



T. C.

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**AKILLI KROMATİK TEKNOLOJİSİ ile ÜRETİLMİŞ KOMPOZİT
REZİNİN RENK STABİLİTESİ ve YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arş. Gör. Alper CUMHUR

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

AĞUSTOS 2020

BOLU



T. C.

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**AKILLI KROMATİK TEKNOLOJİSİ ile ÜRETİLMİŞ
KOMPOZİT REZİNLERİN RENK STABİLİTESİ ve YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arş. Gör. Alper CUMHUR

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Begüm Büşra CEVVAL ÖZKOÇAK

AĞUSTOS 2020

BOLU

ONAY SAYFASI



ÖZET

AKILLI KROMATİK TEKNOLOJİSİ ile ÜRETİLMİŞ KOMPOZİT REZİNİN RENK STABİLİTESİ ve YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada akıllı kromatik teknoloji ile üretilmiş yeni bir kompozit rezinin, farklı solüsyonlarda bekletilerek pürüzlülük ve renk değişimlerinin in-vitro koşullarda incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, smart (akıllı) kompozit rezin grubunda yeni bir ürün olan Omnichroma (Tokuyama Dental Corporation, Tokyo Japan) ile Zenit (President Dental, München, Almanya) ve Harmonize (Kerr Corporation, Orange CA, ABD) olmak üzere üç adet kompozit rezin materyali kullanılmıştır. Kompozit rezin grupları içinde bekletildikleri solüsyonlara (distile su, kahve, kola, portakal suyu) göre 4 alt gruba ayrılmış ve her solüsyon için 10' ar adet olacak şekilde toplam 120 adet, 2x6 mm boyutlarında kompozit disk hazırlanmıştır. Örneklerin başlangıç renk (Minolta CR-321, Osaka, Japan) ve pürüzlülük (Perthometer M2, Mahr, Germany) ölçümleri yapılmıştır. İlk ölçümlerin ardından 4 farklı (distile su, kahve, kola ve portakal suyu) içecek grubunda bekletilmeye bırakılan örnekler 37 °C'de etüvde 7 gün boyunca bekletilmiş ve gün aşırı solüsyonları yenilenmiştir. Renk ve pürüzlülük ölçümleri tekrarlanmıştır ve değerler kaydedilmiştir.

Sayısal değişkenlerin normallik testi Kolmogorov Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Windows (Version 20.0) programı ile yapılmış olup ve istatistik analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 (p) olarak dikkate alınmıştır.

Kompozit materyaller ve renklendirici solüsyonlar kendi içerisinde işlem öncesi ve sonrası pürüzlülük açısından değerlendirildiğinde, Harmonize materyalinin

kahve sonrası ($p=0,024$), Omnichroma materyalinin ise kola sonrası pürüzlülük ortancaları arasındaki farklılık değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p=0,021$) ve böylece pürüzlülüğün artış gösterdiği görülmüştür. Çalışmamızda kompozit gruplar arasında en az yüzey pürüzlülüğü nanoseramik yapıdaki *Zenit* kompozit rezinde bulunmasına rağmen en fazla yüzey pürüzlülüğü nanohibrit bir kompozit rezin olan *Harmonize*'da gözlenmiştir. Renklendirme solüsyonlarına göre kompozitlerin renk değişimleri karşılaştırıldığında renklendirme solüsyonlarına göre renk değişimi (ΔE) ortancaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (hepsi için $p<0,001$). Akıllı kromatik teknolojisi ile üretilmiş Omnichroma kompozit rezin materyalin, ΔE renk değişim değeri kompozit dolgu materyallerine göre karşılaştırıldığında ortancalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,350$).

Sonuç olarak kullanılan kompozit rezin materyallerin sonuçları incelendiğinde renk stabilitesi ve pürüzlülük bakımından Omnichroma kabul edilebilir değerler göstermiştir. Bu nedenle klinik olarak diğer estetik kompozit rezinlere alternatif bir seçenek olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı kromatik kompozit, estetik restoratif materyaller, renk değişimi, sferikal doldurucu, yüzey pürüzlülüğü

ABSTRACT

EVALUATION OF COLOR STABILITY AND SURFACE ROUGHNESS OF COMPOSITE RESIN PRODUCED WITH SMART CHROMATIC TECHNOLOGY

In this study, it is aimed to examine the roughness and color changes in in-vitro conditions by keeping a new composite resin produced with smart chromatic technology in different solutions. In the study, three composite resin materials were used; Omnicroma (Tokuyama Dental Corporation, Tokyo Japan), Zenit (President Dental, München, Germany) and Harmonize (Kerr Corporation, Orange CA, USA). According to the solutions (distilled water, coffee, cola, orange juice) in which they are kept in composite resin groups, a total of 120 composite disks with a total of 120, 2x6 mm dimensions were prepared for each solution. The initial color (Minolta CR-321, Osaka, Japan) and roughness (Perthometer M2, Mahr, Germany) were measured. After the first measurements, 4 different (distilled water, coffee, cola and orange juice) groups were left to stand. Samples were kept in the etuve at 37 C for 7 days and solutions were renewed every other day. Color and roughness measurements were repeated and values were recorded.

The normality test of numerical variables was checked with the Kolmogorov Smirnov and Shapiro-Wilk test tests. Statistical analyzes were made with the IBM SPSS Statistics for Windows (Version 20.0) program and the significance level was considered as 0.05 (p) in statistical analysis.

Considering the coloring solutions used, the differences between the median belonging to the Harmonized, Omnicroma and Zenit groups were not statistically significant when evaluating the pre-treatment roughness of each composite filling material ($p = 0.738$, $p = 0.996$ and $p = 0.940$, respectively). When the composite materials and coloring solutions were evaluated in terms of roughness before and after the process, the difference values of the harmonized material between the roughness median after coffee were found statistically significant ($p = 0.024$). It was

observed that the difference values between the roughness medians of the Omnichroma material kept in the cola were statistically significant ($p = 0.021$) and thus the roughness increased.

As a result, although the least surface roughness among the composite groups was found in the Zenit composite resin in nanoceramic structure, the highest surface roughness was observed in Harmonize which is a nanohybrid composite resin.

When the color changes of composites compared to the coloring solutions were compared, the differences between the color change (ΔE) medians compared to the coloring solutions were found statistically significant ($p < 0.001$ for all). When the white color change value of Omnichroma composite resin material produced with smart chromatic technology compared to composite filling materials, the differences between the median were not statistically significant ($p = 0.350$).

As a result, when the results of the composite resin materials used were examined, Omnichroma showed acceptable values in terms of color stability and roughness. For this reason, it was concluded that it could be an alternative option to other aesthetic composite resins clinically.

Keywords: Aesthetic restorative materials, color change, smart chromatic composite, spherical filler, surface roughness.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Begüm Büşra Cevval Özkoçak’a,

Tüm katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Fatma Aytaç Bal’a ve Dr. Öğr. Üyesi Merve Ağaccioğlu’na

Uzmanlık eğitimim süresince, katkıda bulunan tüm öğretim üyelerine ve birlikte çalıştığım araştırma görevlisi arkadaşlarıma,

Covid 19 pandemisi süresince, zorlu günlerde çalışmamı tamamlamamda bana önemli katkılar sunmuş olan laborant Mustafa Yeşil’e

Eğitim hayatım boyunca desteklerini daima hissettiğim aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar	xiv
ŞEKİLLER	xv
SİMGE ve KISALTMALAR	xvii
1.GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kompozit Rezinlerin Gelişimi ve Yapısı.....	3
2.1.1.Organik faz (continous phase)	3
2.1.2. İnorganik faz	4
2.1.3. Ara faz.....	4
2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması.....	5
İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüğü ve Yüzdelere Göre	5
2.2.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüklerine ve Yüzdelere göre Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması.....	6
2.2.1.1. Makrofil Kompozitler	6
2.2.1.2. Megafil Kompozitler	6
2.2.1.3. Minifil Kompozitler.....	6
2.2.1.4. Mikrofil Kompozitler	6

2.2.2. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyon Şekillerine Göre Sınıflandırılması.....	7
2.2.2.2. Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler	7
2.2.2.3. Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler	7
2.2.3. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezinin Sınıflandırılması.....	7
2.2.3.1. Akışkan kompozitler	7
2.2.3.2. Kondanse edilebilen kompozitler (Condansable Packable)8	
2.3. Güncel Kompozit Rezin Sistemler	8
2.3.1. Nanokompozitler	8
2.3.2 Hibrit kompozitler	9
2.3.3. Ormoserler.....	9
2.3.4.Giomerler	10
2.3.5. Siloranlar	10
2.3.6. Bulk-fill kompozit rezinler	11
2.3.7. Antibakteriyel kompozit rezinler	11
2.3.8. Self-adeziv kompozit rezinler.....	12
2.3.9. Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler.....	12
2.3.10. Nanoseramik kompozitler	12

2.3.11. Akıllı (Smart) monokromatik kompozitler	13
2.4. Kompozit Resinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri.....	14
2.4.1. Kaba bitirme işlemi.....	15
2.4.2. Kontur Verme	15
2.4.3. İnce Bitirme	15
2.4.4. Cila	15
2.5. Renk Kavramı.....	15
2.5.1. Işık kaynağı.....	16
2.5.2. Cisim.....	16
2.5.3. Gözlemci.....	17
2.5.4. Optik özellikler	18
2.5.4.1. Işığın emilimi	18
2.5.4.2. Işığın yansıması	18
2.5.4.3. Işığın kırılması	19
2.5.5. Opasite	20
2.5.6. Opalesans	20
2.5.7. Translusensi.....	20
2.5.8. Transparanlık.....	20

2.5.9. Fosforesans	21
2.5.10. Floresans	21
2.5.11. Metamerizm.....	21
2.6. Kompozit Rezinlerde Görülen Renklenmeler.....	22
2.6.1. İç renklenmeler:	22
2.6.2. Dış Renklenmeler	24
2.7. Renk Analiz Sistemleri.....	24
2.7.1. Munsell Renk Sistemi	25
2.7.1.1. Ana renk (hue).....	25
2.7.1.2. Parlaklık (value)	26
2.7.1.3. Doygunluk (chroma)	26
2.7.2. CIE L*a*b* Renk Sistemi	27
2.8. Dış Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri	29
2.8.1. Görsel renk ölçümü.....	29
2.8.2. Renk skalaları.....	29
2.8.3. Aletli renk ölçümü.....	30
2.8.3.1. Spektrofotometre.....	30
2.8.3.2. Kolorimetre	30

