal renkteki konvansiyonel ve rezin simanların oluşturduğu renk değişim miktarları karşılaştırıldığında; en düşük ΔE değerinin Ketac Cem (CIS) siman (1,45) ve en yüksek ΔE değerinin ise Maxcem rezin siman (2,37) için tespit edildiği görüldü. Konvansiyonel simanlar ve RelyX rezin simana ait ΔE değerlerinin, diğer rezin simanlara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu görüldü ($p<0,05$). Bu sonucun konvansiyonel simanların L^* değerlerinin daha yüksek, C^* değerlerinin ise daha düşük ve arka plan rengiyle daha uyumlu olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir. RelyX simanın ise yapısal karakteri (matriks ve doldurucu karakteri) gereği daha az renk değişikliğine neden olabileceği söylenebilir.

Rezin simanların renk karakterlerindeki varyasyonlar; içeriklerini oluşturan, matriksin şekli ve çeşidi, doldurucuların tipi, partikül boyutları ve miktarı, aktivatör ve inhibitörler gibi minör kimyasallar ve pigment materyallerindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir (Emami ve ark., 2005; Lee, 2007; Lim ve ark., 2008; Ota ve ark., 2011). Simanların özellikle matriks ve doldurucu içeriklerine bağlı olarak değişen L^* , H^* ve C^* değerlerinin, simanların kırılma indisi karakteriyle korelasyonunun olduğu, ışığı farklı şekillerde yansıtmaları, abzorbe etmeleri ve geçirmeleri sonucunda da renklerinin farklı şekillerde algılandığı bildirilmiştir (Heffernan ve ark., 2002a; Emami ve ark., 2005; Arikawa ve ark., 2007; Lee, 2007; Lee, 2008; Lim ve ark., 2008; Yu ve Lee, 2008; Ota ve ark., 2011). Arikawa ve ark. (2007), değişik renklerdeki mikrofil ve hibrit kompozitlerin, 400 ile 700 nm dalga boyu aralığındaki ışıkları, iletme karakterlerini incelemişlerdir. Kompozitlerin

içeğindeki doldurucu miktarı ve partikül boyutunun, iletilen ışık miktarı üzerinde belirleyici bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca değişik tip ve orandaki pigmentlerin de, iletilen ışık spektrumunda önemli bir etkisinin olduğunu vurgulamışlardır. Kompozit rezinlerin farklı ticari marka ve renk çeşitlerinde farklılıklar gösteren opalesanslığı da, arka plan renginin maskelenmesi konusunda etkili bir özelliktir. Translusensi karakterleri, kompozit rezinlerin maskeleme derecelerinde daha belirleyicidir, ancak translusensi karakterleri benzer kompozit rezinlerde, maskeleme dereceleri üzerinde belirleyici faktörün opalesanslık karakteri olduğu bildirilmiştir (Lee ve ark., 2005; Lee, 2007; Lee, 2008). Bu tez çalışmasında değerlendirilen rezin simanların, özellikle doldurucu partiküllerinin büyüklüğü ve dağılımından etkilenen opalesanslıklarının farklı olması, farklı optik özellikler sergilemelerine neden olmuş olabilir. Bu tez çalışmasında değerlendirilen simanlar arasındaki, CIE L*a*b* ve ΔE değerleri arasındaki varyasyonlara etki eden en önemli etmenin; ışığı geçirme, abzorbe ve saçma karakterlerini belirleyen, simanların içeriğine bağlı faktörler olduğu düşünülmektedir.

Omar ve ark. (2010), çalışmalarında; translusent renklerdeki ışıkla polimerize olan bir primer-bond sistemli rezin siman (Calibra) ile bir hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olabilen self-etch rezin simanın (Panavia F), 3M2 renk ve değişik kalınlıklardaki (0,3;0,5;0,7) porselen veneerlerin (Vita Mark II) sonuç renkleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Porselen veneerlerin tüm kalınlıkları için, elde edilen renk farklılığı değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir seviyeden düşük olduğunu ($\Delta E < 2,8$) ve Calibra rezin simanın Panavia F'den daha fazla ΔE değişikliğine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bu tez çalışmasında kullanılan rezin simanların karıştırılma ve uygulama şekillerindeki farklılıklar da, simanların optik özellikleri ve ΔE değerlerindeki değişikliklere sebep olmuş olabilir. Yapıştırma simanlarının karıştırma yöntemi (elle, karıştırma tabancası veya ultrasonik karıştırıcıda), içeriğe penetre olan hava kabarcığı miktarını belirleyen ve simanın homojenitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. İçerikte hapsolan hava kabarcıklarına ait boşluklar, oksijen inhibisyon alanları meydana getirip polimerizasyonu engellemekte, simanın mekanik ve estetik özelliklerini değiştirmektedir (Oysaed ve Ruyter, 1986; Pham ve Ferracane, 1989; Han ve ark., 2007; Pegoraro ve ark., 2007). Bu tez çalışmasında, en

