

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

FARKLI DOLDURUCU ORANINA SAHİP AKIŞKAN
KOMPOZİTLERİN RENK STABİLİTELERİNİN IN VITRO
DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ
DT. KÜBRA ÖZEKİNCİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Nasibe Aycan YILMAZ

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından DHF-22001 proje numarası ile desteklenmiştir.

AYDIN-2022

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Uzmanlık Programı çerçevesinde Kübra ÖZEKİNCİ tarafından hazırlanan “Farklı Doldurucu Oranına Sahip Akışkan Kompozitlerin Renk Stabilitelerinin In Vitro Değerlendirilmesi” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından ‘Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi’ olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 04/07/2022

Jüri Başkanı	Prof. Dr. Ertan ERTAŞ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.
Tez Danışmanı (Üye)	Dr. Öğr. Üyesi Nasibe Aycan YILMAZ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Tuğba MİSİLLİ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi A.D.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca devam eden bu zorlu süreçte bana yol gösteren, tüm bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yardım ve desteğini asla esirgemeyen, değerli tez danışmanım, hocam Dr. Öğr. Üyesi Nasibe Aycan YILMAZ' a;

Tez konumu proje olarak değerlendirerek destekleyen ve tez çalışmalarımın maddi giderlerini karşılayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na;

Uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli asistan arkadaşlarım ve bölüm çalışanlarımıza; tanıştığımız günden itibaren her konuda desteğini hissettiğim, birlikte çalışmaktan çok büyük bir keyif aldığım değerli hemşiremiz Nuran BİLİNÇ' e,

Bugünlere gelmemde sonsuz emek sahibi olan evlatları olmaktan her zaman gurur duyduğum aileme, başta annem Ümmü ÇETİNKAYA, babam Fazlı ÇETİNKAYA ve hayatımın her döneminde olduğu gibi yanımda olan kız kardeşim Nisa Nur ÇETİNKAYA' ya;

Hayatıma girdiği ilk andan itibaren sevgisi ile bana her zaman güç veren, bu yorucu dönemde tüm kalbiyle bana inanan, her kararımda yanımda olup anlayışı ve bilgisi ile destek olan, varlığıyla yaşamıma anlam katan hayat arkadaşım Muhammed ÖZEKİNCİ' ye ve daha doğmadan minik kalbi ile desteğini hissettiren biricik KIZIMA,

Sonsuz Teşekkürlerimi Sunarım...

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
EKLER DİZİNİ.....	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kompozit Resinlerin Tarihsel Gelişimi	3
2.2. Kompozit Resinlerin Yapısı	4
2.2.1. Organik Polimer Matriks Fazı	5
2.2.1.1. Bisfenol-A-Glisidilmetakrilat (Bis-GMA)	5
2.2.1.2. Trietilen Glikol Dimetakrilat (TEGDMA)	5
2.2.1.3. Ürethandimetakrilat (UDMA)	6
2.2.2. İnorganik Faz.....	6
2.2.3. Bağlayıcı Ara Faz	7
2.2.4. Başlatıcı Hızlandırıcı Sistem	7
2.3. Kompozit Resinlerin Polimerizasyonu	8
2.4. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması.....	9
2.4.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Yüzdelere Göre	10

2.4.1.1. Megafil Kompozitler	10
2.4.1.2. Makrofil Kompozitler.....	10
2.4.1.3. Minifil Kompozitler.....	10
2.4.1.4. Mikrofil Kompozitler	10
2.4.2. Viskozitelerine Göre.....	11
2.4.2.1. Kondanse edilebilen kompozitler (Condansable Packable)	11
2.4.2.2. Akışkan Kompozitler.....	12
2.4.3. Polimerizasyon Şekillerine Göre	14
2.4.3.1. Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Rezinler (Otopolimerizan Kompozit Rezinler)	14
2.4.3.2. Görünür Işıkla Polimerize olan Kompozit Rezinler (Fotopolimerizan Kompozitler). 14	
2.4.3.3. Hem Kimyasal Hem de Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler (Dual-Cure Kompozitler).....	15
2.5. Güncel Kompozit Rezin Sistemler	15
2.5.1. Nanokompozitler	15
2.5.2 Hibrit Kompozitler	16
2.5.3. Ormoserler.....	16
2.5.4. Giomerler.....	16
2.5.5. Siloranlar	17
2.5.6. Bulk-fill Kompozit Rezinler.....	17
2.5.7. Antibakteriyel Kompozit Rezinler.....	18
2.5.8. Self-adeziv Kompozit Rezinler	18
2.5.9. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Rezinler	18
2.5.10. Akıllı (Smart) Monokromatik Kompozitler	19
2.6. Kompozit Rezinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri	19
2.6.1. Kaba Bitirme İşlemi.....	20
2.6.2. Kontur Verme	20

2.6.3. İnce Bitirme	21
2.6.4. Cila.....	21
2.7. Yüzey Bitirme ve Polisaj İşlemlerinde Kullanılan Materyaller	21
2.7.1. Elmas Bitirme Frezleri.....	21
2.7.2. Karbit Bitirme Frezleri	22
2.7.3. Dental Taşlar.....	22
2.7.4. Kaplı Abrasiv Bitirme ve Polisaj Diskleri ve Stripleri.....	22
2.7.5. Disk, Kap ve Labut Uçlu Lastikle	23
2.7.6. Zayıf Aşındırıcı Cila Patları	23
2.7.7. Aşındırıcı Emdirilmiş Fırçalar ve Keçeler.....	23
2.8. Aşındırıcı Tipleri ve Bileşimleri.....	23
2.8.1. Alüminyum Oksit	23
2.8.2. Karbit Bileşikleri	24
2.8.3. Elmas Aşındırıcılar	24
2.8.4. Silikon Dioksit.....	24
2.8.5. Zirkonyum Oksit.....	25
2.8.6. Zirkonyum Silikat.....	25
2.9.1. Işık Kaynağı.....	25
2.9.2. Cisim.....	25
2.9.3. Gözlemci.....	26
2.9.4. Optik Özellikler	26
2.9.4.1. Işığın Emilimi	27
2.9.4.2. Işığın Yansıması	27
2.9.4.3. Işığın Kırılması	27
2.9.5. Opasite	28
2.9.6. Opalesans.....	28

2.9.7. Translusensi	28
2.9.8. Transparanlık	28
2.9.9. Fosforesans	28
2.9.10. Floresans	29
2.9.11. Metamerizm	29
2.10. Kompozit Rezinlerde Görülen Renklenmeler	29
2.10.1. İç Renklenmeler	29
2.10.2. Dış Renklenmeler	30
2.11. Renk Analiz Sistemleri	31
2.11.1. Munsell Renk Sistemi	31
2.11.1.1. Ana Renk (Hue)	32
2.11.1.2. Parlaklık (Value)	33
2.11.1.3. Doygunluk (Chroma)	33
2.11.2. CIE L*a*b* Renk Sistemi	34
2.12. Dış Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri	35
2.12.1. Görsel Renk Ölçümü	35
2.12.2. Renk Skalaları	36
2.12.3. Aletli Renk Ölçümü	36
2.12.3.1. Spektrofotometre	36
2.12.3.2. Kolorimetre	37
2.12.3.3. Dijital Kameralar ve Görüntü Sistemleri	37
3. GEREÇ VE YÖNTEM	38
3.1. Çalışmada Kullanılan Restoratif Materyaller, Cihaz ve Ekipmanlar	38
3.1.1. Filtek Supreme XTE Flowable Restorative (Supreme)	40
3.1.2. Filtek Bulk-Fill Flowable (Bulkfill)	40
3.1.3. Estelite Universal Flow Medium (Estelite)	41

3.1.4. G-aenial Universal Flo (GaenialFlo)	41
3.1.5. OptiDisc Bitirme-Cila Sistemi.....	42
3.1.6. Enhance/PoGo Bitirme-Cila Sistemi (Pogo)	43
3.3. Renklendirici Potansiyele Sahip Solüsyonların Hazırlanması	46
3.4. Örneklerin Kantitatif Renk Analizi	48
4. BULGULAR	50
5. TARTIŞMA.....	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	66
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MMA	: Metil metakrilat
PMMA	: Polimetilmetakrilat
Bis-GMA	: Bisglisidilmetakrilat
UDMA	: Üretandimetakrilat
TEGDMA	: Trietilen glikol dimetakrilat
Nm	: Nanometre
Mm	: Milimetre
QTH	: Kuartz tungsten halojen ışık cihazı
LED	: Light emitting diode
µm	: Mikrometre
%	: Yüzde
mW/cm²	: Miliwatt/santimetre kare
CHX	: Klorheksidin
Ag	: Gümüş
GPDM	: Gliserofosfatdimetakrilat
HEMA	: Hidroksietil metakrilat
4-META	: 4-metakriloksietil trimellitat
10-MDP	: Metakriloyloksietil dihidrojen fosfat

PENTA	: Pentaeritritol penta akrilat monofosfat
CIE	: Commission Internationale de L'Eclairage (Uluslararası Aydınlanma Komisyonu)
L*	: CIE Lab Sistemi renk değeri koordinatı
a*	: CIE Lab Renk Sistemi, Kırmızı-Yeşil koordinatı
b*	: CIE Lab Renk Sistemi, Sarı-Mavi Koordinat
ΔE	: Delta E (Renk değışikliğı)
°C	: Derece Celcius
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Bis-EMA	: Etoksile bisfenol A dimetakrilat
Bis-MPEPP	: Bisfenol A poliethoksimetakrilat
UV	: Ultraviyole
rpm	: Devir/Dakika
ml	: Mililitre
Ark.	: Arkadaşları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Bis-GMA' nın kimyasal yapısı.	5
Şekil 2. TEGDMA' nın kimyasal yapısı.	6
Şekil 3. UDMA' nın Kimyasal Yapısı	6
Şekil 4. Dental kompozitlerin partikül büyüklüğü ve yapısına göre kompozisyonu	11
Şekil 5. Doğal Dişte Işığın Yansıma, Kırılma ve Saçılması	27
Şekil 6. Munsell renk sistemi	32
Şekil 7. Munsell renk sistemi (Hue, Chroma, Value)	32
Şekil 8. Munsell Renk Sisteminde Value Değerleri.....	33
Şekil 9. Doygunluk (Chroma)	34
Şekil 10. CIE L*a*b* Renk Sistemi.....	34

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Filtek Supreme XTE Flowable Restorative akışkan kompozit rezin materyali.....	40
Resim 2. Filtek Bulk-Fill Flowable akışkan kompozit rezin materyali	41
Resim 3. Estelite Universal Flow Medium akışkan kompozit rezin materyali.....	41
Resim 4. G-aenial Universal Flo akışkan kompozit rezin materyali	42
Resim 5. OptiDisc General Assorted Kit bitirme-cila seti	43
Resim 6. Enhance/PoGo Bitirme-Cila Sistemi	43
Resim 7. Akışkan kompozit örneklerin hazırlanmasında kullanılan siman camı, şeffaf bant ve plastik kalıp.....	44
Resim 8. Akışkan kompozit örneklerin polimerizasyonunda kullanılan Bluephase Style LED ışık cihazı.....	45
Resim 9. Çalışmada oluşturulan gruplardan birinde yer alan akışkan kompozit rezin örnekleri	45
Resim 10. Renk ölçümü için hazırlanan nötral gri duvarlı, 5500 kelvin ışık yayan ampül ile aydınlatılmış ortam sağlayan düzenek.....	46
Resim 11. Renklendirici potansiyele sahip solüsyonun hazırlanmasında kullanılan çay	47
Resim 12. Renklendirici potansiyele sahip solüsyonun hazırlanmasında kullanılan kahve	47
Resim 13. Eppendorf tüplerin içerisine konulan akışkan kompozit rezin örnekler	48
Resim 14. VITA Easyshade® V spektrofotometre cihazı	49

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması.....	9
Tablo 2. Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması	20
Tablo 3. Çalışmada kullanılan cihaz ve ekipmanlar	38
Tablo 4. Çalışmada kullanılan restoratif materyaller.....	39
Tablo 5. Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerine (ortalama $\pm$ standart sapma) ait tanımlayıcı istatistikler	50
Tablo 6. Materyal, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerinin karşılaştırılması.....	51

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Tez çalışmasının DHF-22001 proje numarası ile Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklendiğini gösteren belge.....	79
--	----



ÖZET

FARKLI DOLDURUCU ORANINA SAHİP AKIŞKAN KOMPOZİTLERİN RENK STABİLİTELERİNİN IN VITRO DEĞERLENDİRİLMESİ

Özekinci K. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi, Uzmanlık Tezi, Aydın, 2022.

Amaç: İki farklı bitirme-cila sistemi (OptiDisc, Pogo) ile cilalanan, farklı doldurucu içeriğine sahip dört farklı akışkan kompozit rezin materyalinin [Supreme (Filtek Supreme XTE Flowable), Bulkfill (Filtek Bulk-Fill Flowable), Estelite (Estelite Universal Medium Flow), GaenialFlo (G-aenial Universal Flo)], üç farklı solüsyona (su, kahve, çay) maruz bırakıldıktan sonraki renk stabilitelerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya dahil edilen her akışkan kompozit rezin materyalinden, 30'ar adet olmak üzere toplam 120 adet disk şeklinde (6mm çapx2mm kalınlık) örnek hazırlandı. Her kompozit grubunda bulunan 30 örnek, kullanılacak bitirme-cila sistemine göre rastgele iki alt gruba ayrılarak Optidisc veya Pogo cila sistemi ile cilalandı. Bitirme-cila işlemleri tamamlanan örnekler etüvde distile suda 37°C'de 24 saat süreyle bekletildi ve daha sonra kontakt tip spektrofotometre aracılığıyla ilk kantitatif renk ölçümleri gerçekleştirildi. İlk ölçümlerin ardından örnekler 3 alt gruba ayrılarak su, kahve veya çay olmak üzere 3 farklı solüsyonda 7 gün süreyle etüvde bekletildi. CIE Lab sistemi kullanılarak ve ölçümlerden elde edilen ortalama L, a, b, değerleri $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ formülüne yerleştirilerek, renk değişimini ifade eden ΔE değerleri hesaplandı. Materyal, içecek ve cila sistemine göre ortalama ΔE değerlerinin istatistiksel analizinde Üç Yönlü Varyans Analizi ve post-hoc Tukey HSD testleri kullanıldı. Önem düzeyi $p < 0,05$ alındı.

Bulgular: Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sisteminin renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi oldu ($p < 0,001$). Çay veya kahvede bekletilen gruplar, suda bekletilen kontrol gruplarına kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek renk değişimi gösterdi ($p < 0,05$). Ancak çay ve kahvede bekletilen gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı ($p > 0,05$). Pogo ile cilalanan gruplar, Optidisc gruplarına kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek renk değişimi gösterdi ($p < 0,05$). En yüksek ve en düşük renk değişimi sırasıyla Supreme ve

Estelite akışkan kompozit rezin materyallerinde elde edildi ($p<0,05$). Estelite akışkan kompozit rezin materyali, hiçbir koşul altında klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi göstermedi.

Sonuç: Çalışmanın sınırlamaları dahilinde en yüksek renk stabilitesi gösteren akışkan kompozit rezin materyali Estelite olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akışkan Kompozit Resin, Renk Analizi, Renk Stabilitesi, Spektrofotometre.



ABSTRACT

IN VITRO EVALUATION OF THE COLOR STABILITY OF FLOWABLE COMPOSITES WITH VARIOUS FILLER CONTENT

Özekinci K. Aydın Adnan Menderes University, Faculty Of Dentistry, Restorative Dentistry Master Thesis, Aydın, 2022.

Objective: It was aimed to comparatively evaluate the color stability of four different flowable composite resins with different filler content [Supreme (Filtek Supreme XTE Flowable), Bulkfill (Filtek Bulk-Fill Flowable), Estelite (Estelite Universal Medium Flow), GaenialFlo (G-aenial Universal Flo)], subjected to three beverages (water, coffee, tea) after two different finishing and polishing procedures (OptiDisc, Pogo).

Material and Methods: A total of 120 disc-shaped (6mm diameter x 2mm thickness) samples were prepared by allocating 30 samples in each flowable composite resin group. The samples in each flowable composite resin group (n=30) were divided randomly into two subgroups according to the finishing-polishing system to be used and polished with Optidisc or Pogo. All samples were kept in distilled water in an incubator at 37°C for 24 hours and then initial color measurements were performed quantitatively using a contact-type spectrophotometer. After initial color measurements, the samples were divided into 3 subgroups according to the beverages and kept in the distilled water, coffee or tea in an incubator for 7 days. The ΔE values expressing the color change were calculated by using the CIE Lab system and placing the mean L, a, b, values obtained from the measurements into the formula $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$. Three-way Analysis of Variance and post-hoc Tukey HSD tests were used for statistical analysis of mean ΔE values at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The main factors of the flowable composite resin material type, beverage and polishing system had a statistically significant effect on color change ($p < 0.001$). The groups kept in tea or coffee showed a significantly higher color change compared to the control groups in water ($p < 0.05$). However, no significant difference was found between the groups kept in tea and coffee ($p > 0.05$). The groups polished with Pogo showed significantly higher

color change compared to Optidisc groups ($p<0.05$). The highest and lowest color changes were obtained in Supreme and Estelite flowable composite resin materials, respectively ($p<0.05$). Estelite did not reveal any clinically unacceptable discoloration under any circumstances.

Conclusion: Within the limitations of the study, Estelite presented the highest color stability among all flowable composite resin materials

Keywords: Flowable Composite Resin, Color Analysis, Color Stability, Spectrophotometer



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde, insanlar estetik görünümlerine daha fazla önem vermektedir. Görünümünü güzelleştirmek isteyen bireyler ile beraber dişlerin de estetiği önem kazanmıştır ve bunun sonucunda estetik diş hekimliği popüler bir hale gelmiştir. Günümüzde diş hekimliği uygulamalarında da estetik materyaller daha sık kullanılmaktadır.

Dental restorasyonlar ile ideal estetik bir görüntü elde etme arayışı, diş renginde görünen materyallerde ve bunların kullanım alanları ve tekniklerinde gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Kompozit rezinler, bu açıdan diş hekimliği için oldukça önemli bir gelişmedir [1].

Kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerinin yanı sıra üstün estetik özellikleri de diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmalarını sağlamaktadır. Estetik restoratif materyaller, dişlerin doğal görünümünü taklit edebilmelidir. Kullanılan materyalin renk uyumu ile renk stabilitesi direkt ilişkilidir [2]. Daha önce yapılan restorasyonların değişimi için diş hekimine başvuran hastaların en sık şikayetlerinden biri ön bölge dişlerindeki restorasyonlarda meydana gelen renklenmelerdir [1].

Yapılan araştırmalara göre restorasyonlarda meydana gelen renk değişimi, dişlere uygulanan kompozit restorasyonların değiştirilmesindeki en önemli nedenler arasında bulunmaktadır [3].

Kompozit materyallerin üzerinde fiziksel ve kimyasal faktörlerin olası etkileri öngörülerek renk değişimi engellenebilir ve daha uzun ömürlü restorasyonlar ortaya konabilir [4].

Kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerinde yüzey pürüzlülüğü, su emilimi, polimerizasyon yöntemi, yüzey sertliği, uygulanan bitirme ve cila işlemleri, oral hijyen alışkanlıkları, ağız içinde kaldığı süre ve boyayıcı faktörler gibi pek çok iç ve dış kaynaklı etken bulunmaktadır [4].

Kompozit rezinlerin gösterdiği hidrofilik özellik ve su emilimi, renk stabilitesi üzerinde önemli bir etkidir. Materyalin su emmesi, rezin ile doldurucu ara yüzeydeki bağlanmayı zayıflatarak aşınma direncini azaltır ve materyalin renklenmeye açık hale gelir. Resin matrikste su emilimi yüksekse, renklenmeye neden olabilecek diğer sıvıların da emilimi fazla olacaktır [5]. Su emilimi meydana geldiğinde, restorasyon içerisine suda çözünebilen

monomerler de penetrasyon göstermektedir. Böylece materyalde renklenme meydana gelmektedir [6].

Akışkan kompozitler, geleneksel rezin kompozitlerin polimerizasyon büzülmesini engellemek amacıyla, geleneksel kompozitlerin organik matris hacminin arttırılması ve doldurucu miktarının %20-25 oranında azaltılması ile elde edilmiştir [7]. Doldurucu miktarındaki bu azaltılma ile materyalin viskozitesi arttırılmıştır. Düşük viskozite ve uygulama kolaylığına sahip birinci kuşak akışkan kompozitler zayıf fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle yalnızca kaide materyali olarak kullanılırken, 2000’li yılların ba larında üretilen ikinci kuşak akışkan kompozitler direkt restoratif materyal olarak kullanılmaya ba lanmıştır [8].

Çürük lezyonlarının ve çürüksüz lezyonların restorasyonunda ve çeşitli dental estetik prosedürlerinde çok yönlü kullanım vadeden umut verici materyaller olarak akışkan kompozit rezinler, geleneksel kompozit rezin ailesinin nispeten yeni kabul edilebilecek üyeleridirler. Düşük viskoziteli akışkan kompozitler, minimal invaziv oklüzal kavite preparasyonlarında, minimal invaziv Sınıf II restorasyonlarda, çürük olmayan servikal lezyonlarda restorasyon amacıyla, kavite taban maddesi (liner) veya pit ve fissür örtücü olarak uygulanabilmektedir. Günümüzde kullanılmakta olan akışkan kompozit rezinler homojen olmayan bir materyal grubunu kapsar. Bileşimleri çok çeşitlidir ve sonuç olarak mekanik ve fiziksel özellikleri de çeşitlilik gösterir [9].

Akışkan kompozitlerin kullanım alanlarının artması araştırmacıları bu materyallerin fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri konusunda çalışmalar yapmaya teşvik etmiştir [10].

Klinisyenin kullandığı materyal seçimi, endikasyona ve kullanım kolaylığına göre değişmektedir. Renk değişimi ve stabilitesi restorasyonun estetik devamlılığı açısından önemli iken şırınga şeklinde olan akışkan kompozitler çalışma kolaylığı sağlayacaktır. Çalışmamızın amacı di  hekimliği pratiğinde sıkça kullanılan akışkan kompozit rezinlerin, günlük hayatta tüketimi yaygın olan çay, kahve ve kontrol grubu olarak distile su içindeki renk değişimleri ve su emilimlerini değerlendirmek ve kar ıla tırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinlerin Tarihsel Gelişimi

Ağır bir metal olan cıvayı içermemeleri ve estetik özelliklerinin çok iyi olması sebebiyle kompozit rezinler günümüzde en çok kullanılan restoratif dental materyaller olmuşlardır [11].

Kompozit kelime olarak materyallerin fiziksel karışımı anlamındadır. Diş hekimliğinde kullanılan kompozit materyali, en az iki farklı materyalin üç boyutlu karışımı olarak tanımlanabilir. Dental kompozitler “kompozit restoratif materyaller, rezin bazlı kompozitler, kompozit rezinler, rezin dolgular, kompozit dolgular” olarak da adlandırılabilirler [12].

Kompozitlerin tarihsel gelişimi 1843 yılında Alman kimyager J. Redtenbacher’ın yeni bir asit keşfedip; bu yeni aside “akrilik asit” adını vermesiyle rezin monomerlerin hikâyesi başlar [11].

1878 yılında Thomas Fletcher tarafından geliştirilen silikat simanlar ilk estetik restoratif materyallerdir. Antikaryojenik özelliği ile önem kazanan bu siman toz ve likit karışımından oluşmaktadır. Polimerizasyon büzülmesinin fazla olması, yüksek termal genleşme katsayısı, renklenme problemi, sekonder çürüğe sebep olması ve ciddi pulpa hasarı meydana getirmesi nedenleriyle kullanımı sınırlanmıştır. 1900’lü yıllarda metakrilik asit ve esterleri olan metilmetakrilatlar (MMA) sentezlenmiştir ve polimerize edilerek kullanılmıştır. 1930’ların sonlarında polimetilmetakrilat (PMMA) akrilik rezinler ve daha sonra indirekt dolgu rezinleri olarak ortaya çıkmıştır [12].