2.9. Yüzey Pürüzlüğü	32
2.9.1. Profilometreler	32
2.9.1.1. Mekanik profilometreler	32
2.9.1.2. Optik Profilometreler	33
3. MATERYAL METOD	33
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.1.1. Kompozit dolgu materyalleri	33
3.1.1.1 Omnichroma (Tokuyama, JAPAN).....	34
3.1.1.2 Harmonize (Kerr, ABD)	34
3.1.1.3. Zenit (President, Almanya)	34
3.1.2. Çalışmada kullanılan bitirme ve cila malzemeleri.....	35
3.1.2.1. Opti Disc bitirme ve cila seti (Kerr, ABD)	35
3.2. Renk Değişimi ve Yüzey Pürüzlülüğü	36
3.2.1. Örneklerin hazırlanması	36
3.2.1.1 Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan kahve (nescafe classic,türkiye)	38
3.2.1.2. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan kola (Coca Cola, Türkiye).....	38

3.2.1.3. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan portakal suyu (Cappy,Türkiye)	39
3.2.1.4. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan distile su.....	39
3.2.2. Kompozit gruplarının oluşturulması ve solüsyon uygulanması	40
3.2.3. Kompozit örneklerin başlangıç pürüzlülük ve renk ölçümleri	40
3.2.3.1. Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü değişimi ölçümü	40
3.2.3.2. Kompozit örneklerin renk değişimi ölçümleri.....	41
3.3. İstatistiksel Değerlendirme	42
4.BULGULAR	42
4.1. Pürüzlülük.....	42
4.2. Renk Değişimleri	46
5. TARTIŞMA	60
6. SONUÇ.....	73
7. KAYNAKÇA	74

TABLÖLAR

Tablo 2.1. : Kompozitlerin doldurucu partikül büyüklüğüne göre sınıflandırılması	5
Tablo 2.2. ΔE Değerleri ve Klinik Renk Eşleşmesi	28
Tablo 3.1. Kompozit materyallerin özellikleri.....	34
Tablo 4. 1. İşlem öncesi ve sonrası pürüzlülük düzeylerinin karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.2. Kompozit Dolgu Materyali ve Renklendirici Solüsyonlara Göre Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırma Sonuçları.....	46
Tablo 4.3. Kompozit dolgu materyallerine göre kompozitlerin renk değişimlerinin karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.4. Renklendirme solüsyonlarına göre kompozitlerin renk değişimlerinin karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.5. Her Bir kompozit dolgu materyali renk değişimlerinin farklı solüsyonlara göre ΔL, Δa, Δb ve ΔE değerleri üzerinden karşılaştırılması.....	55
Tablo 4.6. Kullanılan renklendirici solüsyonlara göre kompozit dolgu materyalleri renk değişimlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları.....	58

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Omnichroma ve diğer üreticilerin kompozit rezinlerinde kullanılan doldurucuların SEM görüntüleri	13
Şekil 2.2. A1 renk tonu kompozit kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi	14
Şekil 2.3 Omnichroma kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi.....	14
Şekil 2.4. Doğal Dişte Işığın Yansıma, Kırılma ve Saçılması.....	19
Şekil 2.5. Munsell renk sistemi	25
Şekil 2.6. Munsell Renk Sisteminde Value Değerleri	26
Sekil 2.7. Doygunluk (Chroma).....	26
Şekil 2.8. CIE L*a*b* Üç Boyutlu Renk Sistemi.....	27
Şekil 2.9. Kolorimetre Cihazı	31
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit materyaller.....	33
Şekil 3.2. Kompozit örnekler için 6x2 mm boyutunda hazırlanan silindirik metal kalıp.	36
Şekil 3.3. Diyot (LED) ışık cihazı (Monitex Blue Lex GT-1200).....	36
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kahve, distile su, kola ve portakal suyu.....	37
Şekil 3.5. Örneklerin gruplandırılması.....	37
Şekil 3.6. Nescafe Classic, Nestle, İsviçre.....	38
Şekil 3.7. Coca Cola.....	39
Şekil 3.8. Cappy portakal suyu.....	39

Şekil 3.9. Perthometer M2 (Mahr,Germany) profilometre cihazı.....	41
Şekil 4.1. Harmonize kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği.....	44
Şekil 4.2. Omnichroma kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği	44
Şekil4.3. Zenit kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği	45
Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozitlerin ΔL grafiği.....	48
Şekil 4.5. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozit – Δa grafiği.....	48
Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozit – Δb	49
Şekil 4.8. Çalışmada kullanılan kompozitlere ait ΔL – solüsyon grafiği.....	50
Şekil 4.9. Çalışmada kullanılan kompozitlerin Δa – solüsyon grafiği.....	51
Şekil 4.10. Çalışmada kullanılan kompozitlerin Δb – solüsyon grafiği.....	51
Şekil 4.11. Çalışmada kullanılan kompozitlerin ΔE – solüsyon grafiği.....	52

SİMGE ve KISALTMALAR

% :Yüzde

< :küçüktür

> :büyüktür

°C : Derece Celcius

°K : Derece Kelvin

4-META : 4-Metakriloksietil Trimellitat

10-MDP : 10-Metakriloksidesil Dihidrojen Fosfat

a* : CIE Lab Renk Sistemi, Kırmızı-Yeşil koordinatı

AFM : Atomik Kuvvet Mikroskobu

ANOVA : Analysis Of Variance (Varyans Analizi)

b* : CIE Lab Renk Sistemi, Sarı-Mavi Koordinat

BDDMA : Diuretandimethakrilat, Butanedioldimethakrilat

Bis-EMA : Bisfenol-A-polietilen glikol dieter metakrilat

Bis-GMA : Bisfenol-A-glisidil metakrilat

Bknz : Bakınız

CAD : Computer aided design

CAM : Computer aided manufacturing

CIE : Commission Internationale de l'Éclairage

cm² : Santimetrekare

CQ : Kamferokinon

GPDM : Gliserofosfatdimetakrilat

Gr : Gram

HEMA : Hidroksietil metakrilat

L* : CIE Lab Sistemi renk değeri koordinatı

LED : light-emitting diode

LED :Light-Emitting Diode

Maks.:Maksimum

MDPB : Metakriloiloksidesil-piridinyum bromür

Min.:Minimum

mm : Milimetre

MMA : Metilmetakrilatlar

n : Kırılma indeksi
nm : Nanometre
Nm : Nanometre
nm : Nanometre
Ort : Ortalama
PEGDMA : Polietilen glikol dimetakrilat
PENTA : Pentaeritritol penta akrilat monofosfat
pH : Asit-Baz değeri
PMMA : Polimetilmetakrilattan
QAM : Kuarterner amonyum metakrilatların
QTH : kuartz-tungsten-halojen
Ra : Yüzey pürüzlülüğü
Rh : Rhesus
Rpm : Devir/Dakika
Sa : Saat
SEM : Taramalı elektron mikroskobu
Sn : Saniye
SPSS : Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi
SS : Standart sapma
TEGDMA : Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA : Üretan dimetakrilat
Uv : Ultraviole
VITA :
 ΔE : Renk değişikliği
 μm : Mikrometre

1.GİRİŞ ve AMAÇ

Estetiğe olan ilginin artmasıyla birlikte hastaların daha uzun ömürlü estetik restorasyonlara talepleri de artmıştır. Bu nedenle diş rengi ile uyumlu kompozit rezinler, hekimler tarafından sıklıkla tercih edilir hale gelmiştir (1). Başarılı bir estetik restorasyon için kullanılan kompozit rezinin renk stabilitesi çok önemlidir. Kompozitlerin renk değişimi endojen, eksojen ve/veya idiyopatik kökenli olabilir. Endojen faktörler, matriksin kimyasal değişimi, polimerizasyon derecesi, dolgu partiküllerinin miktarı, boyutu ve dağılımı gibi malzemenin yapısı ile ilgilidir. Diğer yandan, oral hijyen, sigara ve beslenme ile ilgili dış kaynaklardan ekzojen faktörler sorumludur (2). Renklenmenin derecesini etkileyen yetersiz polimerizasyon, su emilimi, kimyasal tepkime, beslenme alışkanlıkları, ağız hijyeni ve restorasyonun yüzey düzgünlüğü gibi iç ve dış kaynaklı birçok faktör vardır. Kompozit materyal yapısından kaynaklanan renk değişiklikleri iç renklenmeler, restorasyonun uygulanması sırasında gerçekleşebilen hekim hatalarından kaynaklanan renk değişiklikleri ise dış renklenmeler olarak sınıflandırılır (3).

Kompozit materyallerin renklenmelerinde, doldurucuların da önemli etkileri vardır. Düşük doldurucu içerikli kompozit materyallerin renk stabilitelerinin daha az olduğu bilinmektedir. Rezin kompozitin aşınması sonucu doldurucular rezin matriksten ayrılabilir. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğünün artmasıyla restorasyonda dış renklenme oluşabilir (4). Hibrit kompozitlerin farklı büyüklükte doldurucu partikül içeren kompozit rezinlere oranla yüksek oranda renklendikleri bildirilmiştir (5). Günümüzde geliştirilen yüksek estetiğe sahip supra-nano, submikron hibrit, nanohibrit, nano seramik ve mikrohibrit kompozitlerin anterior ve poterior dişlerin tedavisinde kullanımı yaygınlaşmıştır (6).