düşük ΔE değerlerinin tespit edildiği RelyX rezin siman örnekler; tek kullanımlık kapsüllerde, özel ekipmanıyla hazırlandı ve karışımın daha homojen olması, hava kabarcığı oluşmaması için kapsül içindeki siman, ultrasonik (Rotamix) karıştırıcıda karıştırıldı, kalıplara yerleştirildi. Öte yandan, en yüksek ΔE değerlerinin tespit edildiği Variolink II siman örnekler ise; karıştırma kâğıdına eşit miktarlarda sıkılan patların, spatül yardımıyla elle karıştırılmasının ardından daha az hava kabarcığı oluşması için, bir dental enjektöre doldurulup sıkılarak kalıplara yerleştirildi. En fazla renk değişikliğine neden olan Variolink II siman örneklerin, bu nedenle daha az homojen ve daha fazla hava kabarcığı ihtiva edebileceği beklenmektedir. Omar ve ark. (2010)'nın çalışmalarında, translusent renk Panavia F simanın, translusent renk Calipra'dan daha az renk farklılığına neden olması sonucunda da, karıştırma ve uygulama şekillerindeki farklılıkların etkili olabileceği düşünülebilir. Ancak, karıştırma ve uygulama tekniklerinden kaynaklanabilecek bu farklılıkların, simanın asıl renk karakterini belirleyen açıklık/koyuluk (L^*), ton (H^*) ve kroma (C^*) özellikleri kadar etkin olmadığı söylenebilir (Han ve ark., 2007).

Bu tez çalışmasında, tüm siman grupları için, renk değerlerinin incelendiği tam seramik sistemleri karşılaştırdığında; en düşük ΔE değeri In Ceram (al) (1,41), en yüksek ΔE değeri ise IPS e.max (ht) (2,61) tam seramik materyali için tespit edildi. IPS e.max grupları için tespit edilen ΔE değerlerinin, In Ceram ve Zirkonyum grupları için tespit edilen ΔE değerlerinden, istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü ($p < 0,05$). Ancak, gerek IPS e.max, gerekse de In Ceram ve Zirkonyum gruplarının kendi aralarında ise istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı görüldü ($p > 0,05$). Yapıştırma simanı veya alt yapı renginin, farklı seramik çeşitleri üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı tüm çalışmalarda; bu etkinin kırılan ve yansıtılan ışık miktarını belirleyen, seramiğin kalınlığı ve translusensi özelliğiyle korelasyonunun olduğu bildirilmiştir (Seghi ve ark., 1986; Barath ve ark., 2003; Ahn ve Lee, 2008; Terzioglu ve ark., 2009; Li ve ark., 2009; Chang ve ark., 2009; Azer ve ark., 2011). Tam seramik materyallerinin optik karakteri yansıyan, kırılan ve iletilen ışık miktarıyla ilişkilidir. Alt yapı matriksin kristal yapısı, partikül boyutu ve kimyasal karakteri, yansıtılan ışığın dalga boyunu (λ) ve algılandığı rengi etkiler. Örneğin; seramiğin kor yapısındaki partiküllerin boyutları küçüldüğünde ($0,1\mu\text{m}$ çapında), kırılan ve emilen ışık miktarı azalırken, saçılan ve iletilen ışık miktarı

artarak, seramik daha az opak görünür. Öte yandan partikül boyutunun büyümesi (10µm çapında) yüzey yansımalarını artırarak, iletilecek olan ışığın, daha fazla geri yansıtılması ve emilerek daha opak görünmesine neden olur (Heffernan ve ark., 2002a). Bu tez çalışmasında değerlendirilen tam seramiklerin sonuç renkleri üzerinde, yapıştırma simanlarının etkilerinin farklı olması; seramiklerin değişik kristal yapısı, partikül boyutu, kırılma indisi ve translusensi karakterine sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Li ve ark. (2009), translusensi parametreleri (TP) yüksek olan Empress 2 ve Vita Mark2 için tespit edilen ΔE seviyelerinin, TP değeri daha düşük olan In Ceram için tespit edilen ΔE seviyesinden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Barath ve ark. (2003) çalışmalarında, benzer şekilde Empress 2 için tespit edilen ΔE seviyelerinin In Ceram'dan, Chang ve ark. (2009) ise, Empress2 için tespit edilen ΔE seviyelerinin Katana (zirkonyum)'dan yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Uzun ve Keyf (2007) da çalışmalarında; tüm arka plan ve yapıştırma siman renklerinde, daha translusent yapıdaki IPS Empress seramik örnekler için tespit edilen ΔE seviyelerinin IPS Empress 2 seramik örnekler için tespit edilen ΔE seviyelerinden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda elde edilen sonuçların tamamı, bu tez çalışması sonucunda elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir.