1941 yılında Alman kimyacılar, tersiyer aminler ile benzoil peroksitleri metakrilatların polimerizasyon reaksiyonlarını başlatmak için kullanarak kendi kendine sertleşen akrilik rezinleri geliştirdiler. 1948 yılında bu konudaki çalışmalar akrilik dolgu materyalinin (Sevitron marka) üretilmesi ile sonuçlandı. Bu materyallerle ilgili en büyük problemler yüksek orandaki polimerizasyon büzülmesi (yaklaşık %20-25 oranında), zayıf renk stabilitesi, sınırlı aşınma direnci, yüksek termal genleşme, diş dokularına bağlanmada yetersizlik olarak bildirilmiştir. Polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak bakteriyel penetrasyonun ve sızıntı yüksek oranda sekonder çürüklerin oluşmasına neden olduğu yayınlanmıştır [13].

Bowen metil metakrilat rezinlerin dezavantajları nedeniyle diş dolgu maddesi olarak “epoksi rezini” geliştirmiştir. 1951 yılında Knock ve Glenn, kuartz ve seramik inorganik doldurucu partiküllerini kompozit içine ilave etmişlerdir. Bjorksten ve Yeager 1950’li yılların başında seramik partiküller ile epoksi rezin arasında bağlantı sağlayan silan bağlayıcı ajanını geliştirdiler. Epoksi rezinlerin yavaş sertleşmesi direk dolgu materyali olarak kullanımlarını engellemiştir [11],[13].

1956 yılında Bowen, Bisfenol-A-glikol dimetakrilat (Bis-GMA) adlı yeni bir monomer geliştirmiştir, 1962 yılında bu monomeri içeren rezin kompozitleri tanıtmıştır [14], [15].

1970’ lerde ışıkla polimerize olan rezinler geliştirilmiştir. 1980’lerde inorganik partikül boyutları küçültülüp partikül sayısı artırılarak, posterior bölgede kullanılmak üzere posterior kompozitler üretilmiştir. Hibrit tip kompozitler, 1980’li yılların ortalarında geliştirilmiştir. Sonraki yıllarda ise partikül yapıları daha da küçültülerek mikrohibrit kompozitler piyasaya sürülmüştür [12],[16].

1998 yılında, “ormoser” adı verilen farklı bir kompozit madde restoratif diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır [16],[17].

Nano dolduruculu kompozitler, nano teknolojinin diş hekimliğinde kullanılması ile üretilerek dental kullanıma sunulmuştur [18, 19].

2.2. Kompozit Resinlerin Yapısı

Kompozit rezinler başlıca 4 farklı ana yapıdan oluşurlar;[20]

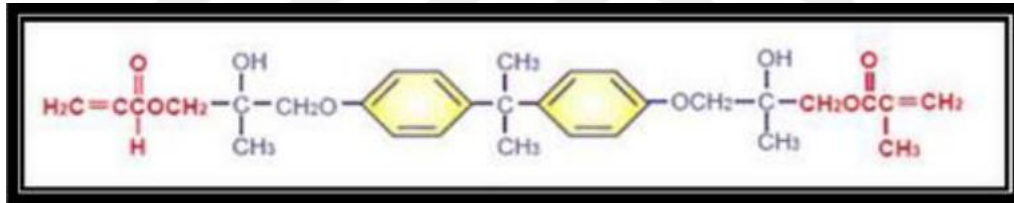
- 1- Organik Polimer Matriks Fazı
- 2- İnorganik Faz
- 3- Bağlayıcı Faz (Ara Faz)
- 4- Başlatıcı-Hızlandırıcı Sistem

2.2.1. Organik Polimer Matriks Fazı

Kompozit rezinler, inorganik doldurucu partikülleri çevreleyen rezin matriksten oluşmaktadır [21]. Kompozit matriksi çeşitli mono ve di-fonksiyonel akrilatlar oluşturur. Rezinlerin büyük çoğunluğu uzun hidrofobik dimetakrilat kopolimerlerden oluşur [13]. Bisfenol-A-Glisidilmetakrilat (BisGMA), üreandimetakrilat (UDMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) en sık kullanılan dimetakrilatlardır [22],[15].

2.2.1.1. Bisfenol-A-Glisidilmetakrilat (Bis-GMA)

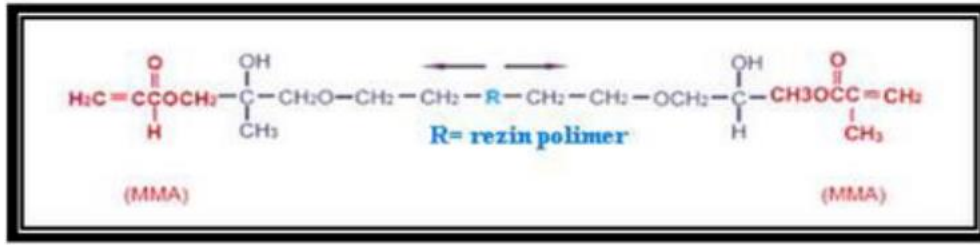
Epoksi rezin olan Bisfenol-A-disglisidileterle metakrilik asit kondensasyon reaksiyonu sonucu Bis-GMA meydana gelir [13]. Yüksek viskoziteye sahip olan Bis-GMA' nın renk stabilitesi yoktur. Bis-GMA visküz yapısı sayesinde rezin matriksin dayanıklılığını artırır [11], [13], [16].



Şekil 1. Bis-GMA' nın kimyasal yapısı [23].

2.2.1.2. Trietilen Glikol Dimetakrilat (TEGDMA)

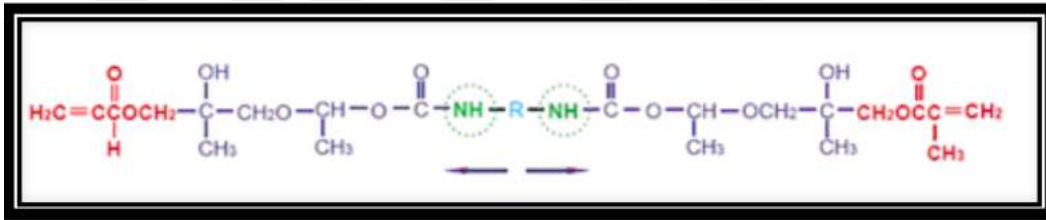
Kompozitin viskozitesini azaltmak ve inorganik partiküllerin yapıya katılabilmesi için daha düşük moleküler ağırlıktaki trietilen glikol dimetakrilat (triethylene glycol dimethacrylate-TEGDMA) kullanılır. TEGDMA' nın her iki ucunda reaktif çift bağlar bulunur. Zincir yapısı kısadır, polimerizasyon büzülmesinin yaklaşık %15 olmasını sağlar. TEGDMA ve Bis-GMA iki difonksiyonel monomerin çeşitli oranlardaki karışımları ile rezin kompozitlerin viskozitesi kontrol altına alınmaya çalışılmıştır, polimerizasyon büzülmesi %3 ile 5 arasına indirilmiştir [11], [13],[24],[25].



Şekil 2. TEGDMA' nın kimyasal yapısı [23].

2.2.1.3. Ürethandimetakrilat (UDMA)

Düşük viskoziteye sahip UDMA, düşük moleküler ağırlıkta ek bir monomer ilave etmeksizin inorganik partiküllerin doldurulmasını sağlar. Moleküler uzunluğu azdır ve kırılmalıdır. %5- 9 arasında polimerizasyon büzülmesine sahip olması en büyük dezavantajıdır [24], [25, 26]



Şekil 3. UDMA' nın Kimyasal Yapısı [23]

2.2.2. İnorganik Faz

Kompozit rezinin, çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılığını artırmak için organik matrikse, farklı içerik, boyut, yapıda ve şekilde doldurucu partiküller ilave edilmiştir. Böylece organik matriks hacminde azalma olur ve polimerizasyon büzülmesi azalır. İnorganik doldurucu partiküller kompozit materyalinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirler. İnorganik doldurucunun yapısı, elde ediliş şekli ve kompozit rezin içerisine miktar olarak hangi oranda eklendiği materyalin mekanik özelliklerini belirler. Bu parçacıklar yapının translusens özelliklerini artırır. Ayrıca polimerizasyon büzülmesini azaltarak kompozit rezini daha sert, yoğun ve aşınmaya dirençli hale getirir [27]. Doldurucular kompozitin kıvamını arttırarak uygulama kolaylığı sağlar ve estetik özelliklerini artırır [28].

Bu faz, matriks içerisine dağılmış çeşitli şekil ve büyüklükteki cam partiküller, lityum alüminyum silikat, kuartz (kristalin silika), hidroksiapatit, stronsiyum, yitrium cam, borosilikat cam doldurucular içerir [29-31],[30]. Çoğu baryum veya çinko gibi ağır metal oksitler içerir, böylece x-ışınlarına maruz kaldıklarında radyoopasite sağlarlar [32].

Doldurucu partiküllerin küçültülmesiyle aşınmaya karşı direnç sağlanırken, su emilimi ve termal genleşme azalır [16].

İnorganik doldurucu partiküllerin boyutları, miktarları ve çeşitleri kompozitin tipini ve klinikte kullanım alanını belirlemektedir [33]. İnorganik doldurucu partikülleri küçük olan materyaller daha fazla cilalanabilir ve cilalarını daha uzun süre korurlar, gelişmiş aşınma direncine sahiptirler [34]. Ayrıca, partikül boyutunun küçük olması; mine kenarlarında daha az marjinal sızıntıya, renk değişimine, bakteriyel penetrasyona ve post-operatif hassasiyetten sorumlu olan mikrofissürlerin varlığının azalmasına sebep olur [35].

2.2.3. Bağlayıcı Ara Faz

Kompozit rezinlerin yapısal bütünlüğü ve mekanik özellikleri için organik matriks içerisine yerleştirilen bağlayıcı ajanlar ile inorganik doldurucu partiküllerin birbirine iyi bağlanması gerekmektedir. Bağlayıcı ajan, ara faz, coupling agent gibi isimlerle anılan organik silisyum bileşiği olan silanlar bu bağlantıyı sağlar [16],[36]. Bu işlem silanizasyon olarak da adlandırılır [31].

Organik matriksin metakrilat grubu ile kovalent bağ yaparken, inorganik doldurucu yüzeyindeki su ve hidroksil gruplarını absorbe ederek yüzeyde esterleşir. Bu şekilde organik-inorganik yapılar arasında bağ oluşturan silan, boşluğu kapatır. Tükürük ve suyun kompozit rezinin içine girmesini önler [37].

Silanın kalitesi kompozit rezinin fiziksel özelliklerini direkt olarak etkiler [38].

2.2.4. Başlatıcı Hızlandırıcı Sistem

Kompozit rezinler ışıkla veya kimyasal yolla aktive edilebilirler. Kompozitlerin polimerizasyonunu başlatan (initiator) ve hızlandıran (accelerator) materyaller vardır.

Kompozit materyalin ısı, ışık ve kimyasal gibi yollarla kendiliğinden polimerize olmasını engellemek için inhibitörler denen organik matriks içine fenol türevi bileşikler ilave edilir. Otopolimerizan kompozitlerde başlatıcı dibenzol peroksit iken, hızlandırıcı aromatik tersiyer aminlerdir. Görünür ışık spektrumunda mavi bölgeye denk gelen 400 - 500 nm arasında ortalama 468 nm dalgaboyunda absorpsiyonu var olan kamferokinon, genellikle kullanılan fotobaşlatıcıdır [16].

Kimyasal aktivasyonda ise oda sıcaklığında organik aminin organik peroksit ile reaksiyona girerek serbest radikalleri oluşturması ve onların da karbon çift bağları ile reaksiyona girmesi sonucu polimerizasyon gerçekleşir [36].

2.3. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyonu

Monomerlerin, geniş bir zincir oluşturmak ya da bir molekül ağı yapmak üzere kimyasal bağlanması ile polimer oluşmasına polimerizasyon denir [39, 40].

Polimerizasyon sırasında aktivasyon, başlangıç, çoğalma ve sonlandırma olmak üzere dört reaksiyon meydana gelir. Aktivasyon aşamasında, serbest radikaller oluşur, polimerizasyonu başlatırlar. Başlangıç aşamasında, monomerler serbest radikaller ile reaksiyona girer ve polimer zinciri oluştururlar. Yeni monomerlerin zincire katılması ile çoğalma gerçekleşir. Ortamdaki monomer miktarının azalması gibi nedenlerle reaksiyonun sonlanır [41].

Polimerizasyon derinliğinde, doldurucunun partikül büyüklüğü ve içeriği önemlidir. Kompozit materyal içindeki doldurucu partiküller ışığı kırar ve saçılmasına neden olur [41].

Uygun polimerizasyon için 2-2,5 mm'lik kalınlıkta kompozitin yakın mesafeden ışığa maruz kalması gereklidir [39, 42].

Polimerizasyon için kullanılan ışıklı cihazlar QTH, LED, plazma ark ve lazer olarak sıralanabilir. Yeterli polimerizasyon için ışık yoğunluğunun 300 mw/cm² olması gerekmektedir. Kompozit rezinlerdeki gelişmelerle fiziksel özellikleri, aşınma dirençleri, renk stabilitesi gibi birçok özellikleri de ilerleme kaydetmiştir. Ancak polimerizasyon büzülmesi ve stresi hala karşımıza çıkan ciddi bir sorundur. Polimerizasyon büzülmesi sonucunda mikrosızıntı, sekonder çürükler, kenar renklenmeleri, minede mikroçatlaklar ve post-operatif hassasiyet görülür [41].

Farklı rezin çeşitleri kullanarak polimerizasyon büzülmesi azaltılabilir ya da doldurucu miktarının artırılması en kolay yoldur [43].

2.4. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Günümüzde geçerliliğini koruyan LUTZ ve PHILIPS' in sınıflandırmasında inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğü ve miktarı esas alınmıştır [16].

Tablo 1. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması [16]

	<i>Kompozit rezin</i>	<i>Partikül büyüklüğü</i>	<i>Partikül% (ağırlıkça)</i>
İnorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere göre	Megafil	50-100 μm	
	Makrofil	10-100 μm	% 70-80
	Midifil	1-10 μm	% 70-80
	Minifil	0.1-1 μm	% 75-85
	Mikrofil	0.01-0.1 μm	% 35-60
	Hibrit	0.04-1 μm	% 75-80
	Nanofil	0.005-0.01 μm	% 72-87
Viskozitelerine göre	Kondense olabilen kompozitler		
	Akışkan kompozit rezinler		
Polimerizasyon Yöntemlerine göre	Kimyasal olarak polimerize olan kompozitler		
	Işık ile polimerize olan kompozitler		
	Hem ışık hem de kimyasal olarak polimerize olabilen kompozitler		

2.4.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Yüzdelere Göre

2.4.1.1. Megafil Kompozitler

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 50-100 μm olan kompozit rezinler megafil kompozitlerdir [16].

2.4.1.2. Makrofil Kompozitler

İnorganik doldurucu partikülleri genellikle 1-10 μm büyüklüğündedir, aralarında 10-100 μm büyüklüğünde partiküller de bulunmaktadır. Makrofil ve midifil kompozitler, geleneksel kompozitler olarak da isimlendirilmektedir. Çiğneme kuvvetlerine karşı direnci düşüktür, posterior dişlerde kullanımı uygun değildir [16].

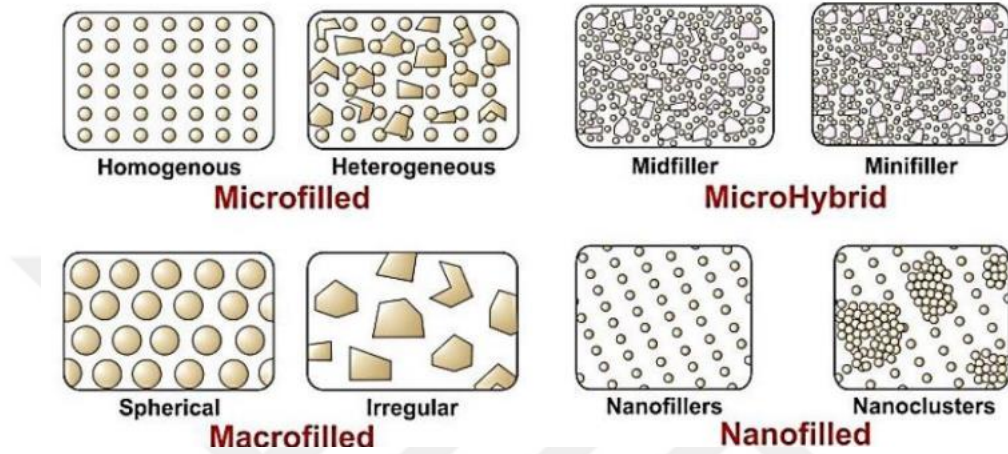
2.4.1.3. Minifil Kompozitler

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 0,1-1 μm arasındadır ve partikül miktarı makrofil kompozitlere göre daha fazladır. İnorganik doldurucu partikülleri küçük ve çok sayıdadır. Makrofil kompozitlere göre daha düzgün bir yüzey sağlar. Aşınmaya karşı direnci artmıştır [16].

2.4.1.4. Mikrofil Kompozitler

Mikrofil kompozitler iyi parlatılabilmeleri sayesinde ön bölgelerde üstün estetik özellikler sağlayabilir. İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 0,04-0,4 μm 'dir. Mikrofil kompozitlerin ilk geliştirilen halleri sınırlı miktarda doldurucu içermekteydi. Çünkü inorganik doldurucu partiküllerin yüzey alanının hacme oranı yüksek olduğu için viskoziteleri artmıştır [44].

bu sorunu çözmek için önceden polimerize edilmiş mikrofil kompozit kitlesi 1-20 µm büyüklüğünde partiküller elde edilerek doldurucu olarak matrikse eklenmiştir. Böylece organik doldurucular olarak da adlandırılan bu partiküllerin miktarı artırılmış, partiküllerin polimer matrikse kimyasal yolla bağlanmasıyla polimer matrikste çok daha iyi özellikler gösteren alanlar oluşturulmuştur. Doldurucu partiküllerde modifikasyon yapıldığından bu tür kompozit rezinlere “Heterojen Kompozitler” adı verilmiştir [16].



Şekil 4. Dental kompozitlerin partikül büyüklüğü ve yapısına göre kompozisyonu [45]

2.4.2. Viskozitelerine Göre

2.4.2.1. Kondanse edilebilen kompozitler (Condansable Packable)

Amalgama alternatif olarak ve arka bölge dişlerin restorasyonları için geliştirilmiş yüksek viskoziteli kompozit rezinlerdir. İnorganik doldurucu miktarı fazladır ve partikül dağılımlarının da fazla olması sebebiyle hibrit kompozit rezinlere göre viskoziteleri artmıştır. Hastaya uygulanan her kompozit tabakasının, tabakalama tekniği (inkremental teknik) ile yerleştirilmesi ve ışık cihazı ile polimerize edilmesi gerekmektedir. Hibrit kompozit rezinlerin, kondanse edilebilir kompozit rezinlere göre cilalanma özellikleri dolayısıyla estetik özellikleri daha üstündür. Sıkıştırılabilirlik özellikleri sayesinde Sınıf II kavitelerde aproksimal kısımlarda kullanılabilmesi önemli bir avantajdır [16, 32].

2.4.2.2. Akışkan Kompozitler

Akışkan kompozitler, geleneksel kompozitlerin inorganik doldurucu miktarının %20-25 oranında azaltılması ve organik matris hacminin artırılmasıyla elde edilmiştir [46]. Akışkan kompozitlerin rezin oranı fazla, partikül boyutu küçük ve doldurucu oranları düşüktür. Doldurucu miktarındaki bu azalma materyalin viskozitesini artırmıştır. Düşük viskozite ve uygulama kolaylığına sahip birinci kuşak akışkan kompozitler zayıf fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle yalnızca kaide materyali olarak kullanılırken, 2000'li yılların başlarında üretilen ikinci kuşak akışkan kompozitler direkt restoratif materyal olarak kullanılmaya başlanmıştır [47].

1995 yılından beri kullanılan bu materyallerin mikofil ve hibrit kompozit rezinlere göre manipülasyonu daha kolaydır. Akışkan kompozitler, kolay ulaşabilmesi nedeniyle sığ yüzeylere veya kavite preparasyonunun ideal koşullarda olmadığı, kavite geometrisinin düzgün bir şekilde sağlanamadığı undercut'lı kavite kenarlarına, polimerizasyon büzülmesini engellemek, stres önleyici olarak eski restorasyonların tamirinde, minimal invaziv kavite preparasyonlarında ve kaide materyali olarak uygulanabilmektedirler [46]. Ayrıca anterior ve posterior dişlerde estetik restoratif materyal olarak yaygın olarak kullanılmaktadır [48].

Akışkan kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi sonucu doldurucu içeriği artırılmış olan bulk fill akışkan kompozit rezinler geliştirilmiştir. Doldurucu oranı artırılan yeni nesil bulk fill akışkan kompozit rezinler artan fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak daimî restorasyon materyali olarak da kullanılabilir. Üretici firmalar yeni geliştirilmiş olan bu kompozit rezinlerin geleneksel kompozit rezinlere benzer şekilde kalın tabakalar halinde kullanılabileceği ve aynı zamanda nano partiküllü akışkan kompozit rezinlerin yanında self adeziv özellikli akışkan kompozit rezinler de geliştirmiştir [49].

Akışkan kompozitlerin artan kullanımı araştırmacıları bu materyallerin fiziksel ve mekanik özellikleri konusunda çalışmalar yapmaya teşvik etmiştir. Akışkan kompozitlerin, düşük inorganik doldurucu içeriklerinden dolayı dentin bağlanma dayanımı ve aşınmaya karşı dirençleri geleneksel kompozite göre daha zayıftır, polimerizasyon büzülmesi ise daha fazladır [50].

Akışkan Kompozitlerin Klinik Endikasyonları;

1. Koruyucu Resin Restorasyonları (minimal invaziv oklüzal sınıf I kaviteler) [9]

2. Pit ve Fissür Örtüleme [9]
3. Kavite taban maddesi [9]
4. Minimal İnvaziv Sınıf II Restorasyonlar [9]
5. Sınıf V abfraksiyon lezyonları [9]
6. Ortodontik braketlerin [51] ve lingual ortodontik tutucuların [52] yapıştırılması.
7. Kırık ve mobil dişlerin splintlenmesi (travma sonrası veya periodontal) [53].
8. Kırılmış ön diş parçasının acil olarak yeniden yerleştirilmesi [54].
9. Bis-akril kompozit rezinler kullanılarak üretilmiş geçici restorasyonların onarılması ve marjnlere eklenmesi [9].
10. Metal alt tabakaların opaklaştırılması, örneğin metale kaynaşmış porselen (PFM) onarımları [9].
11. Protez onarımları: birçok şirket farklı pembe tonları sunar [55]
12. Bozulmuş amalgam kenarlarının onarımı [56].
13. Kron ve kompozit restorasyon kenarlarının onarımı [46].
14. İndirekt restorasyonların preparasyonunda undercutları kapatmak için [57].
15. Stres taşımayan alanlarda küçük porselen kırıklarının onarımı [9].
16. Minimal invaziv Sınıf III restorasyonlar [58].
17. Porselen ve kompozit rezin veneerlerin yapıştırılması [59].
18. Helvey ve arkadaşlarına göre, akışkan kompozitler, yapıştırma ajanları olarak kullanıldıklarında, dentinde, ikincil çürüklerin önlenmesine yardımcı olan, süper dentin olarak da adlandırılan bir asit-baz dirençli bölge oluştururlar [60].
19. Devital diş beyazlatmada koruyucu bir baz olarak [61].
20. Endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin restorasyonunda fiber postların yapıştırılması [62].

2.4.3. Polimerizasyon Şekillerine Göre

2.4.3.1. Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Rezinler (Otopolimerizan Kompozit Rezinler)

Kimyasal yolla polimerize olan kompozit rezinler iki pat halindedir ve ikisinin karıştırılmasıyla polimerizasyon başlar. Patlardan her biri hacimsel olarak yarı yarıya organik monomer ve inorganik doldurucu içerir. Patlardan birinde polimerizasyonu başlatan benzol peroksit, diğerinde polimerizasyonu hızlandıran organik amin bulunur. Her iki pattan eşit miktarda alınarak karıştırılır. İki pat karıştığı zaman amin, benzol peroksit ile reaksiyona girer ve polimerizasyon başlar. Bu tip kompozit rezinlerde kavitenin en derin bölgesinden başlayan ilk sertleşme ile kavitenin merkezine doğru bir büzülme gözlenir. İki patın karıştırılması esnasında arada kalan hava kabarcıklarının pöröz yüzeylere neden olması, uygulama süresinin hekimin kontrolünde olmaması ve aminin zamanla renklenmesi nedeniyle ön bölge restorasyonlarında başarısızlık gözlenebilir [16],[63],[39].