Son zamanlarda aynı boyuttaki 260 nm supranano küresel doldurucular ile elde edilen omnichroma universal kompozit piyasaya sürülmüştür. Omnichroma çoğu direk restoratif klinik vakada kullanılmak üzere tasarlanmış, en geniş ton ve renk aralığıyla en yüksek kromatik eşleşme kapasitesine sahip ve bu sayede yalnızca

tek bir kompozit renk tonuyla klasik VİTA tonlarını kapsayan yapısal olarak renklendirilmiş üniversal kompozittir. Tüm bunlar renge ‘‘fiziksel’’ boyutunu veren Akıllı (smart) Kromatik Teknoloji sayesinde. Akıllı Kromatik Teknoloji’si Omni chromada bulunan aynı boyuttaki 260 nm supra nano küresel doldurucularla elde edilir. Bu teknoloji sayesinde tek bir renk tonunu kapsayan çok çeşitli renk eşleşme özelliğini sunar. Bu teknoloji kompozit rezinde ana renk mekanizması olarak yapısal rengi benimseyen ilk teknolojidir. Hiç renk veya pigment eklenmemiştir ve partiküllerin kendisi, çevre dişlerin rengiyle birleşerek kırmızıdan sarıya yapısal renk oluşturur (4).

Renk değişikliklerinin değerlendirilmesinde Munsell Renk Sistemi ve Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) Renk Sistemi (CIELab) kullanılmaktadır. CIE Lab renk sisteminde L*, a* ve b* olarak üç koordinat bulunmaktadır (7). Kompozit rezinlerin estetik olarak başarılı olmasında renk stabilitesi kadar yüzey pürüzlülüğü de önemli yer tutmaktadır. Kompozit rezin restorasyonların içeriğindeki monomer tipi, doldurucuların şekli, boyutu ve polimerizasyon derinliği yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli faktörlerdir. Pürüzlü bir restorasyon yüzeyi renklenmeye, aşınmaya, plak birikimine, parlaklık kaybına ve diş eti irritasyonlarına sebep olabilmektedir (8). Yüzey pürüzlülük değerlerine ilişkin bazı eski kaynaklar 0.7-1.4 µm Ra değerleri arasında olanların plak birikimi açısından risk oluşturmadığı bildirilmişken güncel çalışmalarda ise 1 µm den küçük Ra değerlerindeki restoratif materyallerin pürüzsüz bir yüzey sergiledikleri ifade edilmektedir (9,10).

Çalışmamızın amacı Akıllı Kromatik Teknoloji ile üretilmiş yeni bir kompozit rezin olan sferik partiküllü *Omnichroma*, nanoseramik partikülleri içeren *Zenit* ve nanohibrit partikülleri içeren kompozit olan *Harmonize*’ın yüzey ve renk stabilitelerini değerlendirmektir.

Çalışmamızın sıfır hipotezi farklı içeceklerde bekletilen akıllı kromatik kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişiminin diğer kompozitlere göre anlamlı farklılık göstermeyeceğidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinlerin Gelişimi ve Yapısı

Kompozit, kelime anlamı olarak metal, seramik, polimer gibi iki veya daha fazla materyalin karışımıdır. Diş hekimliğinde kullanılan kompozitler dimetakrilat yapıda rezin monomerlerle oluşan çapraz bağlı polimer matrikse bağlanmış güçlendirici inorganik doldurucular ve silandan oluşmaktadır (11).

Diş hekimliğinde kompozit terimi ilk defa 1962 yılında R. Bowen tarafından tanıtılmıştır. Kompozit rezinler diş rengini taklit edebilmelerinin yanı sıra amalgam yapısındaki gibi civa içermemeleri, düşük ısı iletkenlikleri, diş dokularına bağlanabilmeleri, kalan diş dokusunu desteklemeleri ve restorasyonun tek seansta bitirilebilmesi gibi avantajları sebebiyle hekimler tarafından sıklıkla uygulanmaktadır. Diş hekimliğinde kompozit rezinler organik matriks fazı (polimer matriks), inorganik faz (doldurucu faz) ve ara faz (bağlayıcı faz, silan) olarak 3 ana fazdan oluşmaktadır (12).

2.1.1. Organik faz (continous phase)

Bu faz monomer, polimerizasyon başlatıcılar, komonomer ve inhibitörler ile birlikte ultraviyole (UV) stabilizatörlerin oluşturduğu fazdır (13). Kompozit rezinler ana temelde inorganik doldurucu partikülleri çevreleyen rezin matriksten oluşmaktadır (14). Polimerize olmamış kompozit rezinlerin akışkanlık özelliğinden TEGDMA, Bis-GMA, UDMA, MMA olarak sıralayabileceğimiz monomerler sorumludur. UDMA (üretan dimetakrilat) 'nın adezyonu ve renk değişimine direnci daha yüksektir. Bis-GMA'ya (Bisfenol-A-glisidil-metakrilat) ait yapının yerine UDMA'da izosiyanat grubu bulunmaktadır. Bu iki monomerin molekül ağırlıkları yüksektir ve oldukça visközdür. Bunu önlemek amacıyla alifatik yapıdaki düşük viskoziteli bir başka çift fonksiyonel komonomer olan MMA (metil metakrilat) veya TEGDMA (triethilen glikol dimetakrilat), EGDMA (etilen glikol dimetakrilat) ile seyreltilmektedirler (15).

İnhibitör olarak tanımlanan fenol türevi bileşikler materyalin ısı, ışık ve kimyasal yollarla kendiliğinden polimerize olmasını engellemek için organik matrikse ilave edilmektedir. Dibenzol peroksit otopolimerizan kompozitlerde başlatıcı iken, aromatik tersiyer aminler hızlandırıcıdır. Işıkla polimerize olan kompozitlerde ise 450-500 nm dalga boyunda ışığı absorbe ederek etkisini gösteren kamferokinonlar başlatıcıdırlar (13).

Işıkla aktivasyon yaklaşık 470 nm dalga boyundaki ve mavi olan ışık ile gerçekleştirilir. Üretici tarafından % 0,2-% 1 arasında monomere eklenen kamferokinon ile bu ışık absorbe edilerek aktivasyon sağlanmaktadır. Bu reaksiyon, karbon çift bağları içeren organik amin varlığında daha hızlı gerçekleşmektedir. Oligomer oda sıcaklığında saklanır ve ışığa maruz kalmaz ise içerdiği amin ve kamferokinon da stabildir (16).

Kimyasal aktivasyonda ise polimerizasyon, organik peroksitin organik aminle reaksiyona girerek serbest radikallerin oluşması ve onların da karbon çift bağlarıyla reaksiyona girmesi sonucu oda sıcaklığında gerçekleşmektedir (6).

2.1.2. İnorganik faz

Kompozit rezinin, maruz kaldığı kuvvetlere karşı dayanıklılığını artırmak için organik matrikse, farklı doldurucu partiküller ilave edilmiştir. Bu partiküller organik matriks hacmin ile polimerizasyon büzülmesini azaltılmış ve manipülasyonu kolaylaştırılmış olur (13). Bu faz, matriks içerisine dağılmış farklı şekil, yapı ve büyüklükte çinko, cam partiküller, kuartz (kristalin silika), lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, yitrium cam, hidroksiapatit ve borosilikat cam doldurucuları içerir. İnorganik doldurucu partiküllerin boyut, çeşit ve miktarı kompozitin tipini ve klinikte kullanım alanını belirlemektedir (17).

2.1.3. Ara faz

Bağlayıcı bir ajan olan organosilan bileşikleri ile gerçekleştirilen doldurucu ve partiküllerin birbirine iyi bağlanmasını sağlayan işlem silanizasyon olarak adlandırılmaktadır (18). Silan, doldurucu partiküllerin restorasyon yüzeyinden kopmasına engel olarak bağlantı streslerinin rezin matriks ve doldurucular arasında paylaşılmasını sağlar. Kompozitlerde silika partikülleri silan bağlanma ajanlarıyla önceden kaplanmıştır ve bu yapı doldurucuların yüzeyindeki su ve hidroksil gruplarını absorbe ederek yüzeyi esterleştirirler ve organik matriksin metakrilat grubuyla kovalent bağ yapmaktadırlar (15).

2.2. Kompozit Rezınlerin Sınıflandırılması

Kompozitlerin ilk sınıflandırılması *Lutz ve Phillips* tarafından doldurucu boyutları göz önüne alınarak yapılmıştır (19). Daha sonraları doldurucu boyutlarına göre kompozit rezinlerin sınıflandırılmasının sebebi, doldurucu boyutlarının polimerizasyon derinliğini ve fiziksel özelliklerini etkilemesi dolayısıyla mekanik özellikleri hakkında bilgi vermesidir (Tablo 2.1.)(14).

Tablo 2.1. : Kompozitlerin doldurucu partikül büyüklüğüne göre sınıflandırılması

İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüğü ve Yüzdelerine Göre		
Rezin	Partikül Büyüklüğü(μm)	Partikül Yüzdesi (% ağırlık)
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
Polimerizasyon Yöntemlerine Göre		
Kendi kendine kimyasal yolla polimerize olan kompozitler (Chemical-cured)		
Işık aktivasyonu ile polimerize olan kompozitler (Light-cured)		
Kimyasal ve ışık aktivasyonu yolu ile polimerize olan kompozitler (Dual-cured)		
Akıcılıklarına Göre		
Akışkan Kompozitler (Flowable)		
Kondanse Edilebilen Kompozitler (Condansable-Packable)		

2.2.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüklerine ve Yüzdelere Göre Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

2.2.1.1. Makrofil Kompozitler

Geleneksel kompozit olarak adlandırılan ve ilk olarak 1960’larda geliştirilen makrofil kompozitlerin doldurucu partikülleri 10-100 µm arasındadır (14). Makrofil kompozitlerin inorganik doldurucu partikülleri olan kuartz yapısının büyük olması organik matriksin daha kolay aşınmasına yol açmakta ve renklenmelere neden olmaktadır (20).

2.2.1.2. Megafil Kompozitler

Bu kompozit rezinlerin inorganik doldurucu partikül büyüklüğü 50-100 µm dir (15).

2.2.1.3. Minifil Kompozitler

0,1-1 µm arasında inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne sahip olan minifil kompozitlerin partikülleri çok sayıdadır ve makrofil kompozitlere göre daha küçüktür. Bu sayede daha pürüzsüz bir yüzey elde edilmesine olanak verir radyoopasiteye ve aşınmaya karşı direnç artmıştır (15).