Elde edilen ΔE değerleri, her siman materyali için tek tek incelendiği zaman; IPS e.max (ht)-(mo) grupları arasında, universal renkteki Ketac Cem ve Variolink II siman materyalleri için istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu ($p < 0,05$), diğer gruplar arasında ise fark olmadığı tespit edildi ($p > 0,05$). In-Ceram ve zirkonyum grupları arasında ise, hiçbir siman materyali için istatistiksel açıdan fark tespit edilemediği görüldü ($p > 0,05$). Genel olarak, daha translusent yapıdaki IPS e.max (ht) gruplarında ΔE seviyelerinin (mo) gruplarına göre daha yüksek olduğu görüldü. Aralarında istatistiksel fark olmamasına rağmen, In Ceram Alümina için tespit edilen ΔE değerinin beklenenin aksine Zirkonyum tam seramik grubundan daha düşük seviyede olması; bu tez çalışmasında kullanılan beyaz arka plan renginin daha az kromatik alt yapıya sahip olan zirkonyuma daha yakın olmasından kaynaklanıyor olabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının sınırlamaları dâhilinde elde edilen sonuçlar ve yapılan öneriler şu şekildedir;

1. Bu tez çalışmasında değerlendirilen simanların, tam seramiklerin açıklık-koyuluk değerlerini (L^*) daha fazla etkilediği ve genel olarak beyaz opak simanların L^* değerinde artma, universal ve translusent simanların ise azalmaya neden olduğu görüldü. Ayrıca kullanılan yapıştırma simanlarının, seramik materyallerin b^* değerlerini, a^* değerlerinden daha fazla etkilediği görüldü.
2. Bu tez çalışmasında tespit edilen tüm renk farklılıklarının görsel olarak fark edilebilir seviyenin üzerinde ($\Delta E > 1$), çoğunun da klinik olarak kabul edilebilir seviyede ($\Delta E \leq 3$) olduğu görüldü. Klinik olarak kabul edilemeyecek seviyedeki renk farklılığı değerleri, daha translusent yapıdaki IPS e.max seramik grupları için tespit edildi ($\Delta E > 3,0$).
3. Bu tez çalışmasında değerlendirilen tüm yapıştırma siman renkleri arasında; en az renk değişimi beyaz opak, en fazla renk değişimi ise translusent renk simanlar için tespit edildi. Bu sonuç üzerinde, renk ölçümlerinin yapıldığı standart beyaz arka plan renginin etkili olduğu düşünülmekte olup, daha sonra yapılacak çalışmalarda renk ölçümlerinin farklı renklerdeki arka planlarda da tekrarlanması önerilmektedir.
4. Kimyasal yapılarına göre aynı sınıfta yer alan (hem ışık hem de kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezin simanlar) farklı ticari markalardaki aynı renk simanların, tam seramiklerin optik özellikleri üzerindeki etkilerinin farklılıklar gösterdiği görüldü. Bu simanların klinik uygulamalarından önce, tam seramiklerin sonuç rengi üzerinde oluşturacakları etkinin test edilmesi önerilmektedir.
5. Doğal diş görünümünü daha iyi taklit edebilen translusent yapıdaki seramiklerin, alt tabakayı oluşturan siman renginden daha fazla etkilendiği görüldü. Daha translusent yapıdaki seramiklerin yapıştırılmasında kullanılacak siman renginin, restorasyonun sonuç rengi açısından daha fazla önem taşıyacağı düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Ahmad I. Protocols for predictable aesthetic dental restorations. 1st ed., Navarra; Blackwell Munksgaard. 2006; 77-97.
- Ahn JS, Lee YK. Difference in the translucency of all ceramics by the illuminant. Dent Mater. 2008;24(11):1539-44.
- Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. J Prosthet Dent. 2002;87(4):431-7.
- Akın E. Diş Hekimliğinde porselen. 3. Baskı, İstanbul; İstanbul Basımevi. 1990.
- 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. 2003;89(4):374-80.
- Anusavice KJ, Philips RW, Skinner EW. Physical properties of dental materials. In: Anusavice KJ, ed. Philips Science of Dental Materials. 11th ed., Philadelphia, WB Saunders. 2003;37-44.
- Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. Dent Mater J. 2007;26(1):38-44.
- Ayyıldız S, Güler AU, Özdemir OS, Dede DÖ. Farklı renk skalalarının ve ışık kaynaklarının renk seçimine etkisinin incelenmesi. Türkiye Klinikleri J Dent Sci. 2011;17(1):30-5.
- Azer SS, Ayash GM, Johnston WM, Khalil MF, Rosenstiel SF. Effect of esthetic core shades on the final color of IPS Empress all ceramic crowns. J of Prosthet Dent. 2006;96:397-401.
- Azer SS, Rosenstiel SF, Seghi RR, Johnston WM. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. J Prosthet Dent. 2011;106(3):179-83.
- Balderamos LP, O'Keefe KL, Powers JM. Color accuracy of resin cements and try-in pastes. Int J Prosthodont. 1997;10(2):111-5.
- Bansal RK, Tewari US, Singh P, Murthy DV. Modified polyalkenoate (glass-ionomer) cement-a study. J Oral Rehabil. 1995;22(7):533-7.
- Barão VA, Gennari-Filho H, Goiato MC, dos Santos DM, Pesqueira AA. Factors to achieve aesthetics in all-ceramic restorations. J Craniofac Surg. 2010;21(6):2007-12.
- 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. 2003;17:55-60.
- Başoğlu U. Rezin simanların tam seramik alt yapı rengi üzerine etkileri. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul; Doktora Tezi, 2009.