2.4.3.2. Görünür Işıkla Polimerize olan Kompozit Rezinler (Fotopolimerizan Kompozitler)

Otopolimerizan kompozitlere alternatif olarak geliştirilmişlerdir. Işık ile polimerize olan kompozitler ilk olarak Michael Buonocore tarafından 1970 yılında rapor edilmiş, 1971 yılında ise Caulk tarafından dünyaya tanıtılmıştır [39].

Polimerizasyon için görünür mavi ışığın 450-500 nm dalga boyunda veya en az 300 mW/cm² olması gereklidir. Polimerizasyon başlatıcısı olarak en çok kamferokinon kullanılır. Işık etkisiyle kamferokinon aktiflenmekte ve serbest radikaller oluşmaktadır. Kompozitin polimerizasyonunun hekim kontrolünde olması, uygulama kolaylığı ve çalışma süresinin daha uzun olması önemli avantajlarındandır. Tek pat şeklinde olduğu için karıştırma gerektirmez, hava kabarcıklarının ve yüzey pürüzlülüğünün önüne geçilmiş olunur. Bu kompozitlerde polimerizasyon kontrolü hekimdedir, uygulama kolaylığı ve çalışma rahatlığı vardır, renk stabilitesi uygundur, estetikdir, bu nedenlerden dolayı otopolimerizan kompozitlere üstünlük

sağlarlar. Bu tip kompozit rezinler de polimerizasyon büzülmesi ışık kaynağına doğru olmaktadır [16].

2.4.3.3. Hem Kimyasal Hem de Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Resinler (Dual-Cure Kompozitler)

Kimyasal polimerizasyon hızı yavaştır ancak polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesinden endişe edilen durumlarda kullanılması önerilmektedir [64]. Uygulandıkları bölgelerde polimerizasyon ışık ile başlatılır. Akışkan özelliklerinden dolayı daha çok yapıştırma materyali olarak kullanılır. Işığın ulaşamadığı bölgelerde polimerizasyon kimyasal olarak devam eder ve 8-24 saat içinde tamamlanır. Polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesinden endişe edilen her ortamda kullanılması önerilen bu tip rezinler özellikle derin kavitelere, 2 mm'den daha kalın rezin uygulamalarında önerilir [16],[65].

2.5. Güncel Kompozit Resin Sistemler

2.5.1. Nanokompozitler

Nanoteknoloji; moleküler nanoteknoloji veya molekül mühendisliği olarak da tanımlanmaktadır. Çeşitli kimyasal ve fiziksel yollarla 0,1 ile 100 nanometre (nm) aralığında fonksiyonel materyallerin ve yapıların üretimini içermektedir ($1\text{nm}=1/1000\ \mu\text{m}$). Mikrofil dolduruculu kompozit rezinler polisajlanabilirliklerinin iyi olması nedeniyle ön diş restorasyonlarında tercih edilirler; ancak çiğneme kuvvetleri karşısında dayanıklı olmadıklarından dolayı, posterior restorasyonlarda yetersizdirler. Bununla birlikte hibrit kompozitler, mikrofiller kadar iyi cilalanamalarda çiğneme kuvvetlerine karşı daha iyi direnç sağlarlar.

Resin bazlı kompozit teknolojinin hedeflerinden biri; mikrofil kompozitlerin, yüksek parlaklık ve üstün polisajlanabilme özelliğiyle hibrit kompozitlerin aşınma direnci ve yüksek mekanik dayanım gibi olumlu özelliklerini bir arada bulunduran ve kullanım alanı sınırlaması olmaksızın tüm yüzeylerde uygulanabilen bir kompozit resin materyal geliştirmektir. Tüm

bunlardan yola çıkarak önce nanomerler daha sonra da gelişmiş metakrilat ve ışıkla sertleşen nano kompozitler geliştirilmiştir [66].

2.5.2 Hibrit Kompozitler

Hibrit kompozitler farklı büyüklükte doldurucu partiküller içerir. Partikül büyüklüğü makro partiküllü rezinlerden daha küçük, partikül miktarı ise mikro partiküllü rezinlerden daha fazladır. Bu kompozitlere “homojen kompozitler” adı da verilmektedir çünkü doldurucular, silanizasyon dışında farklı bir işlem uygulanmadan monomer matrikse katılmıştır. Hibrit türünün belirlenmesinde büyük partikülün ismi kullanılır. Örneğin, büyük partiküller minifil düzeyinde ise kompozit rezin minifil hibrit adını alır. Küçük partiküller karışımın ikinci komponentini oluşturur. Doldurucu partiküller büyük partiküller arasına rastgele serpiştirildiği için yüzey düzgündür. Bu nedenle estetik açıdan önemli olan ön bölgelerde sınıf III, IV ve V kavitelere, kompozit veneerler de kullanımı önerilmektedir [16].

2.5.3. Ormoserler

Ormoserler, organik modifiye seramik kelimelerinin ilk hecelerinden oluşmaktadırlar, kompozitlerin organik matriksinde yapısal değişiklikler yapılmıştır ve aşınmaya karşı oldukça dirençlidirler. Ormoserlerin organik matrikslerinde, esas komponent olarak metakrilat polisiloksan kullanılır, dimetakrilat monomerleri azalır. Böylece geleneksel kompozite göre alerjik reaksiyon görülme olasılığı azalır [67]. Ormoserin polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyouyumlu bir materyal olması ve çürüklere karşı koruyucu olması önemli avantajlarındandır [67].

2.5.4. Giomerler

“Giomer” adı, “Glass ionomer + polimer” kelimelerinden türetilmiştir. Giomer, yapısında aktif cam iyonomer partikülleri içeren, flor salabilen ve ışıkla sertleşen restoratif bir materyaldir. Giomerler, kompomerler gibi ışıkla sertleşmektedir ve diş dokusuna adezyon için

bir adeziv sisteme ihtiyaç duymaktadır[68]. İn-vitro çalışmalarda, materyalin uygulandığı ilk günlerde flor salınımının oldukça az olduğu fakat 21 gün sonunda flor salınımının artış gösterdiği belirtilmektedir [68].

2.5.5. Siloranlar

Siloranlar; Siloksan ve oksiran içeren hibrit monomer sistemlerdir. Dimetakrilat monomerlerin serbest radikallerinin polimerizasyonu yerine siloranların halka-açılımı polimerizasyonu ile oluşturulurlar [69]. Bis-GMA, UDMA, TEGDMA gibi çeşitli metakrilat monomerlerden oluşan rezin matriks yapısına sahip kompozit rezinler polimerizasyon büzülmesine ve strese neden olarak sızıntı, sekonder çürük, hassasiyet, renklenme ve çatlak oluşturabilir. Siloksan ise hidrofobik özelliği ile kompozit rezinin uzun dönem mekanik dayanıklılığını sağlamaktadır. Metakrilat esaslı kompozitlerle karşılaştırıldığında daha az büzülmenin gerçekleştiği, bu dezavantajların azaltıldığı siloran esaslı sistemler oluşturulmaktadır [70].

2.5.6. Bulk-fill Kompozit Rezinler

Bulk-fill kompozit rezinlerin tek tabakalı (bulk) şeklinde uygulanmasıyla klinik çalışma süresi azalır. 4 mm derinliğinde uygulanabilen bu materyalin inorganik yapısında bulunan baryum ve ytterbiyum partikülleri radyoopasiteyi artırır [71]. Işık cihazının polimerize edici etkisinin daha derinlere ulaşmasını içerdikleri, ytterbiyum triflorid, baryum alüminyum silikat cam, zirkonyum silika partiküller translusentliği artırarak sağlar [72]. Bulk-fill kompozit rezin sistemlerin diğer avantajları kompozit tabakasının adaptasyonunu daha iyi sağlayarak, tabakalar arasında boşluk oluşmaz, yeterli aşınma direnci, yeterli radyoopasite özellikleri gösterir [73].

2.5.7. Antibakteriyel Kompozit Rezinler

Antibakteriyel etki amacıyla kompozit rezine eklenen antimikrobiyal ajanlar; iyon salan (releasing), iyon salmayan (non-releasing) ajanlardır. Klorheksidin (CHX) ve gümüş (Ag) partikülleri birçok çalışmalarla ajan olarak kullanılmaktadır [73, 74]. Klorheksidin sitoliz veya apoptozu indüklemek için çok etkin değildir, bakteriyel hücrelerin dış hücre zarı hasar görür. Gümüş, bu amaçla eklenmiştir ve küçük boyutta olması, yüksek yüzey alanlarına sahip olması nedeniyle olduklarından daha etkili antimikrobiyal özellik göstermektedirler. Bu sistemlerinin dezavantajlarından en önemlisi salınımların kısa bir sürede kalmasıdır [75].

2.5.8. Self-adeziv Kompozit Rezinler

Self adeziv kompozit rezinler diş dokularına kendiliğinden tutunan, akışkan kıvamda olan adeziv içeren rezinlerdir. Küçük sınıf I ve sınıf V kaviteler, servikal lezyonlar ve porselen tamirlerinde kullanılırlar. İçeriğinde pürüzlendirmede görevli fonksiyonel monomer gliserofosfatdimetakrilat (GPDM) ve rezin penetrasyonunu arttıran fonksiyonel monomer olan hidroksietil metakrilat (HEMA) mevcuttur [76, 77]. Adeziv kompozitlerin yapısında 4-metakriloksietil trimellitat (4-META) ve metakriloyloksietil dihidrojen fosfat (10-MDP) ve de pentaeritritol penta akrilat monofosfat (PENTA) bulunmaktadır [78].

2.5.9. Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Rezinler

Fiber ilave edilmiş kompozit rezinler, dentin dokusunun stres absorbe etme özelliğini taklit ederler. Büyük sınıf II restorasyonlarda kullanılabilirler. Fiberlerin, kompozitlerdeki çatlak ilerlemesini durdurduğu veya önlediği belirtilmiştir [79]. Yapılarında; kompozit rezinin mekanik özelliklerini arttırmak için cam fiber, poliester fiber, karbon fiber, aramid fiber ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen fiber gibi farklı özellikte fiber tipleri bulunmaktadır [80].

2.5.10. Akıllı (Smart) Monokromatik Kompozitler

Günümüzde ideal materyale ulaşmak amacıyla tüm gereksinimleri karşılayacak tek bir malzeme henüz mevcut olmasa da bu konuda çalışmalar devam etmektedir. Bu amaçla geliştirilen malzemeler, kalan diş yapısını başarabildiği ölçüde desteklemektedir ve "smart" olarak adlandırılmaktadırlar. Bunlardan bazıları mine, dentin gibi doğal diş yapılarını taklit edebilirler [81]. Yalnızca tek kompozit renk tonuyla klasik VİTA tonlarını içeren yapısal olarak renklendirilmiş universal olarak üretilen kompozitler renge "fiziksel" boyutunu veren, akıllı (smart) kromatik teknolojisine sahiptir.

2.6. Kompozit Rezinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri

Bitirme; dişin anatomik şeklinin oluşması için restorasyon yüzeyindeki fazlalıkların alınması olarak tanımlanır. Cila ise bitirme işlemleri sırasında oluşan çiziklerin ve yüzey pürüzlülüğünün azaltılması olarak ifade edilir [82]. Bitirme işlemlerinin temel amacı restorasyona uygun oklüzyon ve kontür sağlamak, diş eti ile uyumlu düzgün bir yüzey oluşturmaktır. Dental restorasyonların uygun şekilde bitirilmesi ve yüzeyinin düzgün olması, gingival sağlık ve estetik açısından önemlidir. Yüzeyin pürüzsüz olması, gıda birikiminin ve restorasyonda ki renklenme ihtimalini azaltır, doğal bir görüntü elde edilmesine, restorasyonun uzun ömürlü olmasına ve sağlıklı bir diyeti oluşmasına yardımcı olmaktadır [83]. Kompozit restorasyonların bitirme ve cila aşamaları uygun olmazsa, yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak plak birikimi, diş eti enfeksiyonları, ikincil çürük oluşumu, renklenme ve estetik olmayan bir görüntü oluşabilir [84, 85].

Kompozit rezinler, dayanıklılıkları, mükemmel estetik özellikleri, diş dokularına adezyon kabiliyetleri ve porselene göre daha ekonomik olmaları gibi avantajlarından dolayı diş hekimliğinde en yaygın kullanılan materyallerdir [86]. Ancak kompozit rezinler ağız ortamında renklenme eğilimindedirler ve yeterli renk stabilitesine sahip olmadıkları için renklenmeleri, restorasyonların yenilenmesindeki sebeplerden biridir [87]. Kompozit rezinin renklenme oranı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olan, oksijenle temas eden ve polimerleşmeyen yüzeyel rezin tabakasını uzaklaştırmak için de polisaj işlemi oldukça önemlidir [88].

Kompozit materyali, yumuşak polimer rezin ile sert inorganik doldurucu partiküllerin birleşiminden meydana gelmektedir. Dolayısıyla bitirme işlemleri uygulandığında meydana gelen aşınma miktarı eşit olmaz ve doldurucu partiküller arasında çukurcuklar oluşur. Özellikle büyük partiküllü geleneksel tip kompozit rezinlerde daha görülür, bitirme işlemleri sonrasında daha fazla pürüz oluşur. Mikrofil kompozitlerde ise inorganik doldurucu partiküller daha küçük olduğundan oluşan çukurcuklar daha küçüktür ve kompozit yüzeyi daha parlak ve pürüzsüzdür. Hibrit ve nano partiküllü kompozit rezinlerde ise düzgün ve parlak bir yüzey elde edilmektedir [89].

Restoratif diş hekimliğinde bitirme ve cila işlemleri birbirini takip eden basamakları kapsamaktadır [90]. Çeşitli kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir [36].

Tablo 2. Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülük değerlerinin karşılaştırılması

Bitirme ve cila işlemleri	Hibrit kompozitler	Mikrofil kompozitler	Kondanse edilebilen kompozitler	Laboratuvar kompozitleri
Bant altındaki yüzey	0.03-0.07 µm	0.03-0.08 µm	0.08-0.018 µm	0.02-0.04 µm
Elmas bitirme frezi	0.5-2.2 µm	-	1.10-2.10 µm	0.67-0.80 µm
Karpit bitirme frezi (16 bıçaklı)	0.29-0.52 µm	0.38-0.57 µm	0.51-0.74 µm	0.21-0.26 µm
Kompozit cilası	0.20-0.37 µm	0.12-0.17 µm	0.37 µm	0.11-0.17 µm
Aliminyum oksit diskler*	0.09-0.15 µm	0.07-0.11 µm	0.14-0.17 µm	0.08-0.09 µm

*: 16 bıçaklı tungsten karpit frezle bitirmeden sonraki işlem

2.6.1. Kaba Bitirme İşlemi

Diskler, 100 µm ve üzerinde kalın grenli frezler yardımıyla olan aşındırma işlemidir [91].

2.6.2. Kontur Verme

Estetik ve fonksiyona uygun olarak restorasyona son şeklinin kazandırılmasıdır [90].

2.6.3. İnce Bitirme

Yüzey düzgünlüğünün ve kenar uyumunun sağlanması aşamasıdır. 15 µm ile 100µm aralığında kullanılan aşındırıcılar, kontur verme işlemi sırasında oluşan çizikler ve fazlalıkları giderir. Bu amaçla kaplı diskler, aşındırıcı aletler, ince elmas frezler ya da çok yivli bitirme frezleri kullanılmaktadır [90].

2.6.4. Cila

Son aşamada mineye yakın düzgünlükte ve parlaklıkta yüzey elde edilmesi için 0,3-20 µm boyutunda partikül içeren ekstra ince aşındırıcılar kullanılmaktadır [92].

Bitirme ve cila enstrümanlarının etkinliği ve bu enstrümanlarla uygulanan işlemler sonucunda restorasyonun sahip olduğu yüzey pürüzlülüğü çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir [89, 93].

1. Bitirme ve cila işlemi uygulanan materyalin yapısı ve mekanik özellikleri
2. Aşındırıcılar ile restorasyon materyali arasındaki sertlik farkı
3. Kullanılan enstrümandaki aşındırıcı partiküllerin sertliği, boyutu ve şekli
4. Aşındırıcıyı taşıyıcı aygıtın fiziksel özellikleri
5. Aşındırıcı enstrümanın uygulanma hızı ve basıncı
6. Aşındırıcı enstrümanların kayganlaştırıcılar ile birlikte kullanılması

2.7. Yüzey Bitirme ve Polisaj İşlemlerinde Kullanılan Materyaller

2.7.1. Elmas Bitirme Frezleri

Elmas bitirme frezleri restoratif materyallerin yüzeyini uyumlamak, anatomik form vermek ve düzgünleştirmek için kullanılmaktadır. Elmas bitirme frezleri, kesme hareketinden çok aşındırma hareketi yapar [29]. Isıyı dağıtmak için mutlaka su soğutması altında

kullanılmalıdır. Elmas bitirme frezlerinin materyal uzaklaştırma etkinliği oldukça yüksektir, geride oldukça pürüzlü bir yüzey bıraktıkları bildirilmiştir [94].

2.7.2. Karbit Bitirme Frezleri

Kompozit rezinlerin bitirme ve konturlama işlemlerinde kullanılırlar. Bu frezler öncelikli olarak bitirme işlemlerinde kullanılmaktadır ve bıçak sayısı azaldıkça kesme etkinliği artmaktadır. En sık kullanılan karbit frezler 8 ile 40 arasında değişik sayılarda bıçaklara sahip frezlerdir, bitirme işlemi sonrası 8 bıçaklı frezler daha pürüzlü bir alan geride bırakırken, 12, 20 ve 40 bıçaklı frezler restorasyon üzerinde pürüzsüz bir yüzey oluştururlar [89].

2.7.3. Dental Taşlar

Taşlar, restorasyonlara kontur verilmesi ve bitirilmesinde kullanılırlar. Elmas frezlere göre daha az kesici ve aşındırıcıdır [95]. Dental taşlar, koheziv bir kütle oluşturabilmek için aşındırıcıların sinterize edilmesiyle veya organik bir rezine bağlanmasıyla oluşturulurlar. Taşların renkleri kullanılan aşındırıcının üretildiği materyali gösterir. Alüminyum oksit içerenler taşlar beyazken, silikon karbit içeren taşlar yeşildir. Elmas taşlar ise silikon karbit ve alüminyum oksit taşlara göre daha fazla keser [89].

2.7.4. Kaplı Abraziv Bitirme ve Polisaj Diskleri ve Stripleri

Kaplı abraziv diskler ve stripler aşındırıcı partiküllerin ince bir polimer veya plastik yapıya bağlanmasıyla oluşturulurlar. Restorasyonların kabaca bitirilmesinde, konturlanmasında ve polisajında kullanılmaktadır. Kaba grenden başlanarak super ince grene kadar, gren sırasına göre kullanılırlar. Kaplı abraziv diskler ve stripler özellikle düz veya dışbükey yüzeyler için uygundur, ön bölgede kullanılır. Kaplı bitirme ve polisaj disklerinin anterior lingual ve posterior oklüzal alanlarda kullanımları zordur [89, 95].

2.7.5. Disk, Kap ve Labut Uçlu Lastikle

Bitirme ve cila enstrümanları ince veya ultra ince sertlikteki abraziv partiküllerin daha yumuşak ve elastik bir matrikse bağlanmasıyla oluşturulmuşlardır. Bu malzemeler esnek olduğu için kaplı abraziv disklerin ulaşamadığı anterior lingual ve posterior oklüzal yüzeylerde başarı ile kullanılabilirler. Farklı boyutlarda olabilen bu lastikler şekillerine göre disk, kap ve labut uç şeklinde olabilirler. Lastiklerin elastomerik matriks yapısı doğal veya sentetik lastik, silikon veya diğer sentetik elastik polimerlerden, aşındırıcılar ise silikon karbit, alüminyum oksit, elmas, silikon dioksit ve zirkonyum oksitten oluşmaktadır[95].

2.7.6. Zayıf Aşındırıcı Cila Patları

Zayıf abraziv cila patları genellikle gliserin esaslı olan, daha çok elmas parçacıklardan veya alüminyum oksitten oluşmaktadır [96]. Elmas cila patlarının ise partikül boyutları daha büyükken (1-10 μm), alüminyum oksit cila patlarının ortalama partikül boyutu 1 μm veya daha azdır. [95].

2.7.7. Aşındırıcı Emdirilmiş Fırçalar ve Keçeler

Polimer kıllara çeşitli aşındırıcı partiküller emdirilmiş olan bu fırçalar sivri uçlu veya çanak şeklinde bulunabilmektedirler. Kompozit restorasyonlarda, diğer bitirme ve cila aletleri ile ulaşamayan fissür ve arayüz bölgelerine bu fırçalarla daha kolay ulaşılır. [95].

2.8. Aşındırıcı Tipleri ve Bileşimleri

2.8.1. Alüminyum Oksit

Alüminyum oksit; alüminyum ve oksijenin kimyasal birleşiminden oluşur. Sertliği yüksek olması, aşındırıcı olarak kullanılmasının en temel nedenidir. Alüminyum oksit genellikle kâğıt

veya polimer disk ve striplere bağlanmış ya da tekerlek biçimli ve sivri uçlu lastiklere emdirilmiş partiküller olarak üretilir. Alüminyum oksidin ince partikülleri cila patına karıştırılabilir, akrilik ve kompozit gibi restorasyonların cilasında kullanılabilir [95]. Bu tez çalışmasında kullanılan OptiDisc (Keer) alüminyum oksit içeren bitirme ve cila sistemlerine örnektir.

2.8.2. Karpit Bileşikleri

Karpit bileşikleri; silikon karpit, bor karpit ve tungsten karpit bileşiklerini içerir. Çok bıçaklı bitirme frezlerinin aşındırıcı kısımları tungsten karpitten oluşmaktadır. Silikon ve bor partikülleri ise bir tutucu eşliğinde disk, çanak, tekerlek ve sivri uç şeklindeki lastiklere emdirilmiş şekilde düşük hızda dönen aletlerle kullanılırlar [39, 95].

2.8.3. Elmas Aşındırıcılar

Karbon bileşiği olan elmas en sert maddelerden biri olarak bilinmektedir. Oldukça etkili bir aşındırıcıdır, ayrıca aşınmalara karşı oldukça dirençlidir. Elmas partikülleri dönen aletler ile esnek metale bağlanarak, aşındırıcı şeritler ve elmas cila patları şeklinde kullanılabilirler. Son yıllarda kompozit restorasyonlara yüksek oranda cila sağlamak için çok ince grenli elmas spiral (Clearfil Twist Dia, Kururay) ve patlar (Dia Polisher, GC) üretilmiştir.[95],[39]. Bu tez çalışmasında kullanılan PoGo kompozit bitim ve parlatma seti, mikro elmas partiküllü, sivri uçlu, disk ve çanak şeklindeki disklerden oluşur.

2.8.4. Silikon Dioksit

Silikon dioksit, bağlı abraziv lastik veya elastomerik bitirme ve cila enstrümanlarında kullanılır. Esas olarak sivri uçlu lastikler ve elastomerik çanak şeklindedir. Bu aşındırıcıya örnek olarak Astropol Bitirme ve Parlatma Seti (Ivoclar North America, Amherst, New York) gösterilebilir [95].

2.8.5. Zirkonyum Oksit

Döner alete takılarak kullanılan zirkonyum oksit elastik veya lastik, bitirme ve cila enstrümanı olarak kullanılabilir. Bu aşındırıcıya örnek olarak Silicon Points C tipi (Shofu Dental, Kyoto, Japan) gösterilebilir [95].

2.8.6. Zirkonyum Silikat

Zirkonyum silikat cila ajanı olarak kullanılan küçük partikülü sert bir aşındırıcı olan zirkonyum silikat; strip, disk ve profilaksi patı şeklinde kullanılabilir [39, 95].