2.2.1.4. Mikrofil Kompozitler

Farklı modifikasyonlarda doldurucu eklenmiş olan bu kompozitler “Heterojen Kompozit” olarak adlandırılır. Mikrofil kompozitlerin partikül büyüklüğü 0,04-0,4 µm’dir (21). Önceden polimerize edilmiş kompozit partikülleri vizkositesilerini azaltmak için, öğütülerek 1-20 µm büyüklüğünde partiküller olarak doldurucu olarak matrikse katılmaktadır. Böylece organik doldurucular diye de adlandırılan bu partiküllerin miktarı arttırılmıştır (20). Sınıf V, stres almayan III ve I. sınıf restorasyonlarda kullanımı endike olmasına rağmen kırılma dayanıklılığının az olması sebebiyle sınıf II ve geniş sınıf I restorasyonlarda kullanılmamaktadırlar (22).

2.2.2. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyon Şekillerine Göre Sınıflandırılması

2.2.2.1. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Her bir bileşenin doldurucu ile birlikte rezini yapısında barındırdığı baz ve katalizör kısımları vardır. polimerizasyonun başlamasından sorumlu yapı benzoil peroksit, polimerizasyonu hızlandıran yapı ise tersiyer amindir. Bu bileşenlerin karıştırılmasıyla başlayan polimerizasyonda eğer karışım homojen olmaz ise kompozitin fiziksel özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Bunun yanı sıra tersiyer aminlerin kimyasal değişikliğe uğraması sonucu amin renklenmesi görülmektedir (23).

2.2.2.2. Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Polimerizasyonu başlatmak için bir ultraviyole ışık, başlatıcı olarak da benzoil alkil eterin kullanıldığı sistemlerdir. Tek fazlı olan bu sistemlerde aktivatör ve başlatıcı etkileşince polimerizasyon başlamaktadır (24).

2.2.2.3. Hem Kimyasal Yolla Hem de Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Polimerizasyonun ışıkla başlayıp daha sonra kimyasal olarak devam ettiği sistemlerdir. 2 mm'yi aşan kalın rezin uygulamalarında ve de girişin zor olduğu interproksimal alanlarda polimerizasyonun sadece Işıkla sağlanamayacağı durumlarda kullanılması uygundur (15).

2.2.3. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezinin Sınıflandırılması

2.2.3.1. Akışkan kompozitler

Akışkan kompozitlerin rezin oranı fazla, partikül boyutu küçük ve doldurucu oranları düşüktür. 1995 yılından beri kullanılan bu materyaller mikrofil ve hibrit kompozit rezinlere göre manipülasyonunun kolay olması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu materyaller, kolay ulaşabilmesi nedeniyle sıg yüzeylere veya

undercut'lı kavite kenarlarına, stres önleyici olarak eski restorasyonların tamirinde, minimal invaziv kavite preparasyonlarında kaide materyali olarak uygulanabilmektedirler (25).

2.2.3.2. Kondanse edilebilen kompozitler (Condansable Packable)

Amalgama alternatif olarak ve arka bölge dişlerin restorasyonları için geliştirilmiş yüksek viskoziteli kompozit rezinlerdir. Sıkışıkça doldurma anlamına gelen “packable” kompozit olarak da adlandırılmaktadırlar. Doldurucu partikül miktarı fazladır ve partikül dağılımlarının da daha fazla olması sebebiyle hibrit kompozit rezinlere göre viskoziteleri arttırılmıştır. Her tabakanın tabakalama tekniği ile yerleştirilmesi ve ışınlanması gerekmektedir. Kondanse edilebilir kompozit rezinlere göre hibrit kompozit rezinlerin cilalanma özellikleri dolayısıyla estetik özellikleri daha üstündür. Sıkıştırılabilme özellikleri sayesinde Sınıf II kavitelerde aproksimal kısımlarda kullanılabilmesi önemli bir avantajdır (15,26).

2.3. Güncel Kompozit Resin Sistemler

2.3.1. Nanokompozitler

Nanoteknoloji; molekül mühendisliği olarak da adlandırılmaktadır. 0,1 ile 100 nanometre (nm) aralığında yapıları içermektedir ($1\text{nm}=1/1000\ \mu\text{m}$). Mikrofil dolduruculu kompozit rezinler iyi polisaj özelliklerine sahiptirler ancak dayanıklı olmadıklarından dolayı, posterior restorasyonlarda yeterli değildirler. Hibrit kompozitler, mikrofiller kadar iyi polisajlanamazlar fakat çiğneme kuvvetlerine daha dirençlidirler. Mikrofil kompozitlerin ve hibrit kompozitlerin bu iyi özelliklerini barındıran ve tüm yüzeylerde uygulanabilen bir kompozit resin materyal geliştirmek için önce nanomerler daha sonra da gelişmiş metakrilat ve ışıkla sertleşen nano kompozitler geliştirilmiştir (27).

Kompozit rezinlerin doldurucu partiküllerin boyutu, bileşimi yüzey pürüzlülüğünü etkiler ve dışsal renklenmelerle ilişkidirler. Küçük partikül boyutuna sahip nanokompozitlerde bu nedenle daha düzgün ve üstün bir yüzey elde edilmesi

ve daha az yüzey renklenmeleri oluşması beklenmektedir (3). Nanodoldurucular genel olarak, pigmente olmayan dental kompozitlerde arzu edilen düşük görsel opasiteyi sağlarlamaktadırlar. Transludent ve opaklığı sağlayan tabakalama özelliği sayesinde çok geniş bir renk aralığı sağlar ve daha estetik restorasyonlara olanak vermektedirler (28). Bu nedenle, doldurucu partiküllerin boyutlarını azaltarak ve doldurucu partiküllerin miktarını arttırarak kompozit rezin restorasyonlarda daha düzgün yüzeyler elde edebilmek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır (29). Yapılan çalışmalarda, doldurucu partikülleri küçültülerek günümüze gelmiş nanokompozit materyallerin renkleşmeye karşı daha dirençli olduğu bildirilmektedir (30).

2.3.2 Hibrit kompozitler

Hibrit kompozitler büyüklükleri birbirinden farklı doldurucu partiküller içermektedirler. Partiküllerinin; büyüklüğü makro partiküllü rezinlerden daha küçük, miktarı mikro partiküllü rezinlerden daha fazladır. Dolduruculara silanizasyon dışında farklı bir işlem yapılmaksızın monomer matrikse katılmıştır bu nedenle homojen kompozitler olarak da adlandırılmaktadırlar. Büyük partikülleri minifil düzeyinde ise kompozit rezin minifil hibrit olarak adlandırılır yani isim belirleyicisi yapısındaki en büyük partiküldür ve küçük partiküller karışımın ikinci komponentleridir. Doldurucu partiküller büyük partiküller arasına rastgele dağılmış olması yüzey düzgünlüğünü saplamaktadırlar. Ön bölgelerde sınıf III, IV ve V kaviterlerde, kompozit veneerler olarak kullanımı uygundur (15).

2.3.3. Ormoserler

Ormoserler, organik modifiye seramik kelimelerinin ilk hecelerinden oluşmaktadırlar. Ormoser materyalinde kompozitlerin organik matriksinde yapısal değişiklikler yapılmıştır. Ormoserlerde, çok fonksiyonlu üretilen ile tioeter oligo metakrilat alkoksisisilanın inorganik-organik kopolimerleri oluşur ve aşınmaya karşı oldukça dirençlidirler. Ormoserler organik matrikslerinde esas komponent olarak metakrilat polisiloksan kullanılması neticesinde dimetakrilat monomerleri azaltılmıştır ve bu olay geleneksel kompozite göre allerjik reaksiyon görülme olasılığını azaltmaktadır (31).

Ormocerlerin yapısında SiO₂ den oluşan inorganik iskelet mevcuttur. Bu yapı termal genleşmeden ve elastikiyetinden sorumludurlar. Metakrilat, organik birimleri oluşturur polimerize olabilen bu gruplar; polimerizasyondan, sertlikten ve optik özelliklerden sorumludurlar (32). Ormocerin polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci, biyouyumlu bir materyal olması ve çürüklere karşı koruyucu olması önemli avantajlarındandır (31).

2.3.4. Giomerler

“Giomer” adı, “Glass ionomer + polimer” kelimelerinden türetilmiştir. Giomer, yapısında aktif cam iyonomer partikülleri ihtiva eden, flor salabilen ve ışıqla sertleşen restoratif bir materyaldir. Bir asit-baz reaksiyonu sonucu PRG (pre-reacted glass ionomer) partikülleri, fluoroaluminasilikat cam partikülleri ile polialkenoik asit arasında sulu ortamda oluşturulmaktadır. PRG partikülleri iki farklı formda bulunmaktadır. Bu iki form, yüzey aktif (S-PRG) ve tüm partikül aktif (F-PRG)’dir. Cam iyonomer siman yapısında olan PRG partikülleri flor salınımından sorumludurlar. Giomerler, kompomerler gibi ışıqla sertleşmektedir ve diş dokusuna adezyon için bir bağlayıcı sisteme ihtiyacı bulunmaktadır (32). İn-vitro çalışmalarda, ilk günlerde flor salınımının oldukça az olduğu fakat 21 gün sonunda flor salınımının artış gösterdiği belirtilmektedir (33).

2.3.5. Siloranlar

Siloranlar; Siloksan ve oksiran içermektedirler. Hibrit monomer sistemlerdir. Dimetakrilat monomerlerin serbest radikallerinin polimerizasyonu yerine siloranların halka-açılımı polimerizasyonu ile oluşturulurlar (34). Bis-GMA, UDMA, TEGDMA gibi çeşitli metakrilat monomerlerden oluşan rezin matris yapısına sahip kompozit rezinler polimerizasyon büzülmesine ve strese neden olmakta dolayısıyla sızıntı, sekonder çürük, hassasiyet, renklenme ve çatlak oluşumu gibi problemler görülmektedir. Siloksanın hidrofobik özelliği ağız içinde kompozit rezinin uzun dönem mekanik dayanıklılığını sağlamaktadır. Polimerizasyonları sırasında monomerler açılarak düzleşirler ve bağlanırlar. Sonuçta da metakrilat esaslı

kompozitlerle karşılaştırıldığında daha az büzülmenin gerçekleştiği, bu dezavantajların azaltıldığı siloran esaslı sistemler oluşturulmaktadır (35).