- Bayne SC, Heymann HO. CAD/CAM in dentistry: Present and future applications. *Quintessence Int.* 1996;27(6):431-7.
- Bayındır F, Uzun İH. Tam seramik kron sistemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2007;2:33-42.
- Bayındır F, Wee AG. Diş Rengi Seçiminde Bilgisayar Destekli Sistemlerin Kullanımı. *Hacettepe Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2006;30(3):40-6.
- Bello A, Jarvis RH. A review of esthetic alternatives for the restoration of anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 1997;78(5):437-40.
- Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA. Bacterial leakage around dental restorations: Its effect on the dental pulp. *J Oral Pathol.* 1982;11(6):439-50.
- Bilmeyer FW, Saltzman M. Principles of color technology. 3rd ed., New York; John Wiley & Sons, Inc.1981.
- Bindl A, Mörmann WH. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *Eur J Oral Sci.* 2003;111(2):163-9.
- Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int.* 2002;33(6):415-26
- Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2003;89(3):268-74.
- Brackett WW, Vickery JM. The influence of mixing temperature and powder/liquid ratio on the film thickness of three glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont.* 1994;7(1):13-6.
- Brauer GM, Dulik DM, Antonucci JM, Termini DJ, Argentar H. New amine accelerators for composite restorative resins. *J Dent Res.* 1979;58(10):1994-2000.
- Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dent Clin Nort Am.* 2004;48:341-58.
- Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu R. Translucency of human dental enamel. *J Dent Res.* 1981;60:1749-53.
- Carossa S, Lombardo S, Pera P, Corsalini M, Rastello ML, Preti PG. Influence of posts and cores on light transmission through different all-ceramic crowns: spectrophotometric and clinical evaluation. *Int J Prosthodont.* 2001;14(1):9-14.
- Caughman WF, Caughman GB, Dominy WT, Schuster GS. Glass ionomer and composite resin cements: effects on oral cells. *J Prosthet Dent.* 1990;63(5):513-21.
- Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001;85(5):479-84.

- Chaiyabutr Y, Kois JC, Lebeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent.* 2011;105(2):83-90.
- Chang J, Silva J, Sakai M, Kristiansen J, Nagai S. The optical effect of composite luting cement on all ceramic crowns. *J Dent.* 2009;37;937-43.
- Cho MS, Yu B, Lee YK. Opalescence of all-ceramic core and veneer materials. *Dent Mater.* 2009;25(6):695-702.
- Chu FC, Chow TW, Chai J. Contrast ratios and masking ability of three types of ceramic veneers. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):359-64.
- Chu SJ, Devigus A, Mielezsko A. Fundamentals of color shade matching and communication in esthetic dentistry. 11th ed., Illinois; Quint Pub. 2004:1-99.
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(2):2-16.
- Coogan MM, Creaven PJ. Antibacterial properties of eight dental cements. *Int Endod J.* 1993;26(6):355-61.
- Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):389-404.
- Coşkun A, Yaluğ S. Metal desteksiz porselen sistemleri. *Cumhuriyet Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2002;5(2):97-102.
- Craig RG. Ceramic-metal systems. In: Craig RG, Powers JM, editors. *Restorative dental materials.* 11th ed., St Louis; Mosby Year Book Inc. 2002;575-92.
- Çal E, Güneri P, Bıçakçı A. An Esthetic dilemma in dentistry: tooth color. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2005;26:117-25.
- Çelik G, Uludag 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.* 2008;99(3):203-8.
- Dancy WMK, Yaman P, Dennison JB, O'Brien WJ, Razzoog ME. Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15:114-22.
- Da Silva JD, Park SE, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent.* 2008;99(5):361-8.
- Davis BK, Johnston WM, Saba RF. Kubelka-Munk reflectance theory applied to porcelain veneer systems using a colorimeter. *Int J Prosthodont.* 1994;7(3):227-33.