2.9. Renk

Sigfried Forsius 1611 yılında rengin üç boyutlu olduğunu ifade etmiştir. Günümüzde rengin bu özelliğini açıklamak için birçok sistem ve yaklaşım geliştirilmiştir [97]. Renk algısı ışık kaynağı, cisim ve gözlemci gibi faktörlere bağlı şekilde farklılıklar gösterebilmektedir. Bir cisim kendi rengini yansıtır, diğer renkleri ise emer. Beyaz renk üzerine düşen tüm renkleri yansıtırken, siyah renk tümünü emer [98].

2.9.1. Işık Kaynağı

Işık, dalga boyları ile oluşan elektromanyetik bir radyasyondur ve ışık kırıldığında bir spektrum oluşturur. İnsan gözü 400 nm'lik mor ve 700 nm'lik koyu kırmızı arasındaki dalga boylarına duyarlıdır ve bu alan görünür ışık spektrumu olarak adlandırılır [99]. Güneş ışığı bütün renkleri içeren homojen spektruma sahiptir. Homojen spektrumlu ışınlar, renk seçiminde kullanılacak ışık kaynaklarında istenen bir özelliktir [100]. Homojen spektrumlu olmayan bir ışık kaynağı altında cismin rengi olduğundan farklı algılanır [101].

2.9.2. Cisim

Cismin renk özelliklerini, gelen ışığın yansılma veya absorbe edilme miktarı belirlemektedir [102]. Bir cisim, renk spektrumundaki kendi rengi dışındaki bütün renkleri

absorbe ederken kendi rengini yansıtır. Siyah renk, ışığın tüm dalga boylarını absorbe ederken, beyaz renk tümünü yansıtmaktadır [103].

2.9.3. Gözlemci

Cisimlerden yansıyan ışık gözdeki retina üzerine geldiğinde, ışığa duyarlı reseptörleri uyarılır ve bu uyarılar optik sinir aracılığıyla beyne iletilir [104]. Retinada renkten sorumlu hücrelerin rengi algılayabilmesi için gerekli bir eşik değer vardır ve bu eşik değeri aşılamaz ise renk algılanamamaktadır [103]. Aydınlatmanın az olduğu durumlarda görmeden objelerin rengi değil koyuluk-açıklığı (Skotopik görme, siyah-beyaz görme) algılanır. Yüksek aydınlatma koşullarında ise renk algılanmasını koni reseptörleri sağlamaktadır (fotopik görme, renkli görme). Doğadaki bütün renkler üç ana renk olan kırmızı, mavi, yeşil renk dalga boyunun farklı yoğunluklarda harmanlanmasıyla elde edilirler. Üç rengin %100 karışımıyla beyaz renk, hiçbirinin olmadığı durumda ise ışıksızlık yani siyah renk ortaya çıkacaktır [105].

Renk algısı subjektiftir, tecrübeli ve iyi eğitilmiş bir göz daha iyi neticeler alabilmektedir. Renk algılamasını etkileyen diğer faktörler ışık şiddeti, renk reseptörlerinin yorgunluğu, cinsiyet, yaş, hafıza ve kültürel geçmiştir. Bir dışın rengi ise ışık kaynağının (ör: gün ışığı, yapay ışık) spektral enerji dağılımından, dışın spektral karakteristiğinden, ışığı emebilmesi, yayabilmesi ve geçirebilmesinden, gözün hassasiyetinden, dışın renginin belirlendiği koşullardan, (ör: siyah arka plan, kuru- ıslak zemin, açı ve ışığın yoğunluğu) etkilenmektedir [91].

2.9.4. Optik Özellikler

Bir cismin optik özelliklerini üzerine gelen ışığın yansımalarını etkileyen faktörler oluşturmaktadır. Renk en belirgin optik özelliktir. Cismin rengi, cismin yapısındaki cismin renk tonu ile değil, aynı zamanda cisim üzerine gelen ışığın ne derecede yansıdığı veya kırıldığıyla da ilgilidir. Işık geçirgenliğine göre cisimler şeffaf (transparan), yarı şeffaf (transludent) veya opak (geçirimsiz) özellikte olabilmektedirler [106].

2.9.4.1. Işığın Emilimi

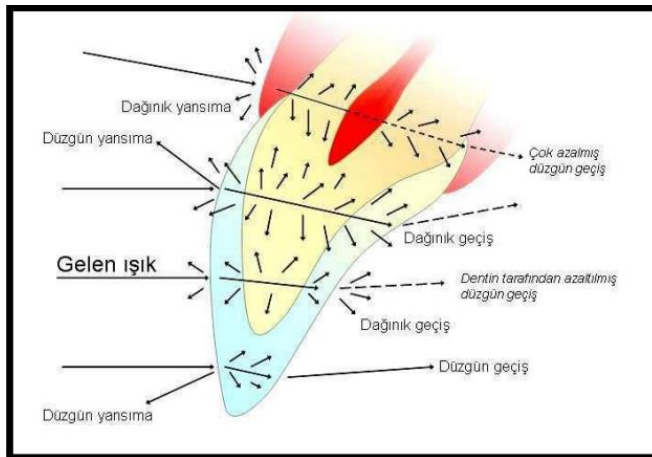
Nesne tarafından emilen ışığın türünü, hem nesnenin içerdiği rengin dalga boyu hem de ışık kaynağından çıkan ışık demetinin dalga boyu etkilemektedir. Aynı nesne farklı ışık kaynakları altında farklı renkte algılanabilir [107].

2.9.4.2. Işığın Yansıması

Işığın bir yüzeye çarparak geri dönmesi yansıma olarak tanımlanmaktadır. Düzgün yüzeyli bir cisme gelen ışınların geldiği açıyla yansımasına düzgün yansıma, düzgün yüzeyli olmayan bir cisme gelen ışınların farklı açılarla birçok yöne yansımasına ise dağınık yansıma denir. Doğal dişlerin prizmatik ve interprizmatik yapıları arasında gelen ışınlar dağınık yansıdığı için restoratif materyallerin yapısında da bu özelliğin olması beklenmektedir [39].

2.9.4.3. Işığın Kırılması

Dik olmayan ışınlar, farklı yoğunluğa sahip bir ortama geçerken kırılır ve ışınlar yön değiştirir, ışınların hızı da değişir. Karmaşık bir histolojik yapıya sahip olan farklı tabakalar içeren doğal dişler, mineden dentine geçiş yapan ışık için farklı kırılma ortamları anlamına gelmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller, ışığın doğal diş ile etkileşimine benzer bir etkinin elde edilmesinin amaçlandığı materyallerdir [99].



Şekil 5. Doğal Dişte Işığın Yansıma, Kırılma ve Saçılması [108]

2.9.5. Opasite

Opasite ışık geçirgenliğinin engelleyebilmektir. Opak cisimler gelen ışığın bir bölümünü absorbe eder, gerisini yansıtırlar [109].

2.9.6. Opalesans

Opelesans, bir cismin kısa dalga boyuna sahip ışık yayması olarak tanımlanmaktadır. Bu özellik cisme, yansıyan ışık altında mavimsi-beyaz bir görünüm verirken, iletilen ışık altında ise turuncu-kahverengi bir görünüm vermektedir [100].

2.9.7. Translusensi

Bir cismin ışığı geçirme özelliği olan translüsensi, transparanlık ile opasite arasındaki bir durumdur. Diş hekimliğinde, kompozit, seramik, ve akrilik rezinler gibi sık kullanılan materyallerde doğal diş görünümünü taklit edebilmek için translusent özellik aranır [100]. Translusentliğin artması, daha açık renkte bir görünüm sağlarken, materyalin içindeki saçılma arttıkça translusentlik azalır [92].

2.9.8. Transparanlık

Transparanlık, bir cismin ışığı tamamen geçirmesidir. Cam, transparan bir materyalken, saydamlık, yüksek translüsenslik değeridir [100]. Diş hekimliğinde, özellikle ön dişlere yapılan restorasyonların, doğal dişin taklit edebilmesi için restorasyonun insizal kenarları transparan olarak hazırlanır [110].

2.9.9. Fosforesans

Esas olarak fosfor içeren bileşenlerde görülen fosforesans, ışıldama özelliğidir ve dental materyallerin özellikleri arasında bulunmamaktadır [111].

2.9.10. Floresans

Bir materyalin üzerine gelen radyasyon enerjisini emerek, enerji yaymasıdır. Floresans ışık saçılması materyal üzerine radyasyon geldiğinde meydana gelir ve materyal üzerine gelen radyasyon bittiğinde floresans aktivite de sona erer. Doğal dişler siyah ışık altında mavi-beyaz floresansa sahiptirler. Floresans özellik, gün ışığında dişlerin renklerinin farklı algılanmasına sebep olur. Floresans özellik doğal dişlerin canlılığını yansıtan dişe parlaklık ve beyazlık kazandıran en önemli faktörlerden biridir [39].

2.9.11. Metamerizm

Metamerizm, bir cismin renginin farklı ışık kaynakları altında farklı görünmesidir ve iki farklı cismin spektral yansıma eğrilerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır [112]. Metamerizmi engellemek için, yapılan restorasyonlarda en basit renk kombinasyonlarının kullanılması ve son kontrolün gün ışığında yapılması önerilmektedir [113].

2.10. Kompozit Rezinlerde Görülen Renklenmeler

Renk değişimleri, görsel ve enstrümental renk analizleriyle belirlenebilir fakat renk farklılıklarını belirlemede görsel analizler, enstrümental analizler kadar hassas değildir. Enstrümental renk analizleri daha nesnel, ölçülebilir ve hızlı sonuçlar vermektedir. Renk, spektrofotometre veya kolorimetre cihazları ile daha spesifik tespit edilebilmektedir [114].

2.10.1. İç Renklenmeler

Kompozit materyali, anterior ve posterior dişlerin restorasyonlarında estetik, fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle, yaygın olarak tercih edilmektedirler. Kompozit rezinin kendi yapısından kaynaklanan, kompozit rezinin içeriğine ve rengine bağlı olarak kendiliğinden oluşan fiziko-kimyasal bir reaksiyon sonucu iç renklenmeler meydana gelebilmektedir. Işıkla polimerize olan kompozit rezinlerde kamferokinon en yaygın kullanılan başlatıcıdır.

Kamferokinon, beyazlatılamamaktadır ve kromofor grubu katı, sarı renkli bir bileşendir. Rezin içerisinde fazla oranlarda kullanılması renklenmelere neden olmaktadır [115].

Rezin depolama biçimi de renklenme üzerinde etkilidir. Uzun süre sıcak ortamda bekletilen kompozitlerde benzoil peroksitin etkisi ile renk değişiklikleri meydana gelebilmektedir [116].

Kompozit materyalleri hidrofilik olup, su emilimi gösterdiğinde renklenme olasılıklarının daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Renklenmeye yatkınlıkta rezin matriksin tipi de belirleyicidir. UDMA (üretandimetakrilat) esaslı kompozit rezinler daha iyi renk stabilitesine sahiptir [117, 118].

Monomerler ile birlikte polimerizasyon süresi ve tercih edilen ışık cihazı da kompozit rezinlerde gözlenebilecek renklenmelerde önem arz etmektedir. Monomer-polimer dönüşümü ile birlikte boyutsal stabilitenin de artması ve çözünürlüğün azalması ile birlikte renk değişiminde azalma meydana gelmektedir. İlave polimerizasyonlarda ise kompozit rezinlerde bir etki meydana gelmemektedir. Yeterli olarak polimerize edilmemiş kompozit rezinlerde, kimyasal boyalara ve gıda boyalarına maruz kaldıklarında büyük ölçüde renk değişikliği gözlenmiştir [119]. Bu nedenlerle monomer polimer dönüşümünün ve boyutsal stabilitenin artması ve polimerizasyon oldukça önem arz etmektedir [120].

2.10.2. Dış Renklenmeler

Kişinin alışkanlıklarına bağlı olarak kompozit rezin restorasyonların yüzeyinde zaman içinde biriken plak ve renk pigmentlerinin meydana getirdiği renklenmelere dışsal renklenmeler denir [121]. Dışsal renklenme, rezinin kan ya da tükürük ile kontamine olması, yetersiz polimerizasyonu, kötü ağız hijyeni, sigara ve kişinin alışkanlıklarına bağlı olarak tükettiği yiyecek, içecek gibi boyayıcı maddelerin kompozit yüzeyi ile sıkça temas etmesi sonucu absorpsiyonu ve yüzey üzerinde birikimiyle gerçekleşir [122].

Kompozit rezinler, su emilimi gerçekleştirebildikleri gibi, diğer sıvıları ve pigmentleri de emebilmektedirler ve bu durum restorasyonların renklenmesiyle sonuçlanmaktadır. Kompozit rezinlerde ki aşınma, yüzeylerinin bozulması ve su emmeleri, kimyasalların etkisiyle dış renklenme ile sonuçlanır [123].

Pürüzlü ve bozulmuş bir yüzey, renk pigmentlerinin emilimine uygun bir yüzey meydana getirir ve daha da yüksek oranda renklenmeyle sonuçlanır [124].

Su emiliminin yanı sıra dış renklenmeler, kompozit rezinin tatbiki sırasındaki hatalardan da meydana gelmektedir. Yetersiz izolasyon sonucunda dişetinden sızan nem ve kan materyalde renk değişikliklerine neden olmaktadır. Hatalı bitirme ve cila işlemi, kötü ağız hijyeni, boyayıcı maddeler de dış renklenmede rol oynayan diğer etkenlerdir [125].

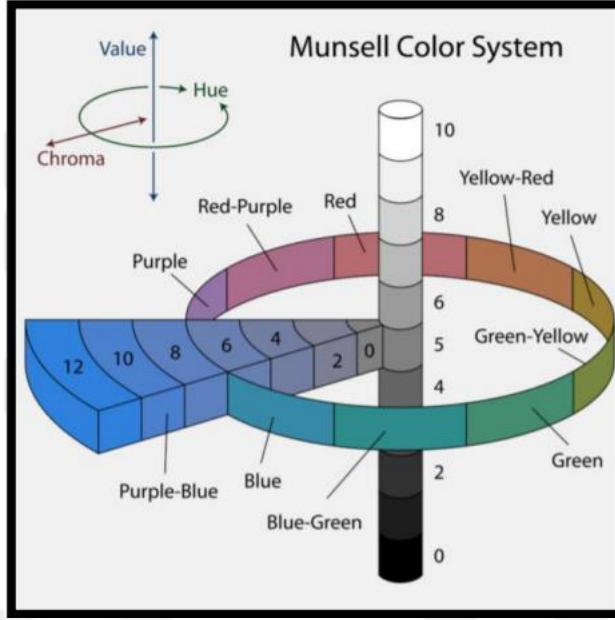
Çalışmalar en düzgün kompozit rezin yüzeyinin şeffaf polyester bant ile oluşturulduğunu göstermiştir. Ancak düzgün kontur ve oklüzal uyumlama için düzeltmeler yapıldığında yüzeyler mecburen pürüzlü hale gelmektedir. Pürüzlülüğün giderilmesi için cila işlemleri uygulanmaktadır [126].

2.11. Renk Analiz Sistemleri

Renk sistemleri, nesnelerin renk parametrelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde, çoğunlukla Munsell ve CIE L*a*b* renk sistemleri kullanılmaktadır [113].

2.11.1. Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi Albert H. Munsell tarafından 1905 yılında tanımlanmıştır. Bu sistem sayesinde renk, üç boyutlu olarak ifade edilebilmektedir. Munsell'in renk sisteminde rengin üç boyutu, "Hue", "Value" ve "Chroma" olarak adlandırılmaktadırlar. Silindirin ortasından geçen dikey eksen parlaklık değerini belirtmektedir. Bu dikey eksenin en altında siyah renk üstünde ise saf beyaz renk yer almaktadır. Rengin tonları bu dikey eksenin çevresinde bulunmaktadır. Bu sistemde 5 tane ana renk ve 10 tane ara renk olduğu kabul edilmektedir [100]. Munsell sistemine göre, herhangi bir renk, bu üç özellik kullanılarak, sistemin skala aralığında sayısal olarak açıklanabilmektedir. Bu numaralandırma sistemine "Munsell Notasyonu" adı verilmekte olup bu sisteme göre herhangi bir renk hue, value/kroma veya H V/C şeklinde belirtilmektedir [103].



Şekil 6. Munsell renk sistemi [127]

2.11.1.1. Ana Renk (Hue)

Renk veya renk tonu anlamına gelir. Rengi tanıtan ve diğer renklerden ayrılmasını sağlayan bir özelliktir. Kırmızı, mavi ve yeşil gibi değişik renklerin ayrımını sağlar. Hue değeri, gençlerde bütün dişlerde hemen hemen aynıdır. Yaşlandıkça yiyecek ve içecekler, dış ve iç renklenmeler, sigara gibi etkenlerle dişlerde değişiklikler göstermektedir [128]. Munsell renk sisteminde, 10 farklı renk tonu (Hue) bulunmaktadır. Bu renkler; sarı, sarı-kırmızı, kırmızı, kırmızı-mor, mor, mor-mavi, mavi-yeşil, yeşil ve yeşil-sarı olarak adlandırılmaktadır [100].

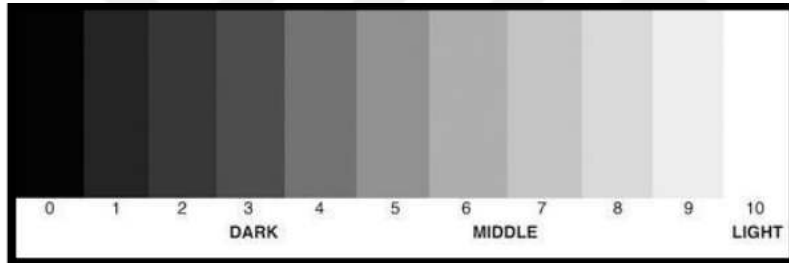


Şekil 7. Munsell renk sistemi (Hue, Chroma, Value) [129]

2.11.1.2. Parlaklık (Value)

Saf siyah ve saf beyaz arasındaki parlaklığın derecesidir, bir cisimden yansıyan ışın miktarı arttıkça artmaktadır. Rengin gri skalası üzerindeki yerini tarif eder. Açık renklere ait value değerleri yüksek, koyu renklere ait value değerleri ise düşüktür [111, 128].

Munsell sisteminde saf beyaz 10 olarak ve de saf siyah 0 olarak belirlenmiş ve ulaşılamaz olarak değerlendirilmiştir. Bu yüzden sistemde 9 farklı value değeri bulunmaktadır [109]. Parlaklık diş hekimliğinde renk seçimini belirleyen rengin en önemli renk boyutudur. Parlaklık arttıkça restorasyon yapay, düşüktüğü ise cansız bir görünüm sergilemektedir. Farklı iki renk aynı Value (parlaklık) değerine sahip olabilmektedir [111, 130]. Doğal dişlerde Value değeri dört ve sekiz arasında değişmektedir. Value değerinin çok yüksek olduğu restorasyonlar, gözlemci tarafından daha kolay ayırt edilmektedir. Bu yüzden restorasyondaki herhangi bir uyumsuzluk yaygın bir estetik hataya sebep olabilmektedir [131].



Şekil 8. Munsell Renk Sisteminde Value Değerleri [111].

2.11.1.3. Doygunluk (Chroma)

Rengin içindeki hue (ton) miktarını bildirir, doygunluk derecesidir, güç ya da berraklık olarak tanımlanır. Yaşlandıkça dişlerin chroması yükselmektedir [128].

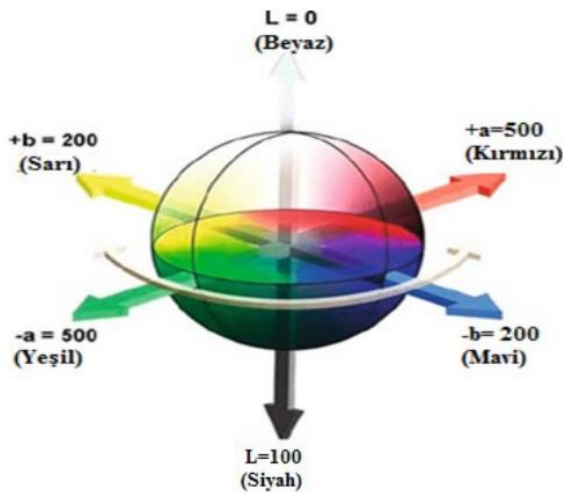
Doygunluk rengin içindeki hue (ana renk) yoğunluğunu tanımlamaktadır dolayısıyla sadece hue varlığında chroma özelliğinden bahsedilebilir. Örneğin; açık sarı ve koyu sarı, aynı kalitede pigmentasyon mevcuttur ancak açık sarıdaki pigment yoğunluğu daha azdır [99].



Şekil 9. Doygunluk (Chroma) [99]

2.11.2. CIE L*a*b* Renk Sistemi

Renk tanımlayıcı sistem olarak Commission Internationale de L'Eclairage (Uluslararası Aydınlanma Komisyonu) 'nu tarafından 1976 yılında geliştirilen CIE L*a*b*, L*, a* ve b* olmak üzere 3 farklı değişken kullanmaktadır. Bu şekilde renk değişimleri sayısal olarak ifade (ΔE) edilebilmektedir. L* değeri ile Munsell renk sistemindeki Value' ya denk gelir. Rengin açıklık-koyuluk, parlaklık veya ışığı yansıtma oranı ile ilgilidir. Açık renkli cisimlerin L* değeri daha yüksek iken, koyu renkli cisimlerin L* değeri daha düşüktür. a* koordinatı ise Munsell renk sistemindeki kırmızı ve yeşil renklerinin yerlerini tanımlar. a*'nın pozitif değeri kırmızı, negatif değeri ise yeşil miktarını belirtmektedir. Bununla beraber b* koordinatı sarı ve mavi renklerinin yerleriyle ilişkilidir. b*'nin pozitif değeri sarı, negatif değeri ise mavi miktarını ifade etmektedir [92].



Şekil 10. CIE L*a*b* Renk Sistemi [132]

Bu sisteminin en önemli avantajı aynı veya farklı objelerin zaman içindeki renk değişimlerinin hesaplanabilmesidir. Renk değişim miktarı ΔE olarak ifade edilir ve şöyle hesaplanır;

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

$$\Delta L = L2^* - L1^* \quad (\Delta L = \text{Parlaklık değerleri})$$

$$\Delta a = a2^* - a1^* \quad (\Delta a = \text{Kırmızı-yeşil skalasındaki farkı belirler})$$

$$\Delta b = b2^* - b1^* \quad (\Delta b = \text{yeşil-sarı skalasındaki farkı belirler})$$

Bu formüldeki ΔL^* , Δa^* ve Δb^* , iki objenin CIE $L^*a^*b^*$ renk değişkenleri arasındaki farkı ifade etmektedir [92, 111].

Klinik olarak kabul edilebilir en büyük ΔE değeri ise 3,7'dir. Gözümüz renk farklılıklarını algılamada sınırlıdır ve 1'in altındaki ΔE değerlerini algılayamamaktadır. 1 ve 3,3 arasındaki ΔE değerleri klinik olarak algılanabilir fakat kabul edilebilir renk farklılıklarıdır [133].

2.12. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliğinde renk analizi için görsel ve aletli renk analizleri kullanılabilmektedir [111].

2.12.1. Görsel Renk Ölçümü

Görsel renk analizi yapılırken renk skalalarından faydalanılabilir. Renk algısı, subjektif ve psikofizyolojik bir durumdur bu nedenle renk seçimlerinin tekrarlanması tutarsızlıklar olduğu bildirilmiştir [111].

Görsel renk ölçüm yöntemi kullanılarak yapılan renk seçimleri, ortamı aydınlatan ışığın spektral özellikleri ve şiddeti, kişiye bağlı faktörler; yaş, tecrübe, cinsiyet, yorgunluk, psikolojik durum, renk seçiminde kullanılan skalada bulunan renklerin yeterliliği, cisim, aydınlatma ve hekimin mevcut konumları gibi pek çok faktörden etkilenir [134].

Diş hekimi, renk seçimi yaparken, dişin asıl rengini veren orta 1/3 bölgesini değerlendirmelidir. İnsizalden koleye doğru geçildikçe diş farklı renk tonları içermektedir [111].