2.3.6. Bulk-fill kompozit rezinler

Bulk-fill kompozit rezinler, tek tabakalı (bulk) olarak uygulanmasıyla klinik çalışma süresi azalmıştır. 4 mm derinliğinde uygulanabilen bu materyalin inorganik yapısında bulunan baryum ve ytterbiyum partikülleri radyoopasiteyi arttırırlar ve ışık cihazının etkisinin derinlere ulaşabilmesini sağlarlar (36). Işık cihazının polimerize edici etkisinin daha derinlere ulaşmasını içerdikleri, ytterbiyum triflorid, baryum alüminyum silikat cam, zirkonyum silika partiküller translusentlikleri arttırarak sağlanmaktadır (37).

Bulk-fill kompozit rezin sistemlerin diğer avantajları kompozit tabakasının adaptasyonunun daha iyi sağlanarak, tabakalar arasında boşluk oluşmaması, yeterli aşınma direnci, yeterli radyoopasite, iyi polisajlanabilirlik ve bu sayede estetik özellikler göstermesidir (38).

2.3.7. Antibakteriyel kompozit rezinler

Antibakteriyel etki amacıyla rezinine eklenen antimikrobiyal ajanlar; iyon salan (releasing), iyon salmayan (non-releasing) ajanlardır. Klorheksidin (CHX) ve gümüş (Ag) partikülleri birçok çalışmalarla ajan olarak kullanılmaktadır (39,40).

CHX sitoliz veya apoptozu indüklemek için çok etkin olmamasına rağmen bakteriyel hücrelerin dış hücre zarı hasar görmektedir. 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 ve bu olay kovalent bağlı (“hareketsiz” ve “salınmayan”) ajanlar ile giderilebilir. Bu olay rezin matrisinde kuarterner amonyum metakrilatların (QAM) kopolimerleştirilmesi sayesinde olmaktadır. Metakriloiloksidodesil-piridinyum bromür (MDPB)

bakterilere karşı güçlü bir temas inhibisyonu sağlaması amacıyla kopolimerleştirilmiştir (41).

2.3.8. Self-adeziv kompozit rezinler

Self adeziv kompozit rezinler diş dokularına kendiliğinden tutunan, akışkan kıvamda olan adeziv içeren rezinlerdir. Küçük sınıf I ve V kaviteler, servikal lezyonlar ve porselen tamirlerinde kullanılırlar. İçeriğinde pürüzlendirmede görevli fonksiyonel monomer GPDM (gliserofosfatdimetakrilat) ve ıslanabilirlikle birlikte rezin penetrasyonunu da arttıran bir başka fonksiyonel monomer olan HEMA (hidroksietil metakrilat) mevcuttur (42,43). Self adhering kompozitlerin yapısında asidik yapıda 4-metakriloksietil trimellitat (4-META) ve fosforik asit olan 2-(metakriloyloksietil dihidrojen fosfat (10-MDP) ve de pentaeritritol penta akrilat monofosfat (PENTA) bulunmaktadır (44).

2.3.9. Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler

Fiber ilave edilmiş kompozit olan bu rezinler dentin dokusunun stres absorbe etme özelliğini taklit eder ve bu nedenle büyük sınıf II restorasyonlarında endikedir. Fiberlerin, kompozit rezin yapısında çatlak ilerlemesini durdurduğu veya önlediği belirtilmiştir (45). Yapılarında; kompozit rezinin mekanik özelliklerini geliştirmek için cam fiber, poliestere fiber, karbon fiber, aramid fiber ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen fiber gibi farklı özellikte fiber tipleri bulunmaktadır (46).

2.3.10. Nanoseramik kompozitler

Günümüzde yapısındaki nano doldurucu ve geleneksel cam partiküllerine ilaveten seramik partiküllere de sahip olan nanoseramik kompozitler tercih edilebilmektedir. Nanoseramik kompozitlerin yapısındaki partiküller organik matriks içerisine homojen olarak dağınık bir halde bulunurlar. Seramik nanopartiküller organik olarak modifiye edilmiştir ve bir polisiloksan omurgasından oluşmaktadır. Diş hekimliğinin sektöründe kullanılmayla beraber, bu modifiye edilmiş seramikler, aşınmaya karşı yüksek direnç, korozyona ve çizilmelere karşı dayanıklılık nedeni ile kaplama olarak çeşitli endüstriyel alanlarda tercih edilmektedirler (47).

2.3.11. Akıllı (Smart) monokromatik kompozitler

Günümüzde ideal materyale ulaşılması amacıyla tüm gereksinimleri karşılayacak tek bir malzeme henüz mevcut olmasa dahi çalışmalar devam etmektedir. Bu amaçla geliştirilen malzemeler, kalan diş yapısını başarabildiği ölçüde desteklemektedir ve "smart" olarak adlandırılmakta olan bu materyaller sıcaklık, nem, pH, stres gibi etkenler ile değiştirilebilmektedir. Bunlardan bazıları mine, dentin gibi doğal diş yapılarını taklit etme özelliklerine sahiptir (48).

Yalnızca tek kompozit renk tonuyla klasik VİTA tonlarını içeren yapısal olarak renklendirilmiş üniversal olarak üretilen kompozitler renge "fiziksel" boyutunu veren, akıllı (smart) kromatik teknolojisine sahiptir. Yapısında aynı boyuttaki 260 nm supra nano küresel doldurucular bulunan ve piyasaya "Omnichroma" adıyla sunulmuş olan kompozit rezin, akıllı kromatik teknoloji ile üretilmiştir. Bu teknoloji sayesinde tek bir renk tonunu kapsayan çok çeşitli renk eşleşme özelliğini sunar (Şekil 2.1.) (49).

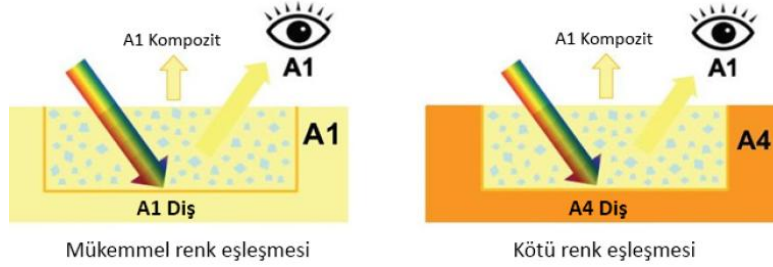


Şekil 2.1. Omnichroma ve diğer üreticilerin kompozit rezinlerinde kullanılan doldurucuların SEM görüntüleri (50).

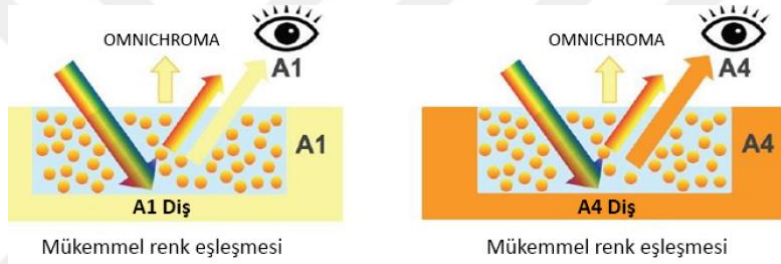
Omnichroma'nın, sarıdan kırmızıya kadar doğal dişlere benzer yapısal bir renk oluşturarak başarılı bir renk eşleşmesi sağlamakta olduğu belirtilmektedir.

Şekil 2.2.'de boya, pigment eklenerek elde edilen kimyasal renklerin kullanıldığı geleneksel kompozitlerde renk eşleşme görüntüsü izlenmektedir. Bu doğrultuda doğru renk tonu seçilirse başarılı renk eşleşmesi elde edilebileceği belirtilmektedir. Şekil 2.3.'te ise, Omnichroma için renk eşleşme görüntüsü gösterilmektedir. Yapısal renk, sadece ışığın fiziksel özellikleriyle (kırınma, kırılma, saçılma vs.) ifade edilmektedir. Bu sarıdan kırmızıya yapısal renk meydana

getirirken, eklemeli renk karışımı sürecinde yanındaki dişin rengi ve de yansıyan ışığı ile birleşerek Omnichroma'nın doğal dişlere uyum sağlama başarısını arttırmaktadır. Yapısal rengin bu sistemle kullanılması sonucu, pigment ve boya kullanımı bu sistemde gereksiz hale gelmektedir.



Şekil 2.2. A1 renk tonu kompozit kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi (50)



Şekil 2.3 Omnichroma kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi (50)

2.4. Kompozit Rezinlerde Bitirme ve Cila İşlemleri

Bitirme; dişin anatomik şeklinin oluşması için restorasyon yüzeyindeki fazlalıkların alınması olarak tanımlanırken bitirme işlemleri sırasında oluşan çiziklerin ve yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ise cila olarak ifade edilmektedir (51). Dental restorasyonların yüzey düzgünlüklerinin sağlanması ve uygun bitiminin sağlanması estetik ve gingival sağlık açısından önem arz etmektedir. Yüzeyin pürüzsüz olması gıda akümüasyonunu ve restorasyonun renklenme ihtimalini azaltarak, doğal bir görüntü elde edilmesine ve sağlıklı bir dişeti oluşmasına yardımcı olmaktadır (10). Bitirme işlemlerinin temel amacı restorasyona uygun kontür ve oklüzyon sağlamak, diş eti ile uyumlu embrasür formu vermek ve bir yüzey oluşturmaktır. Restoratif diş hekimliğinde bitirme ve cila işlemleri birbirini takip eden çeşitli basamakları kapsamaktadır (52).

2.4.1. Kaba bitirme işlemi

Bitirmenin bu aşamasında 100 µm ve üzerinde kalın grenli frez ve diskler yardımıyla aşındırma işlemi yapılmaktadır (21).

2.4.2. Kontur Verme

Estetik ve fonksiyona uygun olarak restorasyona son şeklinin kazandırılması aşamasıdır (52).