- De Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *Eur J Dent*. 2011;5(3):245-52.
- Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res*. 1995;74(9):1591-6.
- Denissen H, Dozić A, van der Zel J, van Waas M. Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J Prosthet Dent*. 2000;84(5):506-13.
- Denissen HW, Wijnhoff GF, Veldhuis AA, Kalk W. Five-year study of all-porcelain veneer fixed partial dentures. *J Prosthet Dent*. 1993;69(5):464-8.
- Denry IL, Holloway JA. Effect of sodium content on the crystallization behavior of fluoramphibole glass-ceramics. *J Biomed Mater Res*. 2002;63(1):48-52.
- Dias MC, Piva E, de Moraes RR, Ambrosano GMB, Sinhoreti MAC, Correr-Sobrinho L. UV-Vis spectrophotometric analysis and light irradiance through hot-pressed and hot-pressed veneered glass ceramics. *Braz Dent J*. 2008;19(3):197-203.
- Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent*. 1999;81(2):135-41.
- Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Schärer P. Heat-pressed ceramics: technology and strength. *Int J Prosthodont*. 1992;5(1):9-16.
- Donovan TE. Factors essential for successful all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*. 2008;139:14-8.
- Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *J Prosthet Dent*. 1997;77(5):464-70.
- Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *J Prosthet Dent*. 2000;83(2):166-70.
- Douglas RD, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. *J Prosthet Dent*. 1999;82(2):143-9.
- Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent*. 2007;97(4):200-8.
- Dozić 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 Dent*. 2003;90(6):563-70.
- Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1988;117(6):715-20.

- El-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent*. 1999;24(1):38-44.
- Emami N, Sjö Dahl M, Söderholm KJ. How filler properties, filler fraction, sample thickness and light source affect light attenuation in particulate filled resin composites. *Dent Mater*. 2005 Aug;21(8):721-30.
- Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent*. 2005;93:551-8.
- Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: A two-year report. *J Am Dent Assoc*. 2010;141(2):10-14.
- Feilzer AJ, Kakaboura AI, de Gee AJ, Davidson CL. The influence of water sorption on the development of setting shrinkage stress in traditional and resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater*. 1995;11(3):186-90.
- Filser F, Kocher P, Weibel F, Lüthy H, Schärer P, Gauckler LJ. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining. *Int J Comput Dent*. 2001;4(2):89-106.
- Finger WJ, Lee KS, Podszun W. Monomers with low oxygen inhibition as enamel/dentin adhesives. *Dent Mater*. 1996;12(4):256-61.
- Fischer J, Fischer C. In: *Materials science aspects of ceramic fused to metal and full ceramics. Esthetics and prosthetics; an interdisciplinary consideration of the state of the art*. Berlin; Quint Pub. 1999;71-100.
- Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: Science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2003;23(5):467-79.
- Garbelini WJ, Henriques GE, Troia Junior M, Mesquita MF, Dezan CC. Evaluation of low-fusing ceramic systems combined with titanium grades II and V by bending test and scanning electron microscopy. *J Appl Oral Sci*. 2003;11(4):354-60.
- Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc*. 2006;137(1):14-21.
- Goshima T, Goshima Y. Optimum radiopacity of composite inlay materials and cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1991;72(2):257-60.
- Gökçe HS, Beydemir B. Yüksek dirençli seramik sistemlerin dayanıklılığı: Derleme. *Gülhane Tıp Derg*. 2002;44(4):457-63.
- Groh CL, O'Brien WJ, Boenke KM. Differences in color between fired porcelain and shade guides. *Int J Prosthodont*. 1992;5(6):510-4.
- Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. *Int J Prosthodont*. 2002;15(4):339-46.

- Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005(a);93(5):453-8.
- Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2005(b);94(2):118-24.
- Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J.* 2007;26(6):906-14.
- Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):396-401.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002(a);88(1):4-9.
- 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.* 2002(b);88(1):10-5.
- Hekimoglu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *Int J Prosthodont.* 2000;13(1):29-33.
- Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD Jr, Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays: a four-year study. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(8):1171-81.
- Hill EE. Dental cements for definitive luting: a review and practical clinical considerations. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):643-58.
- Hill EE, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. *Aust Dent J.* 2011;56(1):67-76.
- Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil.* 2001;28(11):1022-8.
- Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 1992;67(6):859-65.
- Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res.* 2000;53(4):297-303.
- Jalali H, Alizadeh ES, Sadighpour L, Shabestari GO, Fard MJ. The effect of background and ceramic thickness on the color of an all-ceramic restorative system. *J Calif Dent Assoc.* 2010;38(3):179-86.
- Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68(5):819-22.

- Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater.* 1997;13(2):89-97.
- Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004;32(1):3-12.
- Jones DW. Development of dental ceramics. An historical perspective. *Dent Clin North Am.* 1985 Oct;29(4):621-44.
- Judd DB, MacAdam DL, Wyszecki GW. Spectral distribution of typical daylight as a function of correlated color temperature. *J Opt Soc Am.* 1964;54:1031.
- Ivoclar Scientific Document: Empress Esthetic, Research and Development, Ivoclar Vivadent Scientific Service, Liechtenstein, 2004.
- Ivoclar Scientific Document: Empress e.max, Research and Development, Ivoclar Vivadent Scientific Service, Liechtenstein, 2005.
- Kao EC, Culbertson BM, Xie D. Preparation of glass ionomer cement using N-acryloyl-substituted amino acid monomers--evaluation of physical properties. *Dent Mater.* 1996;12(1):44-51.
- Karaagaclioglu L, Yilmaz B. Influence of cement shade and water storage on the final color of leucite-reinforced ceramics. *Oper Dent.* 2008;4:386-91.
- Karamouzos A, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *J Oral Rehabil.* 2007;34(8):613-21.
- Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent.* 1996;75(1):18-32.
- Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater.* 1998;14(1):64-71.
- Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *J Dent.* 2011;39(1):30-6.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009;101(3):193-9.
- Kim SH, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Metameric effect between dental porcelain and porcelain repairing resin composite. *Dent Mater.* 2007;23(3):374-9.
- Koutayas SO, Charisis D. Influence of the core material and the glass infiltration mode on the color of glass-infiltrated ceramic veneers over discolored backgrounds. A spectrophotometric evaluation. *Eur J Esthet Dent.* 2008;3(2):160-73.
- Kucukesmen H, Usumez A, Ozturk N, Eroğlu E. Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *J Dentistry.* 2008;36:219-21.

- Lawn BR, Deng Y, Lloyd IK, Janal MN, Rekow ED, Thompson VP. Materials design of ceramic-based layer structures for crowns. *J Dent Res*. 2002;81(6):433-8.
- Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater*. 2008;24(9):1243-7.
- Lee YK. Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dent Mater*. 2007;23(1):124-31.
- Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Lim YK. Changes in scattering and absorption properties of esthetic filling materials after aging. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;80(1):131-9.
- Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dent Mater*. 2005;21(11):1068-74.
- Lim YK, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Influence of filler distribution on the color parameters of experimental resin composites. *Dent Mater*. 2008;24(1):67-73.
- Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELab color differences in computer-simulated teeth. *J Dent*. 2007;35(7):593-9.
- Li Q, Yu H, Wang YN. Spectrophotometric evaluation of the optical influence of core build-up composites on all-ceramic materials. *Dent Mater*. 2009;25(2):158-65.
- Luthardt RG, Sandkuhl O, Reitz B. Zirconia-TZP and alumina--advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 1999;7(4):113-9.
- Magne P, Versluis A, Douglas WH. Effect of luting composite shrinkage and thermal loads on the stress distribution in porcelain laminate veneers. *J Prosthet Dent*. 1999;81(3):335-44.
- Malone WFP, Koth DL. Tylman's Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics. 8th ed., St Louis, Mosby. 1993:407-17.
- Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent*. 2007;35(11):819-26.
- McLean JW. The science and art of dental ceramics. Volume I, Chicago; Quint Pub Co. 1976;19-153.
- McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J*. 1965;119(6):251-67.
- McLean JW, Odont D. Evaluation of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent*. 2001;85(1):61-6.

- Michellini FS, Belser UC, Scherrer SS, De Rijk WG. Tensile bond strength of gold and porcelain inlays to extracted teeth using three cements. *Int J Prosthodont.* 1995;8(4):324-31.
- Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J.* 2011;56(1):97-106.
- Mörmann WH, Bindl A. The new creativity in ceramic restorations: dental CAD-CAM. *Quintessence Int.* 1996;27(12):821-8.
- Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA, O'Connor RP. Effect of powder/liquid ratio on physical and chemical properties of C&B Metabond. *Am J Dent.* 1993;6(2):77-80.
- Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. *J Oral Rehabil.* 2002;29(9):805-9.
- Nayır E. Porselen ve metal-porselen bağlantısı. Nayır E, Editör. *Diş Hekimliği Maddeler Bilgisi'nde*, 7. Baskı, İstanbul; İstanbul Üniv Diş Hek Fak Yayınları. 1999;64-70.
- Noie F, O' Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont.* 1995;8(1):51-5.
- O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* 3rd ed., Chicago; Quint Pub Co.2002;113-27.
- O'Brien WJ, Kay KS, Boenke KM, Groh CL. Sources of color variation on firing porcelain. *Dent Mater.* 1991;7(3):170-3.
- Ohmi M, Ohnishi Y, Yoden K, Haruna M. In vitro simultaneous measurement of refractive index and thickness of biological tissue by the low coherence interferometry. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2000;47:1266-70.
- Oh SC, Dong JK, Lüthy H, Schärer P. Strength and microstructure of IPS Empress 2 glass-ceramic after different treatments. *Int J Prosthodont.* 2000;13(6):468-72.
- Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent.* 1998;80(6):642-8.
- Omar H, Atta O, El-Mowafy O, Khan SA. Effect of CAD-CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. *J Dent.* 2010;38(2):95-9.
- Ota M, Ando S, Endo H, Ogura Y, Miyazaki M, Hosoya Y. Influence of refractive index on optical parameters of experimental resin composites. *Acta Odontol Scand.* 2011;25[Erken baskı].
- Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res.* 1986;65:1315-8.