2.12.2. Renk Skalaları

Renk seçimi yaparken sadece görsel bir rehber olarak kullanılan renk skalaları doğal dişteki floresans ve opalesans derecelerini yansıtmaz, minenin translüsens miktarı belirlenemez ve de en önemlisi renk skalaları ile objektif bir değerlendirme yapılamamaktadır [111]. Birbirinin aynısı olan iki cisim yan yana getirildiğinde biri diğerinden daha açık renkte ve büyükmüş gibi görünebilmektedir. Bu yüzden Renk seçimi yapan hekim, renk skalasını dişin yanına değil dişin altında tutulmalıdır [135]. Günümüzde en sık kullanılan renk skala sistemleri şunlardır: Vita Classic (Vita, Bad Sackingen, Germany), Vitapan 3D-Master (Vita), Chromascop (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) [111].

2.12.3. Aletli Renk Ölçümü

Dişlerin veya dental restorasyonların renk ölçümlerinde görsel renk analiz yönteminin yetersiz olması, renk seçimlerinde tutarsızlıkların olmasından dolayı ve daha detaylı renk seçimi yapabilmek amacıyla günümüzde renk ölçüm cihazları kullanılabilmektedir. Kolorimetreler, spektoradyometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleridir. Renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılan renk seçimleri çevresel ve kişisel faktörlerden etkilenmez. Bu nedenle sonuçlar tekrarlanabilir ve matematiksel olarak hesaplanabilir fakat yüksek maliyet ve kalibrasyon hataları gibi dezavantajları da mevcuttur [111].

2.12.3.1. Spektrofotometre

Bir cismin yansıttığı ya da geçirdiği görülebilir radyant enerji miktarını ölçen cihazlardır. Yansıyan ışığı görünür dalga boylarının tamamında ölçerler. Bir spektrofotometre

cihazı ışık kaynağı, monokromatör ve algılayıcıdan oluşmaktadır. Cihazın içinde beyaz ışığı 10-20 nm aralıklarla dalga boylarına bölerek bir spektrum oluşturan prizma bulunmaktadır. Çoklu dalga boylarında ölçüm yapabilen bu cihazlar insan gözünün algılayamadığı renkleri algılayabilirler [111, 135].

Restoratif rezinlerin, protez dişlerin, porselenlerin, renk skalalarının renk parametrelerini ve renk değişikliklerini ölçmede kullanılmaktadırlar [89]. Spektrofotometreler çok sayıda sensör içerdiği için insan gözünün ayırt edemediği renk farklılıklarını da tespit edebilir. Spektrofotometre kolorimetreden farklı olarak metamerizm değerlendirilebilir, standart koşullarda hatasız ve tutarlı sonuçlar verir. Pahalıdır, klinik kullanım için pratik değildir ve standardizasyonun sağlanmasının zor olması gibi dezavantajları da vardır [111].

2.12.3.2. Kolorimetre

Cisimden yansıyan belli renkleri algılayabilen kolorimetreler rengin üç boyutu olan sistemlerde X, Y, Z ya da L, a, b koordinatlarında rengi algılayabilmektedir. Spektrofotometreye göre kullanımı daha kolaydır ve daha az maliyetlidir fakat cihazın filtrelerinin zamanla eskir. Bu yüzden renk ölçümlerinin tutarlılığı, sürekliliği ve filtrelerin tekrar CIE renk sistemine uyumlu sonuç vermesi olasılığını azalır [36, 136]. Kolorimetreler düz yüzeyler için üretilmişlerdir ve dişlerin yüzeyleri genellikle düz değildir, yüzey düzensizlikleri mevcuttur. Ayrıca diş minesi translusens bir materyaldir ve enstrümandan gelen ışığı saçmaktadır. Dolayısıyla enstrümana geri yansıyan ışık yanlış sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir [89].

2.12.3.3. Dijital Kameralar ve Görüntü Sistemleri

Son yıllarda daha popüler hale gelen bu sistem, objenin tek bir noktasının renk ölçümünü değil, objenin bütün olarak renk görünümünün imaj halinde elde edebilir [111]. Dijital kameraların kullanıldığı renk ölçümü ile diş hekimi ve teknisyen arasında daha kolay bağlantı kurulabilir. Geleneksel renk skalalarıyla birlikte alınan fotoğraflar, bu bağlantıyı daha da kuvvetlendirmektedir ve bu fotoğraflar dişin translusensi, opasite özellikleri ve yüzey karakteristiği hakkında teknisyene yardımcı olmaktadır [111, 137].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Restoratif Materyaller, Cihaz ve Ekipmanlar

Bu *in vitro* çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-Ge Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada A2 renk tonunda 4 farklı akışkan kompozit rezin materyali (Filtek Supreme XTE Flowable Restorative, Filtek BulkFill Flowable, Estelite Universal Medium Flow, G-aenial Universal Flo), 2 farklı bitirme-cila sistemi (OptiDisc, Enhance/PoGo) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan cihaz ve ekipmanlar Tablo 3'te, restoratif materyaller ise Tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Cihaz	Marka ve Modeli	Üretici Firma
LED Işık cihazı	Bluephase Style	Ivoclar Vivadent, ABD
Elektrikli Mikromotor	Saeshin, Strong 210	Daegu, Kore
Piyasemen	Saeshin, Strong 210	Daegu, Kore
Radyometre	Radiometer	Peng Lim Enterprise Co, Tayvan
Etüv	Memmert UNB 400	Schwabach, Almanya
Spektrofotometre	Easy Shade V	Vita Zahnfabrik, Almanya

Tablo 4. Çalışmada kullanılan restoratif materyaller

Materyal Adı (Kısaltma Adı)	Materyal Türü	İçerik	Üretici Firma Üretim No
Filtek Supreme XTE Restorative (Supreme)	Nanohibrit akışkan kompozit rezin materyali	Organik Matriks: BisGMA, TEGDMA, prokriyat rezinler İnorganik Doldurucu: Silika, zirkonya-silika, ytterbium trifluorid Doldurucu Oranı: Ağırlıkça %65, hacimce %46	3M ESPE, St Paul, ABD LOT: NC8720 LOT: NC97733
Filtek BulkFill Flowable (Bulkfill)	Nanohibrit bulkfill akışkan kompozit rezin materyali	Organik Matriks: BisGMA, UDMA, BisEMA ve prokriyat rezin İnorganik Doldurucu: Zirkonya-silika, ytterbium trifluorid Doldurucu Oranı: Ağırlıkça %64,5, hacimce %42,5	3M ESPE, St Paul, ABD LOT: NC11448
Estelite Universal Flow Medium (Estelite)	Supra-nano dolduruculu universal akışkan kompozit rezin materyali	Organik Matriks: BisGMA, UDMA, BisMPEPP, TEGDMA, İnorganik Doldurucu: sferik silika, zirkonya Doldurucu Oranı: Ağırlıkça %71 hacimce %57	Tokuyama, Tokyo, Japonya LOT: 0932
G-aenial Universal Flo (GaenialFlo)	Nanohibrit enjekte edilebilir (akabilen) kompozit rezin materyali	Organik Matriks: UDMA, TEGDMA BisMEPP İnorganik Doldurucu: Silikon dioksit, stronsiyum cam Doldurucu Oranı: Ağırlıkça %69, hacimce %50	GC, Tokyo, Japonya LOT: 2108201
OptiDisc General Assorted Kit (Optidisc)	Bitirme-Cila Sistemi	Aluminyum oksit tanecikler entegre edilmiş dayanıklı polyesterden oluşan bitirme-cila disk sistemi	Kerr, California, ABD LOT: 5939333
Enhance/PoGo Polishing System (Pogo)	Bitirme-Cila Sistemi	Enhance Bitirme Enstrümanı (Finisher): Polimerize üretan dimetakrilat rezin, aluminyum oksit; silikon dioksit PoGo Cila Enstrümanı (Polisher): Polimerize üretan dimetakrilat rezin, ince elmas tozu, silikon dioksit	Dentsply/Caulk, Milford, ABD LOT: 110718

3.1.1. Filtek Supreme XTE Flowable Restorative (Supreme)

Filtek Supreme XTE Flowable Restorative (Supreme), düşük viskoziteli, görünür ışıkla aktive olan, radyoopak akışkan kompozit rezin materyalidir. Şırınga formunda kullanıma sunulmuştur. Supreme, organik rezin matriksinde BisGMA, TEGDMA ve Prokrilat rezinler içerir. Nanohibrit yapıdaki bu akışkan kompozit rezinin yapısındaki inorganik doldurucular; partikül büyüklükleri $0,1\mu$ - 5μ arasında değişen, yüzeyi modifiye edilmiş 75 nm silika doldurucu ve yüzeyi modifiye edilmiş zirkonya/silika öbek doldurucular ile iterbiyum trifluorid doldurucuların kombinasyonudur. Öbeklerin ortalama partikül büyüklüğü $0,6\mu$ - 10μ arasındadır. İnorganik doldurucu oranı ağırlıkça %65, hacimce %46'dır.



Resim 1. Filtek Supreme XTE Flowable Restorative akışkan kompozit rezin materyali

3.1.2. Filtek Bulk-Fill Flowable (Bulkfill)

Filtek Bulk-Fill Flowable (Bulkfill), düşük viskoziteli, görünür ışıkla aktive olan, radyoopak, akışkan kompozit rezin materyalidir. Bu düşük stresli akışkan kompozit rezin, 4 mm derinliğe kadar polimerizasyon olanağı sağlayan yarı translüsent yapıdadır. Kapsül ve şırınga formlarında, 4 ton renk seçeneği (A1, A2, A3 ve Universal) ile piyasaya sürülmüştür. Organik rezin matriksinde BisGMA, UDMA, BisEMA ve prokrilat rezin içerir. İnorganik doldurucuları; partikül boyutları $0,01\mu$ - $3,5\mu$ arasında değişen zirkonya-silika ile $0,1$ - $5,0 \mu$ arasında değişen ytterbium trifluorid kombinasyonundan oluşur. İnorganik doldurucu oranı ağırlıkça %64,5, hacimce %42,5'dir.



Resim 2. Filtek Bulk-Fill Flowable akışkan kompozit rezin materyali

3.1.3. Estelite Universal Flow Medium (Estelite)

Estelite Universal Flow, düşük viskoziteli, görünür ışıkla aktive olan, radyopak, akışkan kompozit rezin materyalidir. Şırınga formunda ve üç farklı viskozitede (high, medium, super low) piyasaya sürülmüştür. Viskozitelerinden bağımsız olarak her üç tipte de, sferik silika-zirkonya doldurucular (ortalama partikül boyutu: 200 nm, partikül boyut aralığı: 100-300 nm) ve kompozit doldurucular bulunur. Çalışmaya dahil edilen Estelite Universal Flow Medium (Estelite) akışkan kompozit rezin materyalindeki inorganik doldurucu oranı ağırlıkça %71, hacimce %57'dir. Estelite, organik rezin matriksinde BisGMA, BisMPEPP, TEGDMA, UDMA, mequinol, dibütil hidroksil tolüen ve UV emici içerir.



Resim 3. Estelite Universal Flow Medium akışkan kompozit rezin materyali

3.1.4. G-aenial Universal Flo (GaenialFlo)

G-aenial Universal Flo (GaenialFlo), düşük viskoziteli, görünür ışıkla aktive olan, radyopak, amorf nanohibrit akışkan kompozit rezin materyalidir. Yeni nesil akabilen kompozit rezin olarak da adlandırılan bu restoratif materyalin organik rezin matriksinde

BisMEPP, UDMA ve TEGDMA monomerleri bulunur. İnorganik doldurucu olarak, yeni bir teknoloji kullanılarak silanlanan, yüksek oranda dağılmış ve düşük kırılma indeksine sahip 200 nm boyutta stronsiyum cam ve silikon dioksit partiküller içerir. İnorganik doldurucu oranı ağırlıkça %69, hacimce %50'dir.



Resim 4. G-aenial Universal Flo akışkan kompozit rezin materyali

3.1.5. OptiDisc Bitirme-Cila Sistemi

OptiDisc bitirme-cila sistemi; kompozit rezin, cam iyonomer, amalgam, yarı değerli ve değerli metal restorasyonlarda yapılan konturlama, bitirme-cila işlemleri amacıyla kullanılan, alüminyum oksit partikülleri ile kaplı polyesterden yapılmış bitirme-cila frezlerinden oluşan bir bitirme-cila sistemidir. Dört farklı gren boyutunda aşındırıcı partikül içeren ve bir sıra dahilinde kullanılan asorti bitirme-cila seti renk kodlu sistem ile ayrılmıştır.

Extra-Coarse: Çok kalın grenli (80 μ m) bitirme diskleri, birincil dental anatomiye şekillendirmede kullanılır, materyalde küçültme ve konturlama sağlar.

Coarse/Medium: Kalın/Orta kalınlıkta (40 μ) grenlere sahip bitirme diskleri, ikincil dental anatomiye şekillendirmede ve materyaldeki fazlalıkları gidermede kullanılır.

Fine: İnce gren (20 μ) yapısına sahip cila diskleri, yüzey çiziklerini ve pürüzlülüğünü azaltmada kullanılır ve cilalama sağlar.

Extra-Fine: Çok ince (10 μ) gren yapısına sahip cila diskleri, yüzey pürüzlülüğünü gidermede kullanılır ve uzun dönem parlaklık sağlar.



Resim 5. OptiDisc General Assorted Kit bitirme-cila seti

3.1.6. Enhance/PoGo Bitirme-Cila Sistemi (Pogo)

Enhance/PoGo bitirme-cila sistemi (Pogo); polimerize üreten dimetakrilat rezin, alüminyum oksit ve silikon dioksitten oluşan bitirme frezi (Enhance Finisher) ile polimerize üreten dimetakrilat rezin, ince elmas tozu, silikon dioksitten oluşan cila frezi (PoGo Polisher) kombinasyonudur. Plastik bir mandrene monte edilmiş disk, çanak ve sivri uçlu formları olan enstrümanlar önceden biçimlendirilmiş ve bitirilmiş kompozit rezin restorasyonların cilasında kullanılırlar. Diğer bitirme-cila ürünleri ile kıyaslandığında uygulama basamakları daha azdır. Üretici firmanın kullanım talimatları doğrultusunda su soğutması olmadan kullanılmaları gerektiğinden, ısı oluşumundan kaçınmak amacıyla işlem sırasında uzun süreli baskı uygulamadan çalışılmalıdır.

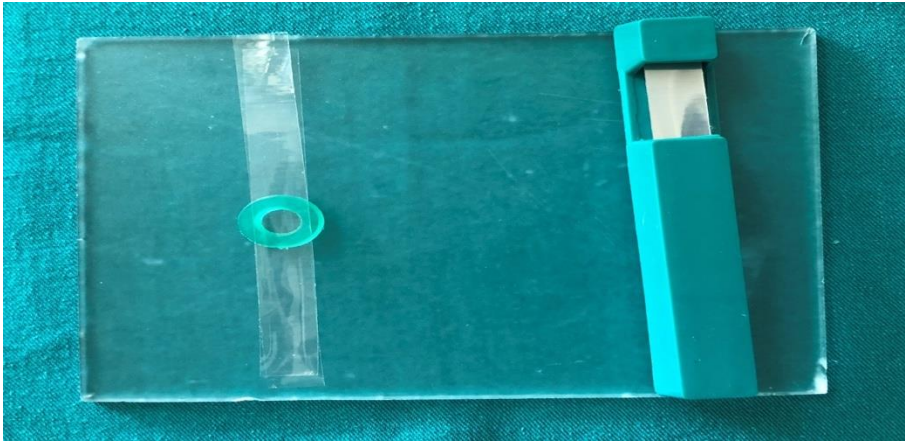


Resim 6. Enhance/PoGo Bitirme-Cila Sistemi

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmaya 4 farklı akışkan kompozit rezin materyali, 2 farklı cila sistemi ve 3 farklı solüsyon dahil edilerek toplamda 24 grup oluşturulması planlanmıştır. Çalışmaya dahil edilecek minimum örneklem sayısının hesaplanması amacıyla referans makale [63] dikkate alınarak yapılan güç analizinde (Gpower 3.1.9.2, Brunsbittel, Almanya) en düşük kısmi eta kare değeri 0,288 olarak materyal ve solüsyon etkileşiminde elde edilmiştir. En düşük kısmi eta kare değeri dikkate alındığında, %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$) ve $f=0,636$ etki büyüklüğü ile her bir grupta minimum 3 örneğin çalışmaya dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Olası vaka kayıpları dikkate alınarak her grupta 5 örnek olmak üzere toplam 120 tane örnek oluşturulmasına karar verilmiştir. Dolayısıyla, çalışmaya dahil edilen her akışkan kompozit rezin materyalinden 30 adet örnek hazırlanmıştır.

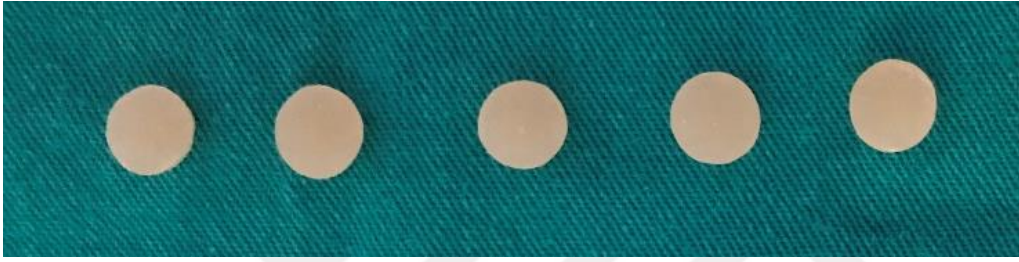
Örneklerin standardizasyonu amacıyla 6mm çapında 2mm derinliğinde plastik kalıplar kullanılmıştır. Düzgün bir örnek yüzeyi elde edebilmek amacıyla; plastik kalıbın altına ve üstüne şeffaf bant yerleştirilmiştir. Akışkan kompozit rezinler, şırınga formundaki uçları aracılığıyla boşluğa doldurulmuş ve hemen üzerleri şeffaf bant ile örtülmüştür. Siman camı ile bastırılarak fazla materyalin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Üstteki cam kaldırılıp şeffaf bant üzerinden 1,200 mW/cm² gücündeki Ivoclar Vivadent Bluephase Style LED ışık cihazının ucu akışkan kompozit örneğe dik olacak şekilde akışkan kompozit firmalarının önerdiği sürede ışık uygulanmış ve kompozit rezinin polimerizasyonu sağlanmıştır. Her iki yüzden ışıklama yapılmıştır. Tüm örnekler 24 saat süreyle 37 °C’ de distile su içinde bekletilmiştir.



Resim 7. Akışkan kompozit örneklerin hazırlanmasında kullanılan siman camı, şeffaf bant ve plastik kalıp



Resim 8. Akışkan kompozit örneklerin polimerizasyonunda kullanılan Bluephase Style LED ışık cihazı



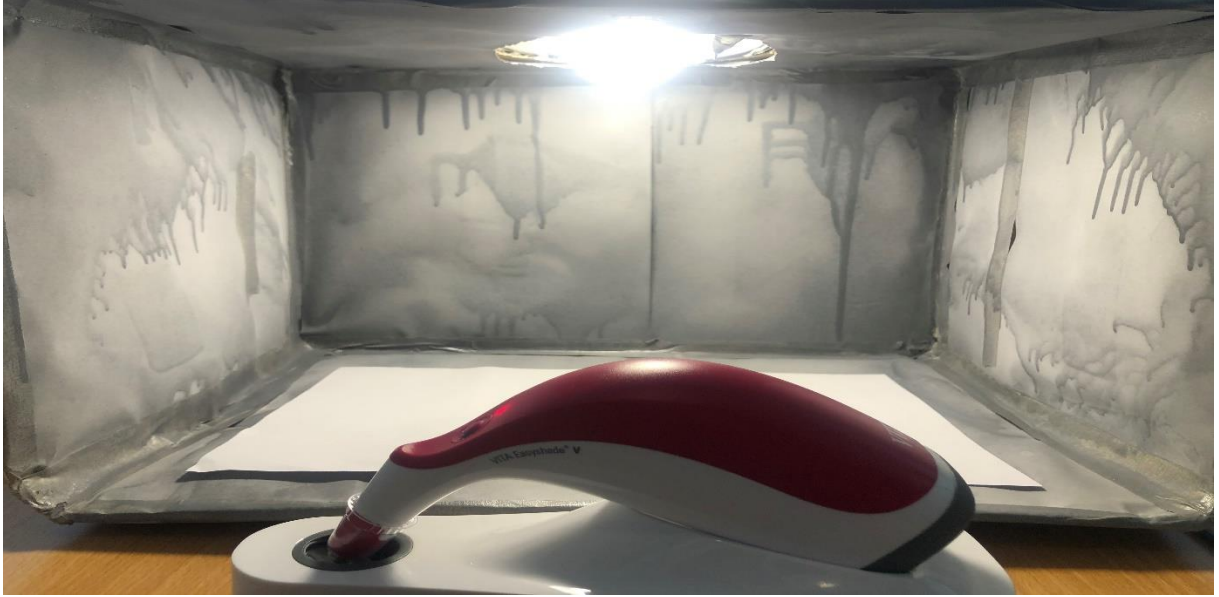
Resim 9. Çalışmada oluşturulan gruplardan birinde yer alan akışkan kompozit rezin örnekleri

Bitirme ve cila işlemleri için her bir akışkan kompozit grubundan rastgele seçim yapılarak tüm örnekler iki alt gruba ayrılmıştır.

Rastgele seçilen gruplardan birinde OptiDisc bitirme ve cila sistemi diğer grupta PoGo cila sistemi kullanılarak bitirme ve cila işlemleri gerçekleştirilmiştir. OptiDisc setinin kaba, orta, ince ve süper-ince grenli diskleri üretici firma önerileri doğrultusunda kullanılmıştır. Diskler, renk sırasına göre her biri 15 sn uygulanmıştır. PoGo setinin tek aşamalı enstrümanları da üretici firmanın önerileri doğrultusunda her lastik 30 sn uygulanmıştır. İşlemler standart olarak 10.000 rpm’de düşük hızda dairesel hareketlerle hafif basınç uygulanarak aynı kullanıcı tarafından yapılmıştır. İşlem esnasında uzun süreli baskı ve ısı oluşumundan kaçınılmıştır.

24 saat distile suda etüvde bekletilen örneklerin ilk renk ölçümleri, bitim ve cila işleminden sonra VITA Easyshade® V spektrofotometre cihazı ile her bir örnekten 3 kere ölçüm yapılarak ortalamaları not alınmıştır. Her bir örnekten diğerine geçerken renk ölçüm cihazı kalibre edilmiştir. Daha sonra renklendirici içeceklere atılmak üzere kendi içinde rastgele 3 alt gruba daha ayrılmışlardır (n=5).

Renk ölçümü yapılırken ortam ışığı ve ortam rengi yansıma yapmaması için standardize edilmiştir. 5500 Kelvin gün ışığı yayan ampul kullanılmıştır. Karton kutunun iç yüzeyine beyaz kâğıt yapıştırıldıktan sonra nötral gri renkteki spreyl boya ile boyanmıştır. Standardizasyon için renklendirici solüsyon uygulanmadan önceki ve sonraki tüm ölçümler nötral gri renkte duvarları ve 5500 kelvin gün ışığı ile aydınlatılmış olan bu ortam içerisinde ölçülmüştür.



Resim 10. Renk ölçümü için hazırlanan nötral gri duvarlı, 5500 kelvin ışık yayan ampül ile aydınlatılmış ortam sağlayan düzenek

3.3. Renklendirici Potansiyele Sahip Solüsyonların Hazırlanması

Akışkan kompozit rezin türüne göre 4 ayrı gruba ayrılmış örnekler kendi aralarında rastgele iki ayrı gruba ayrılıp bitirme ve cila işlemi uygulandıktan sonra her polisaj sistemi kendi arasında rastgele 3 ayrı içecek grubuna ayrılmıştır. Rastgele seçilen 5 adet örnek çay (Lipton, Doğu Karadeniz, Türkiye) içerisinde, 5 adet örnek kahve (Nescafe classic, Nestle, İsviçre) içerisinde kontrol grubu olarak da 5 adet örnek distile su içerisinde bekletilmiştir. Çalışmamızda poşet çaylar, çay firmasının kullanım önerisine uygun olarak 1 adet poşet çayın üzerine 100 °C’ de taze kaynamış 200 ml kaynar suya 5-10 kez daldırılıp ve çıkartılarak ve 2-3 dakika beklenerek hazırlanmıştır. Çalışmamızda kullandığımız kahve, üretici firmanın kullanım önerisine uygun olarak kaynatılıp, 1 dakika bekletilmiş 200 ml suda 2 gr kahvenin



Resim 13. Eppendorf tüplerin içerisine konulan akışkan kompozit rezin örnekler

3.4. Örneklerin Kantitatif Renk Analizi

Akışkan kompozit rezin örneklerinin kantitatif renk analizi, 400-700 nm dalga boyuna sahip VITA Easyshade® (Vita Zahnfabrik, Almanya) spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. İlk renk analizi, akışkan kompozit rezin örnekler hazırlanıp etüvde 24 saat süreyle bekletildikten sonra yapılmıştır. İkinci renk analizi ise, örneklerin dahil oldukları grupla ilişkili olarak distile suda, renklendirici potansiyele sahip çay veya kahve solüsyonlarında 7 gün süreyle bekletilmelerinin ardından yapılmıştır. Her örnek 3 kere ölçülerek L, a, b değerlerinin ortalaması alınmış ve bu değerler kaydedilmiştir. Her örnek değişiminde cihaz kalibre edilmiştir.