2.4.3. İnce Bitirme

Yüzey düzgünlüğünün kenar uyumunun sağlanması aşamasıdır. Kontur verme işlemi sırasında oluşan çizikler ve fazlalıklar giderilmektedir. Kullanılan aşındırıcılar 15 µm ile 100µm aralığındadır. Bu amaçla kaplı diskler, bağlı aşındırıcı aletler, ince elmas frezler ya da çok yivli bitirme frezleri kullanılmaktadır (52).

2.4.4. Cila

Son aşamada mineye yakın düzgünlükte ve parlaklıkta yüzey elde edilmesine çalışılmaktadır. Polisaj için 0,3-20 µm boyutunda partikül içeren ekstra ince aşındırıcılar kullanılmaktadır (53).

2.5. Renk Kavramı

Renk, cisimlerden yansıyan ışık enerjisinin, gözlemcinin görme yetisi ile fizikokimyasal ve psikofiziksel olarak algılanmasıdır (54). Renk algısı ışık kaynağı, cisim ve gözlemci gibi faktörlerle bağlantılı olarak farklılıklar gösterebilmektedir (55).

2.5.1. Işıık kaynağı

Işıık, dalga boyları ile oluşan elektromanyetik bir radyasyondur ve bu ışıık kırıldığında bir spektrum oluşturur. Görünür ışıık, bu elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve ultraviyole ışıınları arasındaki, 380-789 nm aralığında yer bulunmaktadır. İnsan gözü 400 nm'lik mor ve 700 nm'lik koyu kırmızı arasındaki dalga boylarına duyarlıdır ve de bu alan görünür ışıık spektrumu olarak adlandırılmaktadır (56). Işıık kaynağının spektral güç dağılımını bir ışıık kaynağından yayılan farklı dalga boyundaki ışıınlar belirlemektedir. Güneş ışığı bütün renkleri kapsayan homojen spektruma sahiptir. Homojen spektrumlu ışıınlar, renk eşleştirmesinde kullanılacak ışıık kaynaklarında istenmekte olan bir özelliktir (57). Homojen spektrumlu olmayan bir ışıık kaynağı altında cismin renklerinden enerjisi yüksek olan daha fazla yansırken, enerjisi düşük olan daha az yansır. Bu durum cismin renginin farklı algılanmasına neden olmaktadır (58).

2.5.2. Cisim

Cismin renk özelliklerini, cismin ışığı yansıtma veya absorbe etme miktarı belirlemektedir. Absorbe edilen ışığın miktarı transparan objelerin yüzeyi ve densitesi tarafından belirlenmektedir. Geçen ışığın dalga boyları algılanan rengi oluşturmaktadır. Cisim tamamen transparan ise rengi beyaz olarak algılanacak çünkü ışığın tamamı geçecektir. Cisim tamamen opak ise ışığın tamamı emilecek, cisim siyah renkte algılanacaktır. Solit bir cisim ise dalga boylarının bir kısmını absorbe ederken kalan kısmı yansıtır ve de bu durum cisim yansıyan dalga boyunun renginde algılanmaktadır (59).

Bir cisim, renk spektrumundaki kendi rengi dışındaki bütün renkleri absorbe ederken kendi rengini yansıtılmaktadır. Siyah renk, ışığın tüm dalga boylarını absorbe ederken, beyaz renk tümünü yansıtılmaktadır. Mavi renkli cisim ise mavi dışındaki bütün dalga boylarını emmektedir, sadece mavi rengin dalga boyunu yansıtılmaktadır (60).

2.5.3. Gözlemci

Cisimlerden yansıyan ışık retina üzerine geldiğinde, ışığa duyarlı sinir hücreleri olan basil ve koni reseptörleri uyarılmakta ve bu uyarılar optik sinir aracılığıyla beyne iletilmektedir (61). Retinada renkten sorumlu olan koni hücrelerinin rengi algılayabilmesi için gerekli bir eşik değeri vardır ve bu eşik değeri aşılamaz ise impluslar beyne iletilememekte ve renk algılanamamaktadır (60). Aydınlatmanın az olduğu durumlarda görmeden sadece basil hücreleri sorumludur ve bu hücreler objelerin rengini değil koyuluk-açıklığının (Skotopik görme, siyah-beyaz görme) algılanmasını sağlamaktadır. Yüksek aydınlatma koşullarında ise renk algılanmasını koni reseptörleri sağlamaktadır (fotopik görme, renkli görme). Koni reseptörleri, üç ana renk olan kırmızı, mavi, yeşil renk için özelleşmiş 3 farklı hücreden oluşmaktadır. Bu üç koni hücrelerinin ışık dalga boyu emilim eğrileri önemli ölçüde birbirlerini örterler ve görülebilir ışığın dalga boyları birden çok koniyi farklı oranlarda uyararak çok çeşitli renk tonlarının algılanmasını sağlarlar. 400-500 nm arasındaki dalga boyu mavi, 500-600 nm arası yeşil, 600-700 nm arası kırmızı olarak algılanmaktadırlar. Doğadaki bütün renkler sadece bu üç dalga boyunun farklı yoğunluklarda harmanlanmasıyla elde edilirler. Üç rengin %100 karışımıyla beyaz renk hiçbirinin olmadığı durumda ise ışıksızlık yani siyah renk ortaya çıkacaktır (62).

Renk algılamasını etkileyen diğer faktörler ışık şiddeti, renk reseptörlerinin yorgunluğu, cinsiyet, yaş, hafıza ve kültürel geçmiş olarak sıralanabilmektedir.

Renk algısı subjektif bir algıdır. Tecrübeli ve iyi eğitilmiş bir göz daha iyi neticeler alabilmektedir. Bir dişin rengi;

Işık kaynağının (ör: gün ışığı, yapay ışık) spektral enerji dağılımından, dişin spektral karakteristiğinden, ışığı emebilmesi, yayabilmesi ve geçirebilmesinden, gözün hassasiyetinden, dişin renginin belirlendiği koşullardan, (ör: siyah arka plan, kuru- ıslak zemin, açı ve ışığın yoğunluğu) etkilenmektedir (63).

Rengin karmaşık yapısını Clark 1930’lu yıllarda, “Renk de şekiller gibi üç boyuta sahiptir ancak genel bir kullanıma sahip değildir. Çoğumuz, rengin nasıl isimlendirilip ölçüleceğini bilmiyoruz. Bir başka deyişle biz dış hekimleri, bir renk sorununu çözebilecek kadar iyi eğitilmiş değiliz.” sözü ile açıklamaya çalışmıştır. 1611 yılında Sigfried Forsius tarafından 3 boyutlu olarak tanımlanan rengi, tıpkı uzunluk ve ağırlık gibi sayılar ile ifade edebilmek için birçok araştırmacı çaba göstermiştir. Bir cisme üç boyutunu veren; uzunluk, genişlik ve yükseklik kavramları biliniyor olmasına rağmen, bu boyutların renge uyarlanması oldukça karmaşıktır (60,64).

2.5.4. Optik özellikler

Bir cismin optik özelliklerini üzerine gelen ışığın yansımalarını herhangi bir şekilde etkileyen faktörler oluşturmaktadır. Renk en belirgin optik özelliktir ve bir cismin rengi, yalnızca cismin yapısındaki renklendirme maddesi ve cismin renk tonu ile değil, aynı zamanda cisim üzerine gelen ışığın ne kadar yansıdığı veya kırıldığıyla da ilgilidir. Işık geçirgenliğine göre cisimler şeffaf (transparan), yarı şeffaf (transludent) veya opak (geçirimsiz) özellikte olabilmektedirler (65).

2.5.4.1. Işık emilimi

Işık kaynağından saçılan ışınlar bir nesnenin üzerine düştüğünde, nesnenin rengi dışındaki ışık ışınları nesne tarafından emilmektedirler. Elektromanyetik spektrum içinde bütün dalga boylarındaki ışığı emen nesneler siyah olarak algılanmaktadırlar. Üzerine gelen ışık ışınlarının hepsini yansıtan bir nesne ise beyaz olarak algılanmaktadır. 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 algılanabilmektedir (66).

2.5.4.2. Işık yansıması

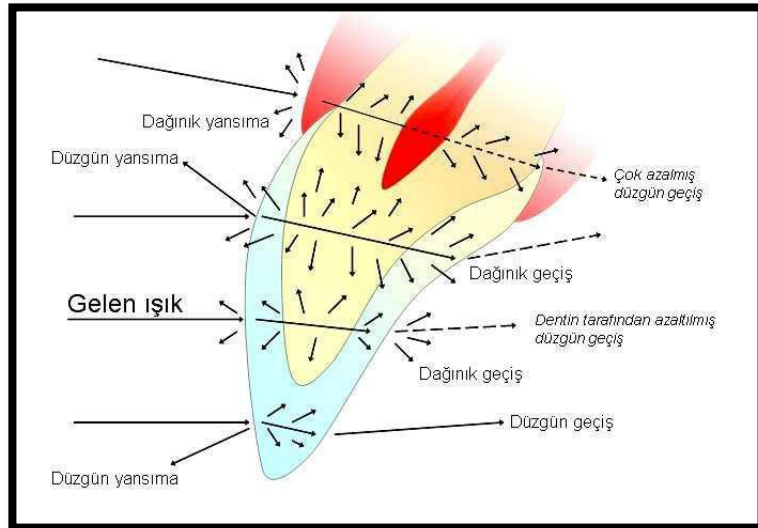
Işık ışınlarının bir yüzeye çarparak geri dönmesi yansıma olarak tanımlanmaktadır. Düzgün yüzeyli bir cisim üzerine gelen ışınların geldiği açıyla

yansımaya düzgün yansıma, düzgün yüzeyli olmayan bir cisim üzerine gelen ışınların farklı açılarla birçok yöne yansımaya ise dağınık yansıma denir (şekil 3). Doğal dişlerin prizmatik ve interprizmatik yapıları arasında ışınlar dağınık yansıdığı için restoratif materyallerin yapısında da bu özelliğin olması beklenmektedir (67).

2.5.4.3. Işığın kırılması

Dik olmayan ışık ışınları, farklı yoğunluğa sahip bir ortama geçerken kırılmakta ve ışınlar yön değiştirmekte aynı zamanda ışınların hızı da değişmektedir. Işığın, yoğunluğu farklı olan bu iki ortamdaki için hızlarının oranı, ortamın kırılma indisini (n) vermektedir. Işığın havadaki kırılma indisi '1' olarak kabul edilmektedir. Bir yüzeye çarpan ışığın hızı artarsa, ışık normalden uzaklaşarak kırılmaktadır (şekil 4). Ters durumda ise normale yaklaşarak kırılmaktadır (56).