- Ozyesil AG, Usumez A, Gunduz B. The efficiency of different light sources to polymerize composite beneath a simulated ceramic restoration. *J Prosthet Dent.* 2004;91(2):151-7
- Öngül D. İki Güncel renk anahtarının renk seçimindeki üstünlüklerinin spektrofotometrik analiz ile klinik olarak değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi, 2006.
- Palin W, Burke FJ. Trends in indirect dentistry: 8. CAD/CAM technology. *Dent Update.* 2005;32(10):566-72.
- Papadogiannis Y, Helvatjoglou-Antoniadi M, Lakes RC, Sapountjis M. Creep behavior of glass-ionomer restorative materials. *Dent Mater.* 1991;7(1):40-3.
- Paravina RD, Powers, JM. Esthetic color training in dentistry. 1st ed., St Lois; Elsevier- Mosby. 2004; 3-47.
- 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 Rest Dent.* 2004;24(3):222-31.
- Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am.* 2007;51(2):453-71.
- Pham D, Ferracane JL. Early elution of uncured components from light-activated dental composites. *J Dent Res.* 1989;68:207.
- Pjetursson BE, Tan WC, Tan K, Brägger U, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded bridges after an observation period of at least 5 years. *J Clin Periodontol.* 2008;19(2):131-41.
- Piwowarczyk A, Bender R, Ottl P, Lauer HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. *Dent Mater.* 2007;23(2):211-7.
- Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA. Microleakage of various cementing agents for full cast crowns. *Dent Mater.* 2005;21(5):445-53.
- Preston JD. Communication, alienation, or confusion. *J Prosthet Dent.* 1982;48(5):599-609.
- Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int.* 1992;23(1):25-31.
- Qualtrough AJ, Piddock V. Ceramics update. *J Dent.* 1997;25(2):91-5.
- Ragain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Res Appl.* 2000;25:278-85.
- Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2004;92(6):557-62.

- Rinke S, Hüls A, Jahn L. Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy-milled all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont.* 1995;8(4):303-10.
- Roge M, Preston JD. Color, light, and the perception of form. *Quintessence Int.* 1987 Jun;18(6):391-6.
- Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc.* 1997;128(3):297-307.
- Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent.* 1998;80(3):280-301.
- Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. *Contemporary fixed prosthodontics.* 3rd ed., St Louis; The Mosby Inc Co. 2001.
- Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-51.
- Sadr A, Shimada Y, Lu H, Tagami J. The viscoelastic behavior of dental adhesives: a nanoindentation study. *Dent Mater.* 2009;25(1):13-9.
- Sarıkaya I, Güler AU. Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2009;15(2):118-29.
- Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 1995;74(2):145-50.
- Seghi RR. Effects of instrument-measuring geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. *J Dent Res.* 1990;69(5):1180-3.
- Seghi, RR, Johnston, WM, O'Brien, WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. *J Prosthet Dent.* 1986;56:35-40.
- Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *J Dent Res.* 1989;68(12):1755-9.
- Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. All ceramic restorations. In: Shillingburg, HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics,* 3rd ed., Canada; Quintessence Pub Co Inc. 1997;433-54.
- Shokry TE, Shen C, Elhosary MM, Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color. *J Prosthet Dent.* 2006;95:124-9.
- Shortall AC. How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *J Oral Rehabil.* 2005;32(12):906-11.
- Shortall AC, Baylis RL, Fisher SE, Harrington E. Operating variables affecting the working time of a dual-cure composite luting cement. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 1993;1(4):185-8.
- Sidhu SK, Ikeda T, Omata Y, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper Dent.* 2006;31(5):598-603.