Resim 14. VITA Easyshade® V spektrofotometre cihazı

Her ölçümün L^* , a^* , b^* değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra her bir örnekte meydana gelen renk değişimini ifade eden ΔE değeri, CIE Lab sistemi kullanılarak ve ölçümlerden elde edilen ortalama L , a , b , değerleri $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ formülüne yerleştirilerek, hesaplandı.

3.5. İstatistiksel Yöntem

Veriler Minitab 17 (Minitab 17 Statistical Software, Minitab Inc., State College, PA, ABD) programı ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro Wilk testi ile incelendi. Materyal, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE değerleri Üç Yönlü Varyans Analizi ile incelendi ve çoklu karşılaştırmalar için post-hoc Tukey HSD testi kullanıldı. Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,05$ alındı.

4. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen akışkan kompozit rezin materyali, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerini gösteren tanımlayıcı istatistikler Tablo 5'te yer almaktadır. Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerinin karşılaştırılması Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 5. Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerine (ortalama $\pm$ standart sapma) ait tanımlayıcı istatistikler

Solüsyon	Cila Sistemi	Akışkan Kompozit Resin Materyali				
		Supreme	Bulkfill	Estelite	GaenialFlo	Total
Su	Optidisc	0,42 $\pm$ 0,14	0,89 $\pm$ 0,09	1,00 $\pm$ 0,29	0,87 $\pm$ 0,54	0,79 $\pm$ 0,37
	Pogo	0,85 $\pm$ 0,30	0,64 $\pm$ 0,20	0,99 $\pm$ 0,26	0,95 $\pm$ 0,14	0,86 $\pm$ 0,26
	Total	0,63 $\pm$ 0,32	0,76 $\pm$ 0,20	0,99 $\pm$ 0,26	0,91 $\pm$ 0,37	0,83 $\pm$ 0,32^b
Çay	Optidisc	2,35 $\pm$ 0,39	1,77 $\pm$ 0,44	1,50 $\pm$ 0,46	2,52 $\pm$ 0,29	2,04 $\pm$ 0,56
	Pogo	6,63 $\pm$ 1,55	4,21 $\pm$ 0,52	2,59 $\pm$ 0,35	3,78 $\pm$ 0,52	4,30 $\pm$ 1,71
	Total	4,49 $\pm$ 2,50	2,99 $\pm$ 1,36	2,05 $\pm$ 0,69	3,15 $\pm$ 0,77	3,17 $\pm$ 1,70^a
Kahve	Optidisc	3,72 $\pm$ 0,68	3,61 $\pm$ 0,38	1,38 $\pm$ 0,16	3,69 $\pm$ 0,26	3,10 $\pm$ 1,09
	Pogo	4,59 $\pm$ 0,32	3,42 $\pm$ 0,45	1,80 $\pm$ 0,55	3,36 $\pm$ 0,17	3,29 $\pm$ 1,08
	Total	4,16 $\pm$ 0,68	3,52 $\pm$ 0,41	1,59 $\pm$ 0,44	3,53 $\pm$ 0,27	3,20 $\pm$ 1,08^a
Total	Optidisc	2,17 $\pm$ 1,47	2,09 $\pm$ 1,21	1,29 $\pm$ 0,38	2,36 $\pm$ 1,25	1,98 $\pm$ 1,20
	Pogo	4,02 $\pm$ 2,63	2,76 $\pm$ 1,63	1,79 $\pm$ 0,77	2,70 $\pm$ 1,33	2,82 $\pm$ 1,86
	Total	3,09 $\pm$ 2,29^a	2,42 $\pm$ 1,45^b	1,54 $\pm$ 0,65^c	2,53 $\pm$ 1,28^b	2,40 $\pm$ 1,61

Ortalama $\pm$ S. Sapma; ^{a-b}Aynı harfe sahip ana etkiler arasında bir fark yoktur. (p>0,05).

Tablo 6. Materyal, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE ortalama renk değişim değerlerinin karşılaştırılması

	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Sd	F	p	Kısmi Eta Kare
Materyal	36,968	12,3228	3	52,02	<0,001	0,619
Solüsyon	148,32	74,1602	2	313,04	<0,001	0,867
Cila Sistemi	21,124	21,1238	1	89,17	<0,001	0,482
Materyal*Solüsyon	31,402	5,2337	6	22,09	<0,001	0,580
Materyal*Cila Sistemi	10,751	3,5836	3	15,13	<0,001	0,321
Solüsyon*Cila Sistemi	30,573	15,2864	2	64,52	<0,001	0,573
Materyal*Solüsyon*Cila Sistemi	8,372	1,3953	6	5,89	<0,001	0,269
$R^2=\%92,67$; $Adj.R^2=\%90,91$; Sd: Serbestlik derecesi						

Çalışmada, iki farklı cila sistemi (Optidisc ve Pogo) ile bitirilen dört farklı akışkan kompozit rezin materyalinin (Supreme, Bulkfill, Estelite, GaenialFlo), üç farklı solüsyona (su, çay, kahve) maruz bırakılması ile oluşturulan 24 grup arasında; klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde ($\Delta E \geq 3,3$) renk değişimi gösteren 9 grup mevcuttur (Tablo 5). Bu gruplar; ortalama renk değişim değerleri açısından yüksekte doğru; Pogo ile cilalanıp çayda bekletilen Supreme ($\Delta E=6,63 \pm 1,55$), Pogo ile cilalanıp kahvede bekletilen Supreme ($\Delta E=4,59 \pm 0,32$), Pogo ile cilalanıp çayda bekletilen Bulkfill ($\Delta E=4,21 \pm 0,52$), Pogo ile cilalanıp çayda bekletilen GaenialFlo ($\Delta E=3,78 \pm 0,52$), Optidisc ile cilandıktan sonra kahvede bekletilen Supreme ($\Delta E=3,72 \pm 0,68$), Optidisc ile cilandıktan sonra kahvede bekletilen GaenialFlo ($\Delta E=3,69 \pm 0,26$), Optidisc ile cilandıktan sonra kahvede bekletilen Bulkfill ($\Delta E=3,61 \pm 0,38$), Pogo ile cilandıktan sonra kahvede bekletilen Bulkfill ($\Delta E=3,42 \pm 0,45$) ve Pogo ile cilandıktan sonra kahvede bekletilen GaenialFlo ($\Delta E=3,36 \pm 0,17$) grubu şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmaya dahil edilen tüm akışkan kompozit rezin materyallerinin distile suda bekletilen kontrol gruplarında (8 grup), insan gözü ile

algılanamayacak düzeyde ($\Delta E < 1$) renk değişimi tespit edilmiştir. Diğer 7 grupta ise klinik olarak kabul edilebilecek düzeyde ($1,0 < \Delta E < 3,3$) renk değişimi olmuştur (Tablo 5).

Estelite akışkan kompozit rezin materyali, test edilen hiçbir koşul altında klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişim değeri sergilememiştir (Tablo 5) ve dolayısıyla çalışmanın sınırlamaları dahilinde en yüksek düzeyde renk stabilitesi gösteren akışkan kompozit rezin materyali olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada, ortalama renk değişim değerleri kıyaslanan 24 grup arasında; en yüksek ΔE ortalama renk değişim değeri ($\Delta E = 6,63 \pm 1,55$) Pogo ile cilalanan ve çayda bekletilen Supreme akışkan kompozit rezin grubunda elde edilirken, en düşük ΔE ortalama renk değişim değeri ($\Delta E = 0,42 \pm 0,14$) Optidisc ile cilalanan ve distile suda bekletilen (kontrol) Supreme akışkan kompozit rezin grubunda elde edilmiştir (Tablo 5).

Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sistemine göre ΔE renk değişim değerlerini karşılaştıran üç yönlü varyans analizi sonucunda; materyal tipi, solüsyon ve cila sisteminin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde renk değişimine etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$).

Solüsyon ve cila sisteminden bağımsız olarak, akışkan kompozit rezin materyal tipinin renk değişimine etkisi incelendiğinde; materyal tipinin renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$) (Tablo 5). Çalışmanın sınırlamaları dahilinde en yüksek ve en düşük ortalama renk değişim değeri gösteren akışkan kompozit rezin materyalleri sırasıyla Supreme ($\Delta E = 3,09 \pm 2,29$) ve Estelite'dır ($\Delta E = 1,54 \pm 0,65$) ($p < 0,05$) (Tablo 5). Bulkfill ($2,42 \pm 1,45$) ve GaenialFlo ($2,53 \pm 1,28$) akışkan kompozit rezin materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde fark tespit edilememiştir ($p > 0,05$) (Tablo 5).

Akışkan kompozit rezin materyal tipi ve cila sisteminden bağımsız olarak, solüsyonların renk değişimine etkisi incelendiğinde; kullanılan solüsyonların renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Distile suda bekletilen kontrol gruplarında çay veya kahvede bekletilen gruplara kıyasla ortalama renk değişim değeri anlamlı düzeyde daha düşüktür ($p < 0,05$). Ancak çay (çay $\Delta E = 3,17 \pm 1,70$) ve kahvede (kahve $\Delta E = 3,20 \pm 1,08$) bekletilen restoratif materyaller arasında renk değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanamamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 5).

Akışkan kompozit rezin materyal tipi ve solüsyondan bağımsız olarak, cila sistemlerinin kompozit rezin materyallerindeki renk değişimine etkisi incelendiğinde; cila sisteminin renk

değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). Optidisc (Optidisc $\Delta E=1,98 \pm 1,20$) ile cilalanan grupların ortalama renk değişim değeri, Pogo (Pogo $\Delta E=2,82 \pm 1,86$) ile cilalanan grupların ortalama renk değişim değerinden istatistik olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 5).

Akışkan kompozit rezin materyal tipi ve solüsyon etkileşimine göre ΔE ortalama renk değişim değerleri arasında anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir ($p<0,001$). Akışkan kompozit rezin materyal tipi ve cila sistemi etkileşimine göre ΔE ortalama renk değişim değerleri arasında anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir ($p<0,001$). Solüsyon ve cila sistemi etkileşimine göre ΔE ortalama renk değişim değerleri arasında anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir ($p<0,001$). Akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sistemi etkileşimine göre ΔE ortalama renk değişim değerleri arasında anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde test edilen akışkan kompozit rezin materyal tipi, solüsyon ve cila sisteminin, ΔE ortalama renk değişim değerleri üzerindeki etki güçleri yüksekten düşüğe doğru sıralandığında; ΔE ortalama renk değişim değeri üzerinde etki gücü en fazla olan ana faktör “solüsyon” (kısmi eta kare=0,867) olup bunu sırasıyla “akışkan kompozit materyal tipi” (kısmi eta kare=0,619) ve “cila sistemi” (kısmi eta kare=0,482) takip etmektedir (Tablo 6).

5. TARTIŞMA

Akışkan kompozit rezinler, geleneksel kompozit rezinlerin kompozisyonundaki inorganik doldurucu oranının %20-25 oranında azaltılması ve organik matriks hacminin artırılması yoluyla üretilen restoratif materyallerdir [138]. Akışkan kompozitlerin kompozisyonundaki resin oranının geleneksel kompozitlere kıyasla nispeten fazla, doldurucu boyut ve oranlarının ise nispeten düşük olması, bu restoratif materyalleri düşük viskoziteli hale getirmiştir. Mikrofil ve hibrit kompozit resin materyallerine kıyasla manipülasyonu daha kolay olan akışkan kompozitler; sıg yüzeylere veya kavite preparasyonunun ideal koşullarda oluşturulamadığı veya kavite geometrisinin düzgün bir şekilde sağlanamadığı ‘undercut’lı alanlara kolaylıkla ulaşabilmektedir. Akışkan kompozitler ayrıca eski restorasyonların tamirinde, minimal invaziv kavite preparasyonlarında ve polimerizasyon büzülme stresini azaltmak amacıyla kaide materyali olarak kullanılmaktadır [100]. Güncel akışkan kompozit rezinlerin dental piyasaya dahil olmasıyla birlikte, direkt restorasyon materyali olarak kullanılma endikasyonu bulunan bu materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyen çalışmalar artmıştır. Ancak, ön ve arka bölge dişlerinde direkt restorasyon materyali olarak kullanılabilen güncel akışkan kompozit rezinlerin renklenmeye karşı dayanıklılığını değerlendiren çalışmalar literatürde hala oldukça az sayıdadır [139, 140]. Bu çalışmada; dört farklı akışkan kompozit resin materyalinin iki farklı cila sistemi ile cilalanıp çay ve kahve gibi renklendirici potansiyele sahip içeceklere maruz bırakıldıktan sonraki renk değişimlerini veya diğer bir ifadeyle renklenmeye karşı dayanıklılıklarını/renk stabilitelerini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Dişlerde oluşan madde kayıplarını onarmak, kalan diş dokusunu korumak, dişin anatomik formunu, fonksiyonunu ve estetiğini sağlamak amacıyla diş hekimliği klinik pratiğinde sıklıkla kullanılan kompozit resin materyallerinde görülebilen renk değişimi en sık gözlemlenen restorasyon başarısızlık nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir [86, 141]. Renk değişimi; genellikle plak birikimi neticesinde kompozit resin materyalinin yüzeyindeki maddelerin yapıya penetrasyonu ve reaksiyonu ile yüzeyde veya yüzey altında oluşan değişiklikler sonucunda meydana gelmektedir. Restorasyonun derin kısımlarındaki reaksiyonlara bağlı olarak içsel renklenmeler oluşabilmektedir [142].

Kompozit rezin restorasyonlarda görülen renk değişimi birçok faktörden etkilenen bir durumdur. Kompozit rezin materyalinin kompozisyonundaki organik matriks yapısı, inorganik doldurucuların özellikleri, polimerizasyon durumu gibi faktörler materyalin yüzey pürüzlülüğünde, dışsal renklenme oluşumuna yatkınlıkta ve renk değişiminde etkili olmaktadır [143-147].

Kompozit rezinlerin su vb. sıvıları ve pigmentleri absorbe edebilme özellikleri, diğer bir deyişle rezin matriksin hidrofilik/hidrofobik yapısı, kompozit rezin materyallerin renk stabilitesini doğrudan etkilemektedir [123]. Kompozit rezin materyalinde su emilimi olduğunda aynı zamanda suda çözünen pigmentler de absorbe olmakta ve renk değişimi meydana gelmektedir [138]. Dolayısıyla, suya afinitesi olan ve su emilimi gösteren kompozit rezin materyallerin renk değişimine uğrama olasılıklarının daha yüksek olduğu; hidrofobik materyallerin ise daha az renk değişimine uğrayarak daha yüksek düzeyde renk stabilitesi sergiledikleri kabul edilmektedir [148]. Ayrıca, rezin-doldurucu ara yüzündeki bağlanma kuvvetinin, su emilim düzeyinde etkili olduğu, içeceklere maruz kalan restoratif materyalde su emilimi ile birlikte materyalde genleşme ve plastisizasyon meydana geldiği ve sonuçta renk değişim düzeyini daha da arttıran mikro çatlakların oluştuğu bildirilmiştir [149].

Kompozit rezin materyallerdeki renk değişimi, rezin monomer içeriklerine göre incelendiğinde; rezin esaslı restoratif materyallerin kompozisyonunda sıklıkla kullanılmakta olan BisGMA, BisEMA, UDMA ve TEGDMA monomerleri arasında; TEGDMA'nın diğer monomerlere kıyasla önemli oranda daha yüksek düzeyde su emilimine yol açtığı tespit edilmiştir [117, 118]. TEGDMA monomerinin merkezinde su molekülüne afinitesi olduğu bilinen etoksi gruplarının bulunması, kompozit rezin materyalinin yüzeyindeki hidrofilik özelliği arttırmaktadır. İçerdiği başlıca rezin monomeri BisGMA olan kompozitlerde ise, UDMA ve BisEMA içeren kompozitlere kıyasla daha fazla su emilimi olduğu saptanmıştır [150]. BisGMA ve TEGDMA monomerlerinin hidrofilik yapıları nedeniyle kompozit rezinlerde nispeten yüksek düzeyde su emilimine yol açmalarının yanısıra, Bis-GMA esaslı kompozit rezinlerin formülasyonunda TEGDMA oranının artırılmasıyla birlikte yüzey hidrofilikliğinin ve su emiliminin daha da arttığı belirtilmiştir [151, 152]. Bis-EMA monomeri yapısındaki hidrofobik grup sayesinde kompozit rezinlerde düşük düzeyde su emilimi oluşturmaktadır. Benzer şekilde, UDMA monomerinin nispeten düşük düzeydeki su emilimi ve çözünürlüğü, UDMA esaslı kompozit rezinlerin BisGMA esaslı kompozit rezinlere kıyasla daha düşük düzeyde renk değişimine uğramasını sağlamaktadır [64, 123].

Khokhar ve ark. [153], UDMA esaslı rezinlerin BisGMA monomerini veya diğer dimetakrilat monomerlerini içeren rezin matrislere kıyasla daha az renklenme göstermesini; UDMA'nın daha düşük düzeyde su emilimi göstermesinin yanı sıra nispeten düşük viskoziteye sahip olmasıyla ve görünür ışıqla kolaylıkla polimerize olabilmesiyle de ilişkilendirmiştir [154, 155].

Çalışmamızda örneklerin içerisinde bekletildiği solüsyondan veya örneklerin cilalandığı sistemden bağımsız olarak, akışkan kompozit rezin materyal tipinin renk değişimine anlamlı etkisi olmuştur. Dolayısıyla, “akışkan kompozit rezin materyal tipinin renk değişimine etkisi yoktur” şeklinde oluşturulan 1. hipotez reddedilmiştir. Çalışmanın sınırlamaları dahilinde en yüksek renk değişimi; organik matriks yapısında yalnızca BisGMA ve TEGDMA monomerlerini içeren Supreme akışkan kompozit rezin materyalinde (Supreme $\Delta E=3,09\pm 2,29$) elde edilmiştir. Bu bulgu, kompozit rezin formülasyonunda bulunan BisGMA ve TEGDMA monomerlerinin hidrofilik yapıları nedeniyle yüksek düzeyde su emilimine ve sonuçta restoratif materyalde yüksek düzeyde renk değişimine neden olduğunu bildiren diğer çalışmalarla uyumludur. Supreme akışkan kompozit rezin materyalinde, çalışmaya dahil edilen diğer akışkan kompozitlerin formülasyonlarında bulunduğu üzere nispeten düşük düzeyde su emilimi oluşturan daha hidrofobik monomerlerin yer almaması; bu restoratif materyalin diğerlerine kıyasla daha yüksek düzeyde renk değişimine uğramasında etkili olabilir.

Çalışmada en düşük renk değişimi, BisGMA ve TEGDMA monomerlerinin yanı sıra UDMA ve BisMPEPP monomerlerini içeren Estelite akışkan kompozit rezin materyalinde (Estelite $\Delta E=1,54\pm 0,65$) elde edilmiştir. Kompozisyonunda BisGMA, UDMA, BisEMA monomerlerini içeren Bulkfill (Bulkfill $\Delta E=2,42\pm 1,45$) akışkan kompoziti ile TEGDMA, UDMA, BisMEPP monomerlerini içeren GaenialFlo (GaenialFlo $\Delta E=2,53\pm 1,28$) akışkan kompozit rezin materyalleri renk değişimi açısından birbirine benzer bulunmuştur. Dolayısıyla, akışkan kompozit rezin formülasyonunda nispeten düşük düzeyde su emilimi oluşturan daha hidrofobik monomerlerin yer alması, restoratif materyalin renk stabilitesini olumlu etkilemiştir.

Kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesinde kompozisyonlarındaki doldurucu partiküllerin (doldurucu tipi, boyutu, oranı vb.) de etkileri vardır [156]. Literatürde, yüksek oranda doldurucu içeren kompozit rezinler ile oluşturulan restorasyonlarda daha düşük düzeyde yüzey pürüzlülüğü ve daha iyi düzeyde renk stabilitesi elde edildiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır [116, 157].

Çalışmaya dahil edilen akışkan kompozit rezin materyalleri, ağırlıkça içerdikleri doldurucu oranına göre en yüksekten en düşüğe doğru; Estelite (%71), GaenialFlo (%69), Supreme (%65) ve Bulkfill (%64,5) şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmamızın sınırlamaları dahilinde, test edilen tüm akışkan kompozit rezin materyalleri arasında renk stabilitesi en yüksek olan restoratif materyal, doldurucu içeriği en yüksek olan Estelite olmakla birlikte; materyallerin renk değişim/renk stabilite düzeyleri, içerdikleri doldurucu oranı ile doğrudan paralellik göstermemektedir. Bu sonuç muhtemelen renk değişiminin restoratif materyalin kompozisyonel özelliklerinin yanısıra birçok diğer faktörün etkisi ile ortaya çıkan bir durum olması ile ilişkilidir.

Dietschi ve ark. [158]; mikrofil, hibrit, ve mikrohibrit dolduruculu on farklı kompozit rezin materyalinin renklendirici potansiyele sahip farklı solüsyonlar karşısındaki renk stabilitelerini karşılaştırdıklarında; formülasyonlarında BisGMA ve TEGDMA monomerleri ile silanize edilmiş inorganik doldurucular içeren kompozitlerde daha yüksek düzeyde renk değişimi tespit etmişlerdir. Buna karşın hidrofobik özellikte monomer yapıları (UDMA, hidrofobik DMA) içeren, inorganik içeriği yüksek olan ve doldurucu partikülleri rezine direkt olarak (silanlanmadan) eklenen kompozit rezin materyallerinde daha düşük düzeyde renk değişimi yani daha yüksek renk stabilitesi gözlemlenmiştir. Bazı araştırmacılar, kompozit rezin materyalinin kompozisyonundaki doldurucu partiküllerin silanize edilmesinin, renk değişimine yakınlıkta etkili olduğunu ileri sürmüştür. Bu durum, silanlanma sürecindeki çeşitli ve karmaşık reaksiyonlar ile ilişkili olabileceği gibi, silanın su emme yakınlığının yüksek olmasından da kaynaklanabilir [123, 159]. Ancak bu çalışmaların aksine, nanohibrit, siloran ve mikrohibrit kompozit rezin materyallerinin renk stabilitelerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, nanohibrit kompozit rezinin renk stabilitesi, siloran ve mikrohibrit kompozit rezinlere kıyasla daha düşük bulunmuştur [160].

Nasim ve ark. [145], mikrohibrit, mikrofil ve nanohibrit kompozitlerin renk stabilitelerini değerlendirdikleri araştırmalarında, mikrohibrit kompozitlerin renk stabilitelerinin, nanohibrit ve mikrofil kompozit rezinlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, nanohibrit ve mikrohibrit kompozitlerin renk stabilitelerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, mikrohibrit kompozitlerin renk stabilitesi nanohibrit kompozitlere kıyasla daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir [161].