Karmaşık bir histolojik yapıya sahip olan doğal dişler farklı tabakalar içermektedir ve de mineden dentine geçiş alanları gelen ışık için farklı kırılma ortamları anlamına gelmektedir (Şekil 2.4.). Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller, ışığın doğal diş ile etkileşimine benzer bir etkinin elde edilmesinin amaçlandığı tipte materyallerdir (56).



Şekil 2.4. Doğal Dişte Işığın Yansıma, Kırılma ve Saçılması (68)

2.5.5. Opasite

Opasite ışık geçirgenliğinin engelleyebilme özelliğidir. Opak cisimler ışığın bir bölümünü absorbe ederken gerisini yansıtırlar. Cisimden yansıyan ışık dalgaları, cismin algılanan rengidir. Eğer bir cisim, üzerine gelen ışınların tamamını yansıtıyorsa beyaz, tamamını absorbe ediyorsa siyah renkte görünmektedir (69).

2.5.6. Opalesans

Opalesans, bir cismin kısa dalga boyuna sahip ışık yayması olarak tanımlanmaktadır. Işık yayılmasının nedeni, cismin içinde mevcut olan, görünür ışık spektrumundaki dalga boyundan daha kısa dalga boyuna sahip ışınların ve matriks materyalinden daha fazla oranda ışık kırma indeksine sahip partiküllerin mevcudiyetidir. Bu özellik cisme, yansıyan ışık altında mavimsi-beyaz bir görünüm verir. İletilen ışık altında ise turuncu-kahverengi bir görünüm vermektedir (57).

2.5.7. Translüsensi

Bir cismin ışığı geçirme özelliği olan translüsensi özelliğinin temelinde transparanlık ile opasite arasındaki bir durum belirleyicidir. Dış hekimliğinde, kompozit, seramik, ve akrilik rezinler gibi pek çok materyal, doğal dış görünümünü yakalayabilmek için translüsent özellik taşımaktadır (57). Artan translüsentlik daha açık renkte bir görünüm sağlamaktadır. Materyalin içindeki saçılma arttıkça translüsentlik azalmaktadır (53).

Dental seramiklerin translüsensisi, kristalin yapıdan ve fırınlama sayısından etkilenmektedir. Tekrarlayan fırınlamalarda translüsensi azaltmakta, gelen ışığın dalga boyunun artması ile de translüsensi arttırmaktadır. Seramik materyalinin renk doygunluğu (chroma) ve parlaklığı (value) arttıkça translüsensliği düşmektedir (70).

2.5.8. Transparanlık

Transparanlık, bir cismin ışığı tamamen geçirmesi olarak tanımlanmaktadır. Cam, transparan bir materyaldir. Saydamlık, yüksek translüsenslik değeridir (57).

Diş hekimliğinde, özellikle ön dişlere yapılan restorasyonların, doğal dişe benzemesi için restorasyonun kesici kenarları transparan olarak işlenir (54).

2.5.9. Fosforesans

Esas olarak fosfor içeren bileşenlerde görülen fosforesans radyant enerjiyle uyarılan elektronların fazla enerjilerini biraz gecikme ile saçması sonucu ortaya çıkan ışıltama özelliğidir ve dental materyallerin özellikleri arasında bulunmamaktadır (71).

2.5.10. Floresans

Bir materyalin üzerine gelen radyasyon enerjisini emerek, lumin enerji yaymasıdır. Genelde gelen ışının dalga boyu yayılan ışığın dalga boyundan daha kısadır. Mavi ışık ya da ultraviyole ışıktaki materyaldeki elektronlar daha yüksek bir enerji seviyesine çıkmakta ve elektronlar eski enerji seviyelerine inişleri sırasında kazanmış oldukları bu enerjiyi görünür spektrumda floresans ışık olarak ortama saçarmaktadırlar. Bu 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. Dişlerin floresans değerleri gün ışığında değerlendirildiğinde, en yüksek floresans değeri 450 nm dalga boyunda tespit edilmiş ve bu değer 680 nm dalga boyuna doğru giderek azalmıştır. Floresans özelliği gün ışığında dişlerin renklerinin farklı algılanmasına sebep olur. Floresans özellik doğal dişlerin canlılığını yansıtan dişe parlaklık ve beyazlık kazandıran en önemli faktörlerden biridir (67).

2.5.11. Metamerizm

Metamerizm, bir cismin renginin farklı ışık kaynakları altında renginin farklı görünmesidir ve iki farklı cismin spektral yansıma eğrilerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (72). Metamerizmi engellemek için, yapılan restorasyonlarda en basit renk kombinasyonlarının kullanılması ve son kontrolün gün ışığında yapılması önerilmektedir (73).

2.6. 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. Spektrofotometre veya kolorimetre cihazları ile renk parametreleri daha spesifik tespit edilebilmektedir (74).

2.6.1. İç renklenmeler:

Kompozit rezinler, anterior ve posterior dişlerin restorasyonlarında estetik, fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle, oldukça yaygın olarak tercih edilmektedirler. Bu materyallerde iç renklenmeler materyal yapısına ve içeriğine bağlı olarak iç renklenmeler meydana gelebilmektedir ve yapısal olarak organik polimer matriks fazı, inorganik faz ve ara faz olmak üzere üç fazdan oluşmaktadırlar. Kompozitlerde mevcut olan organik polimer matriksi bir aromatik veya üretan dimetakrilat oligomeridir. Yaygın olarak kullanılan 4 oligomer; Bis-GMA (bisfenol A diglisil-eter-metakrilat), Bis-EMA (etoksillenmiş bisfenol A dimetakrilat), UDMA (üretan dimetakrilat) ve TEGDMA (triötilen glikol dimetakrilat)'dır (4,81).

Polimerizasyon reaksiyonunun ilk evresi olarak kabul edilen serbest radikallerin oluşumuna yol açan maddeler başlatıcı; polimerizasyon reaksiyonunu hızlandıran maddeler de aktivatör olarak adlandırılmaktadırlar. Reaksiyon başlatıcı madde, kimyasal veya fiziksel aktivasyon yoluyla monomerlerin çift bağlarıyla reaksiyona girerek polimer zincirlerinin meydana gelmesine olanak sağlamaktadır. Otopolimerizan kompozitlerde başlatıcı dibenzol peroksit iken, hızlandırıcı olarak aromatik tersiyer aminler görevlidir. Işıkla polimerize olan kompozitlerde ise 450-550 nm dalga boyunda ışığı absorbe ederek etkisini gösteren kamforokinonlar başlatıcı olarak kullanılmaktadır (76). Kimyasal olarak polimerize olan kompozitlerde tersiyer aromatik aminler ağız ortamında kimyasal değişikliğe uğmaktadır ve sonuç olarak renklenmeler izlenmektedir. UV (Ultraviyole) ışık, nem ve oksidasyon ile hızlanır. Işıkla polimerize edilen kompozit rezinlerde kamforokinon en yaygın kullanılan başlatıcıdır. Kamforokinon,

beyazlatılmamaktadır ve kromofor grubu katı, sarı renkli bir bileşendir. Rezin içerisinde fazla oranlarda kullanılması renklenmelere neden olmaktadır (77,78). Farklı rezin materyallerinin polimerizasyonları sonucu sarı renk değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmada, hibrit tip kompozitin daha fazla renk değişimi gösterdiği ve bu sonucun kompozit materyallerin içerdiği kamferokinon miktarı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Rezin depolama biçimi de renklenme üzerinde etkilidir. Uzun süre sıcak ortamda bekletilen rezinlerde benzoil peroksitin etkisi ile renk değişiklikleri gözlenebilmektedir (79).

Kompozit materyalleri hidrofilik olduğunda ve su emilimi gösterdiğinde renklenme olasılıklarının daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Bis-GMA esaslı rezinlerde su emilimi %0 - %1 aralığında iken, eklenen TEGDMA oranına ile bu oran %3- %6' ya kadar değişim gösterebilir. TEGDMA'nın merkezinde bulunan su molekülüne afinitesi olan etoksi grupları yüzey hidrofilitesinin artmasından sorumludur. Bis-GMA ve TEGDMA hidrofilik yapılarından dolayı yüksek su emilim değerlerine sahiptirler. Bis-EMA ise yapısındaki hidrofobik gruptan dolayı düşük su emilimi göstermektedir. TEGDMA, Bis-EMA, Bis-GMA ve UDMA'ya göre yüksek su emilimi göstermektedir. Boyanmaya yatkınlıkta rezin matriksin tipi de belirleyicidir. Organik matriks genellikle BisGMA ve UDMA esaslıdır. UDMA esaslı kompozit rezinler daha iyi renk stabilitesine sahiptirler (80,81).

Monomerler ile birlikte polimerizasyon süresi ve tercih edilen ışık cihazı da kompozit rezinlerde gözlenebilecek renklenmelerde önem arz etmektedir ve belirleyicidir. 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 (82). Bu nedenlerle monomer polimer dönüşümünün ve boyutsal stabilitenin artması ve polimerizasyon oldukça önem arz etmektedir (83).

2.6.2. Dış Renklenmeler

Kompozit rezinlerde aşınma, yüzeylerin bozulması ve su emilimleri, dış ortam kaynaklı kimyasalların etkisi sonucu gerçekleşebilir ve bu da dış renklenme ile sonuçlanmaktadır. Kompozit rezinler su emilimini gerçekleştirebildikleri gibi, diğer sıvıları ve pigmentleri de emebilmektedirler ve bu durum restorasyonların renklenmesiyle sonuçlanmaktadır (84). Kahve, çay, kırmızı şarap, meyve suyu, kola, soya sosu, hardal ve ketçap gibi yaygın olarak tüketilen yiyecek ve içeceklerin restorasyon yüzeyinde renk değişikliklerine neden olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Alkolün de kompozit materyallerin yüzeyinde bozulmaya neden olduğu bilinmektedir ve bilinmektedir ki daha pürüzlü ve bozunmuş bir yüzey, pigmentlerin emilimine uygun bir yüzey meydana getirir ve bu durum da daha yüksek oranda renklenmeye neden olmaktadır (85).