- Sorensen JA, Munksgaard EC. Interfacial gaps of resin cemented ceramic inlays. *Eur J Oral Sci.* 1995;103(2):116-20.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *J Prosthet Dent.* 2001(a);86(5):453-7.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *J Prosthet Dent.* 2001(b);86(5):458-64.
- Stappert CF, Att W, Gerds T, Strub JR. Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(4):514-22.
- Şener ID, Türker B. Kimyasal yapılarına göre tam seramik restorasyonlar. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2009;19(1);61-7.
- Taira M, Okazaki M, Takahashi J. Studies on optical properties of two commercial visible-light-cured composite resins by diffuse reflectance measurements. *J Oral Rehabil.* 1999;26(4):329-37.
- Tanoue N, Koishi Y, Atsuta M, Matsumura H. Properties of dual-curable luting composites polymerized with single and dual curing modes. *J Oral Rehabil.* 2003;30(10):1015-21.
- Terzioğlu H, Yılmaz B, Yurdukoru B. The effect of different shades of specific luting agents and IPS empress ceramic thickness on overall color. *Int J Periodontics Rest Dent.* 2009;29(5):499-505.
- Uludag B, Usumez A, Sahin V, Eser K, Ercoban E. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2007;97(1):25-31.
- Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Üniv Diş Hek Fak Derg.* 1992;13:29-36.
- Uzun G, Keyf F. Effect of different cement colors on the final color of Ips Empress ceramic restorations. *Biotechnol & Biotechnol EQ.* 2007;21:4-10.
- Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Plasschaert AJ. A new method for matching tooth colors with color standards. *J Dent Res.* 1985;64(5):837-41.
- Vargas G, Chan EK, Barton JK, Rylander HG 3rd, Welch AJ. Use of an agent to reduce scattering in skin. *Lasers Surg Med.* 1999;24:133-41.
- Verzijden CW, Feilzer AJ, Creugers NH, Davidson CL. The influence of polymerization shrinkage of resin cements on bonding to metal. *J Dent Res.* 1992;71(2):410-3.
- Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent.* 2000;83:412-7.

- Vines RF, Semmelman JO, Lee PW, Fonvielle FD. Mechanisms involved in securing dense, vitrified ceramics from pre-shaped partly crystalline bodies. *J Am Ceram Soc.* 1958;4:304-8.
- Vita Equipment Product Compendium. VITA Easyshade Compact. 2008;17-9.
- Vita Scientific Document. VITA In-Ceram Alumina; Directions for use Fabrication of the framework in the slip-casting technique. 2005.
- Wall JG, Cipra DL. Alternative crown systems. Is the metal-ceramic crown always the restoration of choice? *Dent Clin North Am.* 1992;36(3):765-82.
- Wall JG, Reisbick MH, Espeleta KG. Cement luting thickness beneath porcelain veneers made on platinum foil. *J Prosthet Dent.* 1992;68(3):448-50.
- Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6):309-16.
- Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *J Prosthet Dent.* 2002;87(6):657-66.
- White SN, Furuichi R, Kyomen SM. Microleakage through dentin after crown cementation. *J Endod.* 1995;21(1):9-12.
- Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. *J Prosthet Dent.* 2004;91(1):85-8.
- Wohlwend A, Strub JR, Schärer P. Metal ceramic and all-porcelain restorations: current considerations. *Int J Prosthodont.* 1989;2(1):13-26.
- Wu JC, Wilson PR. Optimal cement space for resin luting cements. *Int J Prosthodont.* 1994;7(3):209-15.
- www.cargille.com/opticalintro.shtml, 01.08.11, 19.⁰⁰.
- www.daicolor.co.jp/english/color_e/color, 01.09. 11, 21.⁰⁰.
- www.yorku.ca/eye/spectru.htm, 01.09. 11, 21.⁰⁰.
- www.wikipedia.org/wiki/File:CIE_xyz10.png, 26.06.11, 14.⁰⁰.
- www.zirkonzahn.com, 20.07.2011, 20.³⁰.
- Xing W, Ngo HH, Guo WS, Listowski A, Cullum P. Evaluation of an integrated sponge--granular activated carbon fluidized bed bioreactor for treating primary treated sewage effluent. *Bioresour Technol.* 2011;102(9):5448-53.
- Yaman P, Qazi SR, Dennison JB, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent.* 1997;77(2):136-40.
- Yavuzylmaz H, Turhan B, Bavbek B, Kurt E. Tam Porselen Sistemleri. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2005;22(1):41-8.

- Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. J Dent. 2008;36(10):840-6.
- Yüksel G, Çekiç C, Özkan P. Metal desteksiz porselen sistemleri. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. 2000;10(2):79-88.
- Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. 1. Baskı, Ankara; Ankara Üniversitesi Basımevi.1993.
- Zhang F, Heydecke G, Razzoog ME Double-layer porcelain veneers: effect of layering on resulting veneer color. J Prosthet Dent. 2000;84(4):425-31.
- Zirkonzahn Scientific Document. Instruction manual for ICE Zircon. 26.10.2009
- Zocchi G. Mechanical measurement of the unfolding of a protein. Europhys Lett. 1996;35:633-8.

ÖZGEÇMİŞ

15 Ocak 1983 yılında Artvin’de doğdum. İlkokulu Artvin 7 Mart İlköğretim Okulu’nda okudum. Ortaokulu Artvin Anadolu Lisesi’nde, liseyi Ordu Fen Lisesi’nde tamamladım. 2001 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ne girdim ve 2006 yılında mezun oldum. Bir süre Ankara’da serbest diş hekimi olarak çalıştıktan sonra, 2007 Şubat ayında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı’nda doktora eğitimime başladım. 2009 Ekim ayında Araştırma Görevlisi kadrosuna atandım. Evliyim. Yabancı dilim İngilizce’dir.