Gönülol ve Yılmaz [159] daha küçük boyutta doldurucu partikül içeren kompozit rezin materyallerinin her zaman daha düşük düzeyde renk değişimi göstermediğini vurgulamışlar

ve renk değişiminin/rek stabilitesinin doldurucu partikül oranı, rezin monomer yapısı ve materyaldeki yüzey düzensizlikleri gibi birçok faktörle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde test edilen hiçbir koşul altında klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi göstermeyen tek restoratif materyal, supra nano boyutta doldurucu partikül içeren Estelite akışkan kompozit rezin materyalidir. Çalışmaya dahil edilen tüm akışkan kompozit rezin materyalleri arasında doldurucu partikül boyutu en küçük olan Estelite, nano-hibrit dolduruculu diğer akışkan kompozit rezin materyallerine (Supreme, Bulk-Fill, GaenialFlo) kıyasla daha yüksek düzeyde renk stabilitesi göstermiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın sonuçları, daha küçük boyutta doldurucu partikül içeren kompozit rezin materyallerinin daha düşük düzeyde renk değişimi/daha yüksek düzeyde renk stabilitesi gösterdiğini bildiren diğer çalışmalarla çelişmektedir.

Çalışmada kullanılan akışkan kompozit rezin materyal tipi veya cila sisteminden bağımsız olarak, örneklerin içerisinde bekletildiği solüsyonların renk değişimine anlamlı etkisi olmuştur. Çalışmanın sınırları dahilinde; çayda (çay $\Delta E=3,17 \pm 1,70$) ve kahvede (kahve $\Delta E=3,20 \pm 1,08$) bekletilen akışkan kompozit rezin materyalleri, distile suda bekletilen kontrol gruplarına (su $\Delta E=0,83 \pm 0,32$) kıyasla daha yüksek düzeyde renk stabilitesi göstermiştir. Dolayısıyla, “örneklerin içerisinde bekletildiği solüsyonların renk değişimine etkisi yoktur” şeklinde oluşturulan 2. hipotez reddedilmiştir. Çalışmaya dahil edilen tüm akışkan kompozit rezin materyallerinin distile suda bekletilen (kontrol) gruplarında insan gözü tarafından algılanamayacak düzeyde ($\Delta E<1$) renk değişimi tespit edilmiştir.

Kompozit rezin restorasyonların renk stabilitelerinin değerlendirildiği çalışmalarda renklendirici potansiyeli olan solüsyon olarak sıklıkla hazır kahve, siyah çay, kırmızı şarap, kola, meyve suyu vb. içecekler kullanılmaktadır [138, 162-165]. Siyah çayın içeriğindeki tannik asit ve boyar maddelerin, kahvenin içeriğindeki sarı renkli moleküllerin, kırmızı şarabın içeriğindeki alkol ve pigmentin kompozit rezinlerin polimer ağına afinite göstererek renk değişiminde etkili oldukları düşünülmektedir [166].

Nasim ve ark [145], çayın kolaya kıyasla kompozit rezinlerde daha fazla renk değişimine neden olduğunu tespit etmiş ve bu durumu kolada sarı boyar madde bulunmaması, çayda ise tannik asit bulunması ile ilişkilendirmişlerdir.

Barutçigil ve ark. [167], yakın renk değişim değerleri göstermelerine rağmen, kahvenin, kolaya kıyasla daha yüksek düzeyde renk değişimine sebep olduğunu bildirmiştir. Renk değişiminin, renklendirici pigmentlerin yüzeye itilmesi ve yüzey altı tabakada emiliminden

kaynaklandığını, kompozit rezin materyalinin polimerik fazının kahvede bulunan sarı renklendiricilerle bağdaşması sonucu CIE L*a*b* sisteminde sarı rengini belirten b* koordinat değerinin yükselmesiyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir [168].

Um ve Ruyter [122], kahvedeki renklendirici pigmentlerin yüzeye yapıştıktan sonra sabit kaldığını, çaydaki pigmentlerin ise uzaklaştığını bu sebepten dolayı kahvenin daha fazla renk değişikliğine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Çaydaki renklendiricilerin sadece yüzeye absorbe olduğu, kahvedekilerin ise hem absorpsiyon hem de adsorpsiyonla renk değişimine sebep olduğu bildirilmiştir [169].

Arocha ve ark [134], kompozit rezinlerin renk stabilitelelerini inceledikleri araştırmalarında, kırmızı şarabın en yüksek düzeyde renk değişimi oluşturduğunu ve kırmızı şarabı sırasıyla kahve, siyah çay, portakal suyu, kola ve distile suyun takip ettiğini bildirmişlerdir. İlgili çalışmada; renk değişim değerleri açısından portakal suyu ve kola grupları arasında, kola ve distile su (kontrol) grupları arasında, kahve ve çay grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır [134].

Çalışmamızda kahvede ve çayda bekletilen gruplar arasında renk değişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamakla birlikte; klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi gösteren 9 grup arasında 6 grubu, Optidisc veya Pogo ile cilalandıktan sonra kahvede bekletilen Supreme, Bulkfill ve GaenialFlo akışkan kompozit rezin grupları oluşturmaktadır. Klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi gösteren diğer 3 grup ise Pogo ile cilalandıktan sonra çayda bekletilen Supreme, Bulkfill ve GaenialFlo akışkan kompozit rezin gruplarıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmanın sınırlamaları dahilinde, kahvenin çaya kıyasla, daha sıklıkla klinik olarak kabul edilebilir düzeyin üzerinde renk değişimi oluşturduğu söylenebilir.

Kompozit rezin materyalinin yapısal özelliklerinin haricinde, materyale uygulanan bitirme ve cilalama prosedürleri de restorasyonun yüzey özelliklerinde ve renk stabilitesinde etkilidir [143]. Restoratif materyallerin uygun şekilde bitirilip cilalanması restorasyonların ömrünü ve estetik özelliklerini arttıran kritik bir prosedürdür. Direkt ve indirekt dental restorasyonların yüzey özellikleri; dental plak birikimi, renk değişimi, aşınma, estetik görünüm gibi faktörler üzerinde önemli etkiler oluşturabilmektedir [170]. Restorasyonda bitirme aşamasının temel amacı; restorasyonda iyi bir kontur ve oklüzyon, sağlıklı dişeti embraşür formları ve pürüzsüz yüzeyler elde etmektir [144]. Düzgün olmayan bitirme ve cilalama işlemlerine bağlı olarak kompozit yüzeyinin düzensiz oluşturulması; dental plak

tutuluma, dişeti tahrişine, renklenmeye, tekrarlayan çürüklere ve estetik özelliklerin bozulmasına neden olur [83, 96]. Yaklaşık 0,3 µm'lik yüzey pürüzlülüğünün dil ucu tarafından algılanabildiği göz önünde bulundurulduğunda, restorasyon uygulanmasından hemen sonra bitirme ve cila işlemlerinin yapılmasının pürüzsüz hissedilen bir restorasyon yüzeyi oluşturarak hastanın konforunu sağlamak açısından da önemli olduğu açıktır [171].

Bir kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü, kompozit rezin yapısındaki doldurucu partiküllerin boyut ve oranı, rezin matriksin tipi, materyale uygulanan bitirme ve cilalama prosedürü, bitirme ve cilalama için kullanılan materyallerin özellikleri (yapısı, sertliği, esnekliği, gren/partikül boyutları vb.) gibi birçok faktör ile ilişkilidir [90, 172-175].

Farklı cila sistemlerinde kullanılan materyallerin sertlikleri arasındaki çeşitliliğin, kompozit rezin materyallerin yapısal sertlikleri arasındaki farklılıklardan daha fazla olduğu ve dolayısıyla kullanılan bitirme ve cila enstrümanlarının sertlik ve yapısal özelliklerinin kompozit restorasyonun nihai yüzey pürüzlülüğünde daha belirleyici olduğu bildirilmiştir [176]. Kompozit rezinlerin yapısında bulunan organik rezin matriks ve doldurucu partiküller, materyalin cilalanabilirlik düzeyini etkileyebilen şekilde farklı sertlik değerlerine sahiptirler. Kullanılan cila sisteminin yapısında bulunan aşındırıcı partiküller, kompozit rezinin yapısındaki doldurucu partiküllere kıyasla daha düşük düzeyde aşındırma oluşturursa; kompozit rezin materyalin yalnızca rezin matriks kısmı aşınır ve doldurucu partiküller aşınmadan yüzeyde çıkıntı şeklinde kalarak yüzey pürüzlülüğünü arttırıcı şekilde olumsuz bir etki yaratır [177].

Barbosa ve ark. [178], iki farklı mikrofil kompozit rezin, bir hibrit kompozit rezin ve iki farklı kondense olabilen kompozit rezin materyaline farklı bitirme ve cila sistemleri (12 ve 30 bıçaklı karbit bitirme frezleri, ince ve ekstra ince elmas bitirme frezleri, alüminyum oksit kaplı disklerden oluşan bitirme ve cila sistemleri, cila lastikleri ve patları) uygulayarak yüzey pürüzlülüklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya dahil edilen tüm kompozit rezin materyallerinde en düşük yüzey pürüzlülük değerlerini alüminyum oksit kaplı disklerin uygulandığı gruplarda elde etmişlerdir.

Lu ve ark. [176]; Astropol HP, Sof-Lex ve Diagloss White bitirme ve cila sistemleri uygulanan mikrohibrit kompozit rezin materyallerinin yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırmalı olarak değerlendirdikleri çalışmalarında, en düzgün yüzeylerin Sof-Lex disklerinin uygulandığı kompozit gruplarında elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu sonucu, Astropol ve Diagloss sistemlerinin son aşamada uygulanan enstrümanlarının elmas

emdirilmiş lastikler olması, Sof-Lex disklerinin ise alüminyum içerikli olması ve elmasın alüminyumdan daha sert olmasına bağlı olarak kompozit yüzeyinde daha derin çizikler oluşturması ile ilişkilendirmişlerdir.

Üçtaşlı ve ark. [179], Sof-Lex ve PoGo bitirme ve cila setleri kullanılarak cilalanan mikrofil, hibrit ve posterior kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; tüm kompozit rezin materyalleri arasında pürüzlülük düzeyi en düşük yüzeylerin alüminyum oksit içerikli Sof-Lex diskleri ile cilalanan gruplarda oluşturulduğunu saptamışlardır.

Çalışmada kullanılan akışkan kompozit rezin materyal tipi veya örneklerin içerisinde bekletildiği solüsyondan bağımsız olarak, örneklerin cilalandığı sistemin renk değişimine anlamlı etkisi olmuştur. Dolayısıyla, “cila sisteminin renk değişimine etkisi yoktur” şeklinde oluşturulan 3. hipotez reddedilmiştir. Çalışmanın sınırlamaları dahilinde, Optidisc ile cilalanan akışkan kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi (Optidisc $\Delta E=1,98 \pm 1,20$), Pogo ile cilalanan materyallere (Pogo $\Delta E=2,82 \pm 1,86$) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamıza dahil edilen akışkan kompozit rezinlerin iki farklı bitirme-cila sistemi ile cilalandıktan sonra yüzey pürüzlülük düzeyleri incelenmemiş olmakla birlikte, alüminyum oksit içerikli disklerden oluşan bitirme-cila sistemi Optidisc ile cilalanan akışkan kompozit materyallerinin, ince elmas tozu içeren Pogo cila sistemiyle cilalanan gruplara kıyasla daha yüksek renk stabilitesi göstermiş olması, literatürde alüminyum oksit içerikli disklerden oluşan bitirme ve cila sistemlerinin diğer sistemlere kıyasla daha düşük yüzey pürüzlülük değeri oluşturduğunu bildiren çalışmaların [86, 164, 180-182][187] sonuçları ile uyumludur. Alüminyum oksit partikülleri emdirilmiş cila disklerinin, kompozit rezin yapısındaki doldurucu partikülleri yerinden çıkarmaması [183, 184], organik rezin matriksi ve inorganik doldurucu partikülleri eşit düzeyde aşındırması sayesinde diğer cila sistemlerine kıyasla daha pürüzsüz bir yüzey ortaya çıkarabildiği [185] bildirilmiş ve ayrıca cila disklerinin düzlemsel hareket edebilmesinin düzgün yüzey oluşturmada etkili olduğu belirtilmiştir [186].

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde, renk değişimine etkisi test edilen ana faktörlerden etki gücü en fazla olan solüsyon (kismi eta kare=0,867) olarak tespit edilmiş, bunu sırasıyla akışkan kompozit rezin materyal tipi (kismi eta kare=0,619) ve cila sistemi (kismi eta kare=0,482) takip etmiştir.

Kompozit rezinlerin su emilim ve renk değişim düzeylerinin zaman ile ilişkili olduğu da bilinmektedir [123, 161]. Çalışmamıza dahil edilen dört farklı akışkan kompozit rezin materyalinden hazırlanan örnekler distile suda veya renklendirici potansiyele sahip çay ve kahve içeceklerinden hazırlanan solüsyonlarda 7 gün süreyle bekletilmiştir. Bir kahve tüketicisinin günde ortalama 3,2 kupa kahve tükettiği ve bir kupa kahvenin ortalama 15 dakikada tüketildiği varsayılmaktadır. Çalışmanın deney dizaynında, örneklerin 7 gün süreyle kahvede bekletilmesi yoluyla, bir bireyin 7 ay süreyle tükettiği kahvenin akışkan kompozit rezin restorasyonlar üzerindeki olası renk değişim etkisi taklit edilmeye çalışılmıştır [187]. Standardizasyonu sağlamak amacıyla, çayda ve distile suda bekletilen diğer akışkan kompozit rezin örnekleri için de solüsyonda bekleme süresi 7 gün olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda test edilen akışkan kompozit rezin materyallerinin yalnızca çay ve kahve karşısındaki renk stabilitelerinin incelenmesi ve yalnızca 7 gün süreyle renklendirme işlemine tabi tutulması çalışmanın sınırlılıklarından biridir. İleride yapılacak çalışmalarla, güncel akışkan kompozit rezin materyallerinin renklendirici potansiyele sahip diğer içecek ve solüsyonlara farklı sürelerde maruz bırakılması renk stabilitelerinin daha kapsamlı olarak incelenmesi açısından uygun olacaktır.

Çalışmada örneklerin renk standardizasyonunu sağlamak amacıyla, diğer çalışmalarda da sıklıkla tercih edildiği üzere A2 renk tonundaki akışkan kompozit rezin materyalleri kullanılmıştır. Koyu renk tonundaki kompozit rezin materyallerinin açık renkte olanlara kıyasla ışık iletiminin daha zayıf olduğu ve bunun sonucunda polimerizasyonun olumsuz etkilendiği [188]; universal renk tonlarının ise pigment içermemelerine bağlı olarak nispeten yüksek düzeyde renk değişimine uğradıkları bildirildiğinden [189, 190] bu renk tonlarındaki akışkan kompozit rezin materyalleri çalışmaya dahil edilmemiştir.

Kompozit rezin materyallerinin polimerizasyonu aşamasında oluşan serbest radikallerin havadaki oksijen ile birleşmesi sonucunda restorasyon yüzeyinde mekanik kuvvetlere karşı dirençsiz ve renklenmeye elverişli bir tabaka olan oksijen inhibisyon tabakası oluşmaktadır. Polimerizasyonu tamamlanmış kompozit rezin restorasyonların yüzeyinde oluşan oksijen inhibisyon tabakasının, kompozit restorasyonların yüzey özelliklerini olumsuz etkilediği ve bu nedenle uygun bir bitirme ve cila prosedürü uygulanarak oksijen inhibisyon tabakasının mutlaka uzaklaştırılması gerektiği literatürde vurgulanmıştır [191]. Bu çalışmada, kompozit rezinlerde renk değişimine yatkınlığı arttıran oksijen inhibisyon tabakasının oluşumunu en aza indirgeyebilmek ve aynı zamanda düzgün bir örnek yüzeyi elde edebilmek amacıyla; görünür

ışıkla polimerizasyondan önce akışkan kompozit örneklerinin üst ve alt yüzeylerine şeffaf bantlar yerleştirilmiştir [192, 193].

Kompozit rezin materyallerin polimerizasyon kalitesini etkileyen faktörler kompozit rezinlerin renk stabilitesinde de etkilidir [161, 166]. Çalışmada polimerizasyon kalitesini mümkün olabildiğince arttırabilmek amacıyla; 6 mm çapında diskler şeklinde hazırlanan akışkan kompozit rezin örneklerinin polimerizasyonu, 1200 mW/cm² ışık gücünde ve 8 mm uç çapına sahip üçüncü nesil LED (ışık yayan diyot-light emitting diode) ışık cihazı (Bluephase Style, Ivoclar Vivadent, Lihtenştayn) ile sağlanmış ve çalışma boyunca ışık gücünün 1000 mW/cm²'nin altına düşmediği radyometre cihazı (Peng Lim Enterprise Co., Ltd., Tayvan) ile kontrol edilmiştir. Polimerizasyonu tamamlanan akışkan kompozit rezin örnekleri, etüvde distile su içerisinde 24 saat süreyle bekletilerek, kompozit örneklerde reaksiyona girmeyen komponentlerin uzaklaştırılması [194] ve post-polimerizasyon sertleşmesinin sağlanması sağlanmaya çalışılmıştır [192].

Kompozit rezin örneklerinin renk ölçümleri esnasında ölçümün yapıldığı ortamdaki ışık aydınlatması ve ölçüm yapılan yüzey rengi, renk ölçüm değerlerini etkileyen faktörlerdendir [195]. Çalışmada hazırlanan akışkan kompozit rezin örneklerinin renk ölçümleri; su, çay ve kahve solüsyonlarında bekletilmeden önce ve bekletildikten 7 gün sonra, nötral gri duvarları olan ortamda 5500 Kelvin gün ışığı veren ampulün aydınlatması altında ve beyaz zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde, ortam aydınlatması ve zemin rengi ile ilgili faktörlerin renk ölçümlerine olası etkileri standardize edilmiştir. Ayrıca, renk ölçümü yapılan örnekten yansıyan ışığın renk ölçüm cihazına tam olarak dönememesi olarak tanımlanan etkiyi (edge-loss effect) en aza indirebilmek amacıyla, çalışmada hazırlanan akışkan kompozit rezin örneklerinin çapının (6mm) cihazın ölçüm yapan ucunun çapından (5mm) daha büyük olmasına dikkat edilmiştir [196].

Literatürde; ağız hijyeni, yeme alışkanlıkları ve sigara içme gibi bireye özgü durumların da kompozit rezinlerdeki renk stabilitesinde rol oynadığı gösterilmiştir [138]. Bu anlamda, *in vitro* çalışmaların ağız içerisindeki dinamik şartları tam olarak taklit edemediği, ancak materyal ve yöntemlerin klinik performansları ile ilgili yorumlarda bulunmamıza yardımcı olduğu unutulmamalıdır. Laboratuvar ortamında yapılan *in vitro* çalışmalarda, ağız içerisindeki sıcaklık, nem, mikroorganizma ve yan ürünleri, tükürük miktarı ve yapısı, dil-yanak fonksiyonu, beslenme alışkanlığı gibi bireye özgü birçok klinik faktör incelenememektedir. Renklendirici potansiyele sahip içeceklerin ağız ortamında tükürük ve diğer sıvılar aracılığıyla seyreltilmesi, sıcaklık ve pH seviyesindeki değişiklikler gibi faktörler

de dental restoratif materyallerin renk stabilitesini etkileyebilmekte ancak *in vitro* ortamda taklit edilememektedir.

Bu *in vitro* çalışmadaki bir başka sınırlılık ise; deney tasarımıyla oluşturulan akışkan kompozit rezin örneklerinin tamamının disk şeklinde ve düz yüzeyli olup ağız ortamında bulunan restorasyonlardaki girinti ve çıkıntılara sahip olmamasıdır. Dolayısıyla, bu örneklerdeki düz yüzeylerin, gerçek klinik koşullar altında dental morfolojiye dikkat edilerek oluşturulmuş gerçek restorasyon yüzeylerinde oluşacak renklenmeleri tam anlamıyla taklit edebilmesi mümkün değildir. Bu çalışmanın tüm sınırlılıkları dikkate alınarak planlanacak *in vitro* ve altın standart klinik çalışmalarla, piyasaya yeni sürülen farklı içerikteki güncel akışkan kompozit rezin materyallerinin daha kapsamlı şekilde incelenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekildedir:

- Çalışmada kullanılan akışkan kompozit rezin materyal tipinin renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olmuştur.
- En yüksek ve en düşük renk değişimi gösteren akışkan kompozit rezin materyalleri sırasıyla Supreme ve Estelite olarak tespit edilmiştir.
- Bulkfill ve GaenialFlo akışkan kompozit rezin materyallerinin renk değişim düzeyleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur.
- Çalışmada örneklerin içerisinde bekletildiği solüsyonun renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olmuştur.
- Distile suda bekletilen kontrol gruplarında çay veya kahve gruplarına kıyasla renk değişimi anlamlı düzeyde daha düşüktür. Distile suda bekletilen kontrol gruplarının tamamında, renk değişimi insan gözünün algılayabileceği düzeyin altındadır.
- Çay ve kahve solüsyonları, renk değişimine etkileri açısından istatistiksel olarak benzer bulunmakla birlikte; kahvenin oluşturduğu renklenme, daha sıklıkla klinik olarak kabul edilebilir düzeyin üzerine çıkmıştır.
- Çalışmada örneklerin cilalandığı sistemin renk değişimine istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkisi olmuştur.
- Optidisc cila sistemi ile cilalanan grupların renk değişimi, Pogo cila sistemi ile cilalanan gruplara kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur.
- Tüm gruplar arasında en yüksek renk değişimi Pogo ile cilalanan ve çayda bekletilen Supreme akışkan kompozit rezin grubunda; en düşük renk değişimi ise Optidisc ile cilalanan ve distile suda bekletilen (kontrol) Supreme akışkan kompozit rezin grubunda elde edilmiştir.
- Tüm koşullar altında, klinik olarak kabul edilemeyecek düzeyde renk değişimi sergilemeyen tek akışkan kompozit rezin materyali, Estelite olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla Estelite, çalışmanın sınırlamaları dahilinde en yüksek düzeyde renk stabilitesi gösteren akışkan kompozit rezin materyalidir.

KAYNAKLAR

1. Roberson T, Heymann HO, Swift Jr EJ. Sturdevant's art and science of operative dentistry. Elsevier Health Sciences; 2006.
2. Fontes ST, Fernández MR, Moura CMD, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2009; 17: 388-91.
3. Samra APB, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Brazilian Oral Research* 2008; 22: 205-10.
4. Genç G, Toz T. Rezin kompozitlerin renk stabilitesi ile ilgili bir derleme: Kompozit renklenmelerinin etyolojisi, sınıflandırılması ve tedavisi. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2017; 38(2): 68-79.
5. Kıvrak Çongara T, Gökay O. Kompozit rezinlerin renk stabilitesine etki eden faktörler. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2018; 45(2): 105-114.
6. Cefaly DFG, Franco EB, Mondelli RFL, Francisconi PAS, Navarro MFDL. Diametral tensile strength and water sorption of glass-ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *Journal of Applied Oral Science* 2003; 11: 96-101.
7. Bayne SC, Thompson JY, Swift Jr EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *The Journal of the American Dental Association* 1998; 129: 567-77.
8. Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dental Materials* 2011; 27: 1221-8.
9. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable resin composites: a systematic review and clinical considerations. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 2015; 9(6): ZE18–ZE24.
10. Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-carious cervical lesions: 24-month results. *Journal of Adhesive Dentistry* 2012; 14: 485-92.
11. Sawase T, Wennerberg A, Hallgren C, Albrektsson T, Baba K. Chemical and topographical surface analysis of five different implant abutments. *Clinical Oral Implants Research* 2000; 11: 44-50.
12. Swift EJ, Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann H. Sturdevant's art and science of operative dentistry. Elsevier Health Sciences; 2006.
13. Lee H-S, Berg JH, Garcia-Godoy F, Jang K-T. Long term evaluation of the remineralization of interproximal caries-like lesions adjacent to glass-ionomer restorations: a micro-CT study. *American Journal of Dentistry* 2008; 21: 129.

14. Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Topçu FT, Demir F. Diş hekimliğinde bulk fill kompozit rezinler. *Selcuk Dental Journal* 2019; 6: 229-38.
15. Demir F. Beyazlatıcı diş macunlarına maruz bırakılan restoratif materyalin renk ve yüzey değişikliklerinin incelenmesi. Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, 2018.
16. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. Güneş Kitabevi Ltd Sti, Ankara, 2000; 1-20.
17. Chung KH. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dental Materials* 1994; 10: 325-30.
18. Chen MH, Chen C-R, Hsu SH, Sun SP, Su WF. Low shrinkage light curable nanocomposite for dental restorative material. *Dental Materials* 2006; 22: 138-45.
19. Wilson KS, Antonucci JM. Interphase structure–property relationships in thermoset dimethacrylate nanocomposites. *Dental Materials* 2006; 22: 995-1001.
20. Powers JM. Craig's restorative dental materials. Mechanical properties 2006: 51-96.
21. Burgess J, Walker R, Davidson J. Posterior resin-based composite: Review of the literature. *Pediatric dentistry* 2002; 24: 465-79.
22. Moszner N, Klapdohr S. Nanotechnology for dental composites. *International Journal of Nanotechnology* 2004; 1: 130-56.
23. Albers HF. Tooth-colored restoratives: principles and techniques. PMPH-USA; 2002.
24. Monte Alto RV, Guimarães JGA, Poskus LT, Silva EMd. Depth of cure of dental composites submitted to different light-curing modes. *Journal of Applied Oral Science* 2006; 14: 71-6.
25. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003; 24: 655-65.
26. Davy K, Kalachandra S, Pandain M, Braden M. Relationship between composite matrix molecular structure and properties. *Biomaterials* 1998; 19: 2007-14.
27. Summitt JB. Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach. Quintessence Publishing Company; 2006.
28. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of Dental Research* 2011; 90(4): 402-16.
29. Sturdevant CM, Roberson TM, Heyman HO, Sturdevant JR. The Art Science of Operative Dentistry 3rd ed. St Louis, Toronto, Priceton: The CV Mosby Company, 1995, 504-12.
30. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1983; 50(4): 480-488.

31. Wilson KS, Zhang K, Antonucci JM. Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites. *Biomaterials* 2005; 26: 5095-103.
32. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials-e-book*. Elsevier Health Sciences; 2012.
33. Wakefield CW, Kofford KR. Advances in restorative materials. *Dental Clinics of North America* 2001; 45(1): 7-29.
34. Ritter AV. *Sturdevant's art & science of operative dentistry-e-book*. Elsevier Health Sciences; 2017.
35. Meyer GR, Ernst CP, Willershausen B. Determination of polymerization stress of conventional and new "clustered" microfill-composites in comparison with hybrid composites. *Journal of Dental Research* 2003; 81: 921.
36. Powers JM. *Craig's restorative dental materials*. 2006: 51-96.
37. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis JP, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental Materials* 1992; 8(5): 310-9.
38. Musanje L, Ferracane JL. Effects of resin formulation and nanofiller surface treatment on the properties of experimental hybrid resin composite. *Biomaterials* 2004; 25(18): 4065-71.
39. Craig RG. *Restorative dental materials*. 10th ed. St Louis: Mosby; 1997.
40. Ersoy M, Özel E, Gökçe K. Farklı uygulama yöntemlerinin kompozit rezinlerin mikrosertlikleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2007; 17(1): 28-31.
41. Lindberg A. *Resin composites: sandwich restorations and curing techniques*. 2005, PhD Thesis Odontologi.
42. Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane Tıp Dergisi* 2005; 47(1): 77-82.
43. Duke ES. Has dentistry moved into the nanotechnology era? *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995) 2003; 24(5): 380-2.
44. Phillips RW, Anusavice KJ, Shen, C., & Rawls, H. *Phillips' science of dental materials*. Elsevier/Saunders; 2013.
45. Khurshid Z, Zafar M, Qasim S, Shahab S, Naseem M, AbuReqaiba A. Advances in nanotechnology for restorative dentistry. *Materials* 2015; 8(2): 717-31.
46. Bayne SC, Thompson JY, Swift Jr EJ, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *The Journal of American Dental Association* 1998; 129(5): 567-77.
47. Salerno M, Derchi G, Thorat S, Ceseracciu L, Ruffilli R, Barone AC. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. *Dental Materials* 2011; 27(12): 1221-8.

48. Ashok NG, Jayalakshmi S. Factors that influence the color stability of composite restorations. *International Journal of Orofacial Biology* 2017; 1(1): 1-3.
49. Fidan M, Dereli Z. Akıcı Kompozitler: Bir Literatür Derlemesi. *Selcuk Dental Journal* 8(3): 902-15.
50. Karaman E, Yazici AR, Ozgunaltay G, Dayangac B. Clinical evaluation of a nanohybrid and a flowable resin composite in non-carious cervical lesions: 24-month results. *Journal of Adhesive Dentistry* 2012; 14: 485-92.
51. Ryou DB, Park HS, Kim KH, Kwon TY. Use of flowable composites for orthodontic bracket bonding. *The Angle Orthodontist* 2008; 78(6): 1105-9.
52. Tabrizi S, Salemis E, Usumez S. Flowable composites for bonding orthodontic retainers. *The Angle Orthodontist* 2010; 80(1): 195-200.
53. Strassler HE, Haeri A, Gultz JP. New-generation bonded reinforcing materials for anterior periodontal tooth stabilization and splinting. *Dental Clinics of North America* 1999; 43(1): 105-26.
54. Small BW. Emergency reattachment of fractured tooth. Using dentin bonding agent and flowable composite. *Oral Health* 1996; 86(10): 33-33.
55. Bohnenkamp DM, Garcia LT. Repair of bis-acryl provisional restorations using flowable composite resin. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2004; 92(5): 500-2.
56. Roberts HW, Charlton DG, Murchison DF. Repair of non-carious amalgam margin defects. *Operative Dentistry* 2001; 26: 273-6.
57. Papacchini F, Radovic I, Magni E, Goracci C, Monticelli F, Chieffi N, et al. Flowable composites as intermediate agents without adhesive application in resin composite repair. *American Journal of Dentistry* 2008; 21(1): 53-8.
58. Fortin D, Vargas MA. The spectrum of composites: new techniques and materials. *The Journal of the American Dental Association* 2000; 131: 26S-30S.
59. Barceleiro MDO, Miranda MS, Dias KR, Sekito T. Shear bond strength of porcelain laminate veneer bonded with flowable composite. *Operative Dentistry-University of Washington*. 2003; 28(4): 423-8.
60. Helvey GA. Creating super dentin: Using flowable composites as luting agents to help prevent secondary caries. *Compendium* 2013; 34(4).
61. Llena C, Amengual J, Forner L. Sealing capacity of a photochromatic flowable composite as protective base in nonvital dental bleaching. 2006; 39(3): 185-9.
62. Albaladejo A, Osorio R, Papacchini F, Goracci C, Toledano M, Ferrari M. Post silanization improves bond strength of translucent posts to flowable composite resins. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 2007; 82(2): 320-4.
63. PHILLIPS RW. *Skinner's science of dental materials*, 7th edition. Philadelphia, PA; WB Saunders Company, 1973.

64. Fontes ST, Fernández MR, Moura CMD, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2009; 17: 388-91.
65. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber BJ. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001; 28(11): 1022-8.
66. Prieto LT, de Araújo CTP, Pierote JJA, de Oliveira DCRS, Coppini EK, Paulillo LAMS. Evaluation of degree of conversion and the effect of thermal aging on the color stability of resin cements and flowable composite. *Journal of Conservative Dentistry* 2018; 21(1): 47-51.
67. Ajlouni R, Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J. The use ofOrmocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets. *The Angle Orthodontics* 2005; 75: 106-8.
68. Okuyama K, Murata Y, Pereira P, Miguez PA, Komatsu H, Sano H. Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *American Journal of Dentistry* 2006; 19(2): 123-7.
69. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dental Materials* 2005; 21(1): 68-74.
70. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials* 2005; 21(1): 36-42.
71. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *Journal of Dentistry* 2013; 41(8): 695-702.
72. Aydın N, Karaoğluoğlu S, Oktay EA, Topçu FT, Demir F. Diş hekimliğinde bulk fill kompozit rezinler. *Selcuk Dental Journal* 2019; 6: 229-38.
73. El-Damanhoury H, Platt JA. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative Dentistry* 2014; 39(4): 374-82.
74. Cheng L, Weir MD, Xu HH, Antonucci JM, Kraigsley AM, Lin NJ, et al. Antibacterial amorphous calcium phosphate nanocomposites with a quaternary ammonium dimethacrylate and silver nanoparticles. *Dental Materials* 2012; 28(5): 561-72.
75. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews* 1999; 12(1): 147-79.
76. Poss SD. Utilization of a new self-adhering flowable composite resin. *Dentistry Today* 2010; 29: 104-5.
77. Ozel Bektas O, Eren D, Akin EG, Akin H. Evaluation of a self-adhering flowable composite in terms of micro-shear bond strength and microleakage. *Acta Odontologica Scandinavica* 2013; 71: 541-6.
78. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental Materials* 2011; 27(1): 29-38.

79. Fráter M, Forster A, Keresztúri M, Braunitzer G, Nagy K. In vitro fracture resistance of molar teeth restored with a short fibre-reinforced composite material. *Journal of Dentistry* 2014; 42(9): 1143-50.
80. van Dijken JW, Sunnegårdh-Grönberg K. Fiber-reinforced packable resin composites in Class II cavities. *Journal of Dentistry* 2006; 34(10): 763-9.
81. McCabe JF, Yan Z, Al Naimi OT, Mahmoud G, Rolland SL. Smart materials in dentistry. *Australian Dental Journal* 2011; 56: 3-10.
82. Yap AU, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry - University of Washington* 2004; 29(1): 100-4.
83. Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *The Journal of the American Dental Association* 1975; 91(1): 101-6.
84. Lee YK, Yu B, Lim HN, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *Journal of Applied Oral Science* 2011; 19: 154-60.
85. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2010; 103(4): 221-7.
86. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2005; 17(2): 102-8.
87. Barutçigil Ç, Yıldız M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *Journal of Dentistry* 2012; 40: e57-e63.
88. Amani AF, Wedad YA. The effect of the three finishing systems on three esthetic resorative materials. *Saudi Dental Journal* 2003; 15 (2): 104-107.
89. O'brien WJ. *Dental materials and their selection*, 3rd Ed. Quintessence Publishing Co, Inc 2002.
90. Turkun LS, Turkun M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry-University of Washington* 2004; 29 (2): 203-11.
91. Phillips R. Anusavice KJ. *Phillips' science of dental materials*. St. Louis, MO: Elsevier/Saunders, 2013.
92. O'brien WJ. *Dental materials and their selection*, 4th Ed. Quintessence Publishing Co, Inc 2008.
93. Bayne SC. Dental biomaterials: where are we and where are we going? *Journal of Dental Education* 2005; 69(5): 571-85.
94. Jung M. Surface roughness and cutting efficiency of composite finishing instruments. *Operative Dentistry* 1997; 22(3): 98-104.

95. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dental Clinics of North America* 2007; 51(2): 379-97.
96. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dental Clinics of North America* 1998; 42(4): 613-27.
97. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of prosthetic dentistry* 1973; 29(4): 416-24.
98. Wee AG. Description of color, color replication process and esthetics. *Contemporary fixed prosthodontics*. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. 4th ed. St. Louis: Mosby, 2006, 710-2.
99. Tovalt B, Maiara P, Nathanson D. *Esthetic dentistry & ceramic restoration*. Berlin: Martin Dunitz Ltd, 1999, 25-38.
100. Kahramanoğlu E, Özkan YK. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal* 2013; 16(4): 339-47.
101. Lee YK, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials* 2005; 21(11): 1068-74.
102. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation* 2006; 33(3): 221-8.
103. Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 1992; 13: 29-36.
104. Russell MD, Gulfranz M, Moss BW. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of Oral Rehabilitation* 2000; 27(9): 786-92.
105. Knispel G. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence International* 1991; 22(7).
106. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Takahashi H, Ban S. Effect of filler properties in composite resins on light transmittance characteristics and color. *Dental materials journal* 2007; 26(1): 38-44.
107. Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. *Journal of Oral Rehabilitation* 2004; 31: 483-91.
108. Özdemir OS. Doğal dişlerin renk karakteristiklerinin cilt ve göz rengi ile ilişkisinin incelenmesi. *Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı* 2012.
109. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry* 2003; 23(5): 467-80.
110. Mayekar SM. Shades of a color. Illusion or reality? *Dental Clinics of North America* 2001; 45(1): 155-72.
111. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*. Quintessence Publishing Company Illinois; 2004.

112. Foster DH, Amano K, Nascimento SM, Foster MJ. Frequency of metamerism in natural scenes. *Journal of the Optical Society of America A* 2006; 23(10): 2359-72.
113. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. *Fundamentals of colour science*. British Dental Journal 2004; 196(1): 33-41.
114. Biçer AZY, Karakış D, Doğan A. Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi. *Acta Odontologica Turcica* 2014; 31(1): 13-7.
115. Kim K, Son KM, Kwon JH, Lim BS, Yang HC. The effects of restorative composite resins on the cytotoxicity of dentine bonding agents. *Dental materials journal* 2013; 32(5): 709-17.
116. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Di Bella E, Dietschi D. Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. *Journal of Dentistry* 2011; 39: e37-e44.
117. Shortall A, Palin W, Burtscher P. Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *Journal of Dental Research* 2008; 87(1): 84-8.
118. Moharamzadeh K, Van Noort R, Brook I, Scutt AM. HPLC analysis of components released from dental composites with different resin compositions using different extraction media. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2007; 18(1): 133-7.
119. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *The Journal of prosthetic dentistry* 2013; 109(6): 378-83.
120. Genç G, Toz T. A review of the color stability of resin composites: The etiology, classification and the treatment of composite staining. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2017; 38(2): 68-79.
121. Minolta K. Precise color communication. Kónica Minolta Sensing. Inc. Japan, 2007.
122. Um CM, Ruyter I. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence International*, 1991; 22(5): 377-386.
123. Bagheri R, Burrow M, Tyas M.. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of Dentistry* 2005; 33(5): 389-98.
124. Ashcroft AT, Cox TF, Joiner A, Laucello M, Philpotts CJ, Spradbery PS, et al. Evaluation of a new silica whitening toothpaste containing blue covarine on the colour of anterior restoration materials in vitro. *Journal of Dentistry* 2008; 36: 26-31.
125. Kim TH, García-Godoy F, Ko CC, Park JK, Kim HI, Kwon YH. Effect of temperature on the mass and color stability of additional photoinitiator containing composite resins. *Dental Materials Journal* 2013; 32: 628-36.

126. İşcan Yapar M, Gül P. Farklı içeceklerde bekletilen siloran ve dimetakrilat esaslı kompozitlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica* 2015; 32(2): 51-6.
127. Kuehni RG. The early development of the Munsell system. *Color Research & Application* 27(1): 20-7.
128. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic color training in dentistry*. Vol 1. Mosby; 2004.
129. Derbabian K, Marzola R, Donovan TE, Arcidiacono A. The science of communicating the art of esthetic dentistry. Part III: precise shade communication. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2001; 13(3): 154-62.
130. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, Cockerill JJ. *Contemporary fixed prosthodontics*. St. Louis. Mosby Inc 2001; 380-416.
131. Sorensen JA, Torres TJ. Improved color matching of metal ceramic restorations. Part II: Procedures for visual communication. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1987; 58: 669-77.
132. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry* 2004; 32: 3-12.
133. Luo XP, Zhang L. Effect of veneering techniques on color and translucency of Y-TZP. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 2010; 19(6): 465-70.
134. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1973; 29(5): 556-66.
135. Doğan A, Yüzügüllü B. Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2011(4): 65-72.
136. Ahmad I. *Protocols for predictable aesthetic dental restorations*. John Wiley & Sons; 2008.
137. Sarıkaya I, Güler AU. Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. [Color concept in Dental practice]. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences* 2009;15:118-29.
138. Arocha MA, Mayoral JR, Lefever D, Mercade M, Basilio J, Roig M. Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clinical Oral Investigations* 2013; 17(6): 1481-7.
139. Pires JAF, Cvitko E, Denehy GE, Swift Jr EJ. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence International* 1993; 24(7): 517-521.
140. Shortall AC, Wilson HJ, Harrington E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives-Influence of shade and opacity. *Journal of Oral Rehabilitation* 1995; 22(5): 337-42.
141. Hübel S, Mejare I. Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2003; 13(1): 2-8.

142. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *European Journal of Oral Sciences* 1986; 94(2): 174-7.
143. Shintani H, Satou J, Satou N, Hayashihara H, Inoue T. Effects of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. *Dental Materials* 1985; 1(6): 225-7.
144. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *British Dental Journal* 2004; 196(1): 42-5.
145. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao CV. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of Dentistry* 2010; 38: e137-e42.
146. da Rosa Kaizer M, Diesel PG, Mallmann A, Jacques LB. Ageing of silorane-based and methacrylate-based composite resins: effects on translucency. *Journal of Dentistry* 2012; 40: e64-e71.
147. Martin N, Jedynekiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dental Materials* 2003; 19(2): 77-86.
148. Iazzetti G, Burgess J, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Operative Dentistry* 2000; 25(6): 520-5.
149. Ertas E, Guler AU, Yucel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental Materials Journal* 2006; 25(2): 371-6.
150. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003; 24: 655-65.
151. Arima T, Hamada T, McCabe J. The effects of cross-linking agents on some properties of HEMA-based resins. *Journal of Dental Research* 1995; 74: 1597-601.
152. Kalachandra S, Turner DT. Water sorption of polymethacrylate networks: Bis-GMA/TEGDM copolymers. *Journal of Biomedical Materials Research* 1987; 21(3): 329-38.
153. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence International* 1991; 22(9): 733-737.
154. Douglas W, Craig RG. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. *Journal of Dental Research* 1982; 61(1): 41-3.
155. Khan Z, Von Fraunhofer J, Razavi R. The staining characteristics, transverse strength, and microhardness of a visible light-cured denture base material. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1987; 57(3): 384-6.
156. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Operative Dentistry* 2008; 33(4): 413-20.

157. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dental Materials* 2004; 20(6): 530-4.
158. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dental Materials* 1994; 10: 353-62.
159. Mundim FM, Garcia LdFR, Pires-de-Souza FdCP. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *Journal of Applied Oral Science* 2010; 18(3): 249-54.
160. Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Colour-stability and gloss-retention of silorane and dimethacrylate composites with accelerated aging. *Journal of Dentistry* 2008; 36(11): 945-52.
161. Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2006; 95(2): 137-42.
162. Türkün LŞ, Türkün M. Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2004; 16(5): 290-301.
163. Ren Y-, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *Journal of Dentistry* 2012; 40: e48-e56.
164. Kumari RV, Nagaraj H, Siddaraju K, Poluri RK. Evaluation of the effect of surface polishing, oral beverages and food colorants on color stability and surface roughness of nanocomposite resins. *Journal of International Oral Health* 2015; 7(7): 63-70.
165. Ozera EH, Pascon FM, Correr AB, Puppini-Rontani RM, Castilho ARd, Correr-Sobrinho L, et al. Color stability and gloss of esthetic restorative materials after chemical challenges. *Brazilian Dental Journal* 2019; 30(1): 52-7.
166. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association* 2004; 135(5): 587-94.
167. Domingos PAdS, Garcia PPNS, Oliveira ALBMD, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2011; 19: 204-11.
168. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 2005; 13(2): 51-6.
169. Önen A, Dayangaç B, Köprülü H, Gürkan S. Farklı yapıdaki posterior kompozitlerde bitirme ve polisaj işleminin incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 1992; 19: 375-382.
170. Morgan M. Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry* 2004; 16(3): 211-7.

171. Nakajo K, Imazato S, Takahashi Y, Kiba W, Ebisu S, Takahashi N. Fluoride released from glass-ionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries-related oral streptococci. *Dental Materials* 2009; 25(6): 703-8.
172. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials* 2003; 19: 12-8.
173. Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Operative Dentistry-University of Washington* 2004; 29(3): 275-9.
174. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2007; 18(1): 155-63.
175. Choi MS, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC. Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. 2005; 16(4): 347-53.
176. Lu H, Roeder LB, Powers JM. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2003; 15: 297-304.
177. Turssi CP, de Moraes Purquerio B, Serra MC. Wear of dental resin composites: insights into underlying processes and assessment methods—a review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 2003; 65(2): 280-5.
178. Barbosa SH, Zanata RL, Navarro MFdL, Nunes OB. Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Brazilian Dental Journal* 2005; 16: 39-44.
179. Uctasli M, Arisu HD, Omurlu H, Eliguzeloglu E, Ozcan S, Ergun G. The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 2007; 8(2): 89-96.
180. Berastegui E, Canalda C, Brau E, Miquel C. Surface roughness of finished composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1992; 68(5): 742-9.
181. Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Operative Dentistry* 2006; 31(1): 11-7.
182. Bayraktar DY, Doğan DD, Ercan E. Farklı polisaj sistem ve tekniklerinin üç farklı kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2013; 23: 192-8.
183. Yap AUJ, Lye KW, Sau CW. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Operative Dentistry* 1997; 22: 260-5.

184. Bouvier D, Duprez JP, Lissac M. Comparative evaluation of polishing systems on the surface of three aesthetic materials. *Journal of Oral Rehabilitation* 1997; 24(12): 888-94.
185. Van Dijken JW, Ruyter IE. Surface characteristics of posterior composites after polishing and toothbrushing. *Acta Odontologica Scandinavica* 1987; 45(5): 337-46.
186. Fruits TJ, Miranda FJ, Coury TL. Effects of equivalent abrasive grit sizes utilizing differing polishing motions on selected restorative materials. *Quintessence International* 1996; 27(4): 279-285.
187. Güler E, Gönülol N, Yücel AÇ, YILMAZ F, Ersöz E. Farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezinlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2013; 23(1): 24-9.
188. Nalçacı A, Bağış B. Nano-hibrit bir kompozit rezinin yüzey sertliğinin in vitro olarak incelenmesi. *European Annals of Dental Sciences* 2005; 32: 91-8.
189. Korkmaz Ceyhan Y, Ontiveros JC, Powers JM, Paravina RD. Accelerated aging effects on color and translucency of flowable composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2014; 26(4): 272-8.
190. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1998; 79(4): 372-7.
191. Aytac F, Karaarslan ES, Agaccioglu M, Tastan E, Buldur M, Kuyucu E. Effects of novel finishing and polishing systems on surface roughness and morphology of nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2016; 28: 247-61.
192. Yap AUJ, Tan SHL, Wee SSC, Lee CW, Lim ELC, Zeng KY. Chemical degradation of composite restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation* 2001; 28(11): 1015-21.
193. Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. *Dental Materials* 2001; 17(4): 309-15.
194. Ferracane JL, Condon JR. Rate of elution of leachable components from composite. *Dental Materials* 1990; 6(4): 282-7.
195. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2005; 94(2): 118-24.
196. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2002; 88: 585-90.

EKLER

Ek 1: Tez çalışmasının DHF-22001 proje numarası ile Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklendiğini gösteren belge.

	T.C. AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ DOKTORA/UZMANLIK TEZ PROJESİ 1 PROJE BİLGİ FİŞİ
---	--

Proje Bilgi Fişi				
Proje No ve Türü	DHF-22001/		Proje Durumu	Proje kabul edildi, başladı veya sürüyor
Kurumu	DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ		Süresi (Ay)	12
Proje Tutarı	25.596,00 TL		Başlama Tarihi	07-01-2022
Proje Yürütücüsü	Dr.Öğr.Üyesi Nasibe Aycan YILMAZ		Bitiş Tarihi	06-01-2023
Yrd.Araştırmacılar	Arş.Gör. Kübra ÖZEKİNCİ (%50)		Proje Konusu	
			Farklı Doldurucu Oranına Sahip Akışkan Kompozitlerin Renk Stabiliteilerinin In Vitro Değerlendirilmesi	
Hakemler ve Görüşleri			Tamamlanma Tarihi	06-01-2023
Proje Oluşturma Tarihi	02-12-2021 10:53:03			
Verilen Ek Süre (Ay)	0		Verilen Ek Ödenek	0,00 TL
Ara Rapor Tarihleri	Harcama Kalemi	Toplam Ödenek	Toplam Harcama	Kalan Ödenek
1. Rapor 07-01-2022 06-07-2022	03.7 Makine Teçhizat	0,00	0,00	0,00
	06.1 Makine Teçhizat	0,00	0,00	0,00
Teslim Edildi	03.2 Sarf Malzeme	25.596,00	25.542,00	54,00
Kesin Sonuç Rapor 07-07-2022 06-01-2023	03.5 Hizmet	0,00	0,00	0,00
Teslim Edilmedi	03.3 Yolculuk Yevmiye	0,00	0,00	0,00
	Diger			
	Toplam	25.596,00 TL	25.542,00 TL	54,00 TL