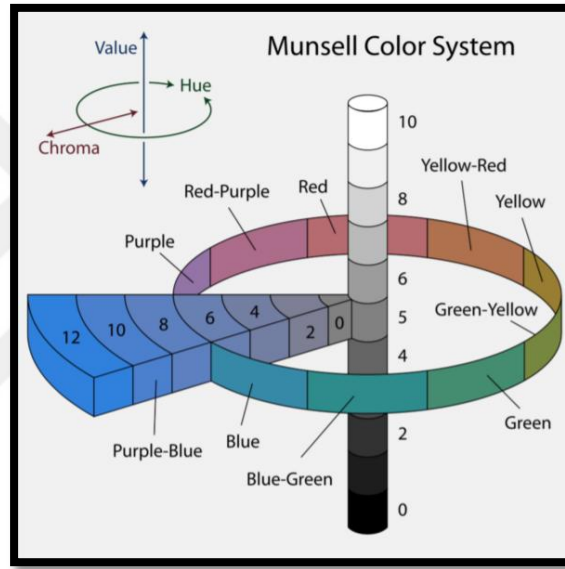
Su emiliminin yanı sıra dış renklenmeler uygulama sırasındaki hatalardan da meydana gelmektedir. Yetersiz izolasyon sonucunda kompozit rezinlerin dışından sızan nem ve kan materyalde renk değişikliklerine neden olmaktadır. Hatalı bitirme ve cila işlemi, kötü ağız hijyeni, boyayıcı maddeler de dış renklenmede rol oynayan diğer etkenlerdir (86). Çalışmalar en düzgün kompozit rezin yüzeyinin şeffaf polyester bant ile oluşturulduğunu ancak düzgün kontur ve oklüzal uyumlama için yapılan düzeltmeler yapıldığı için şeffaf polyester bant ile bitirilen yüzeyler mecburen pürüzlü hale gelmektedir. Pürüzlülüğün giderilmesi için son aşamada cila işlemleri uygulanmaktadır (87).

2.7. Renk Analiz Sistemleri

Renk sistemleri nesnelerin renk parametrelerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Dış hekimliğinde, çoğunlukla Munsell ve CIELAB renk sistemleri kullanılmaktadır (73).

2.7.1. Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi Albert H. Munsell tarafından 1905 yılında tanımlanmıştır. Bu sistem sayesinde renk katı bir cisim gibi üç boyutlu olarak ifade edilebilmektedir. Munsell'in renk sisteminde rengin bu 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, yer almaktadır. Rengin tonları bu dikey eksenin çevresinde bulunmaktadır. Bu sistemde 5 tane ana renk ve 10 tane ara renk olduğu kabul edilmektedir (Şekil 2.5.) (57).



Şekil 2.5. Munsell renk sistemi (88)

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 (60).

2.7.1.1. Ana renk (hue)

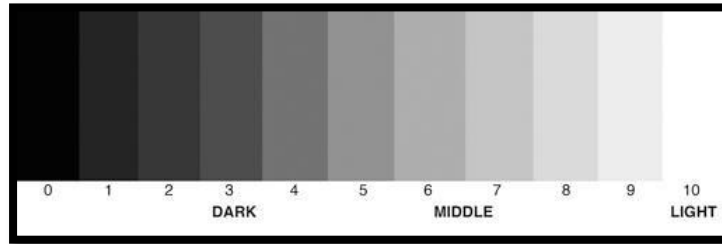
Kırmızı, mavi, yeşil gibi renge adını veren ve onu diğer renklerden ayıran karakteristiktir. Esas olan retina üzerinde etkili olan ve spesifik bir dalga boyundaki ışık tarafından meydana getirilen renktir (60) . Munsell renk sisteminde, 10 farklı

renk tonu (Hue) bulunmaktadır (Şekil 7). Bu renkler; sarı, sarı-kırmızı, kırmızı, kırmızı-mor, mor, mor-mavi, mavi-yeşil, yeşil ve yeşil-sarı olarak adlandırılmaktadır (57).

2.7.1.2. Parlaklık (value)

Bir rengin açıklığını ya da koyuluğunu parlaklık, bir cisimden yansıyan ışın miktarı arttıkça artmaktadır. Düşük parlaklıktaki renkler siyaha benzerken yüksek parlaklıktaki renkler beyaza yaklaşmaktadır (Şekil 8). 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 (69). Parlaklık diş hekimliğinde renk seçimini belirleyen rengin en önemli renk boyutudur. Parlaklık arttıkça restorasyon yapay, düştükçe ise cansız bir görünüm sergilmektedir. Farklı iki renk aynı Value (parlaklık) değerine sahip olabilmektedir (71,89).

Doğal dişlerde Value değeri dört ve sekiz arasında değişmektedir. Value (çok aydınlık) değerinin çok yüksek olduğu restorasyonlar gözlemci tarafından daha kolay ayırt edilmektedir. Bu yüzden restorasyondaki herhangi bir uyumsuzluk yaygın bir estetik hataya sebep olabilmektedir (Şekil 2.6.) (90).



Şekil 2.6. Munsell Renk Sisteminde Value Değerleri (71)

2.7.1.3. Doygunluk (chroma)

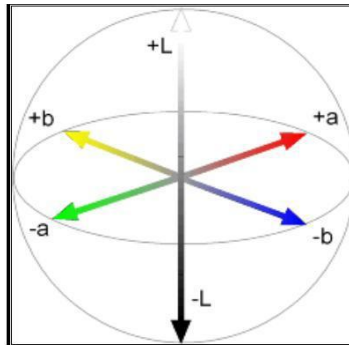
Doygunluk rengin içindeki hue (ana renk) yoğunluğunu tanımlamaktadır. Örneğin; açık sarı ve koyu sarı, aynı kalitede pigmentasyon mevcuttur ancak açık sarıdaki pigment yoğunluğu daha azdır (Şekil 2.7.)(56).



Sekil 2.7. Doygunluk (Chroma)(56)

2.7.2. 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 kullanılmaktadır. Bu şekilde renk değişimleri sayısal olarak ifade (ΔE) edilebilmektedir. L^* değeri ile Munsell renk sistemindeki 'Value' birbiriyle orantılıdır. Rengin açıklık-koyuluk, parlaklık veya ışığı yansıtma oranı ile ilgilidir. Saf siyah 0, saf beyaz 100 L^* değerini ifade etmektedir. Açık renkli cisimlerin L^* değeri daha yüksek iken, koyu renkli cisimlerin L^* değeri daha düşüktür. a^* koordinatı Munsell renk sistemindeki kırmızı ve yeşil renklerinin yerleri ile ilişkilidir. a^* 'nın pozitif değeri kırmızı, negatif değeri ise yeşil miktarını belirtmektedir. Bununla birlikte b^* koordinatı sarı ve mavi renklerinin yerleriyle ilişkilidir. b^* nin pozitif değeri sarı, negatif değeri ise mavi miktarını ifade etmektedir (şekil 2.8.) (53).



Şekil 2.8. CIE $L^*a^*b^*$ Üç Boyutlu Renk Sistemi (91)

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

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

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

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

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

Bu formüldeki ΔL^* , Δa^* ve Δb^* , iki objenin CIE $L^*a^*b^*$ renk değişkenleri arasındaki farkı ifade etmektedir (53,71).

Gözümüz bu renk farklılıklarını algılamakta sınırlıdır ve 1'in altındaki ΔE değerlerini algılayamamaktadır. 1 ve 3,3 arasındaki ΔE değerleri klinik olarak algılanabilir fakat kabul edilebilir renk farklılıklarıdır. Klinik olarak kabul edilebilir en büyük ΔE değeri ise 3,7'dir (92).

Tablo 2.2. ΔE Değerleri ve Klinik Renk Eşleşmesi (93).

Renk Değişimi (ΔE)	Klinik Renk Eşleşmesi
0	Mükemmel
0,5-1	Çok iyi (Renk değişimi görsel olarak fark edilemez)
1-2	İyi (Renk değişimi kısmen fark edilebilir)
2-3,5	Klinik olarak kabul edilebilir
>3,5	Uyumsuz

2.8. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliğinde renk analizi için görsel ve aletli renk analizleri kullanılmaktadır (94).

2.8.1. Görsel renk ölçümü

Görsel renk analizi yapılırken renk skalalarından faydalanılmaktadır. Renk algısı, subjektif ve psikofizyolojik bir durumdur bu nedenle renk seçimlerinin tekrarlanmasında tutarsızlıklar olduğu bildirilmiştir (94).

Görsel renk ölçüm yöntemi kullanılarak yapılan renk seçimlerini etkileyebilecek 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 faktör mevcuttur (95).

Diş hekimi renk seçimi yaparken, dişin asıl rengini veren orta 1/3 bölgesini değerlendirmelidir çünkü insizalden koleye diş farklı renk tonları içermektedir. Birbirinin aynısı olan iki cisim yan yana geldiğinde biri diğerinden daha açık renkli ve daha büyükmüş gibi görünebilmektedir. Renk seçimi yaparken hekim renk skalasını dişin yanına değil dişin altında tutulmalıdır çünkü birbirinin aynısı olan iki cisim yan yana getirildiğinde biri diğerinden daha açık renkte ve büyükmüş gibi görünebilmektedir (71,96).

2.8.2. Renk skalaları

Renk seçimi yaparken sadece görsel bir rehber olarak kullanılan renk skalaları doğal dişteki floresans ve opalesans derecelerini yansıtmamakta, minenin translüsens miktarı belirlenememekte ve de en önemlisi renk skalaları ile objektif bir değerlendirme yapılamamaktadır. Günümüzde en sık kullanılan renk skala sistemleri şunlardır: Vita Classic (Vita, Bad Sackingen, Germany), Vitapan 3D-Master (Vita),Chromascop (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (71).

2.8.3. Aletli renk ölçümü

Dişlerin veya dental restorasyonların renk ölçümünde görsel renk analiz yönteminin yetersiz olması, renk seçimlerinde tutarsızlıkların olmasından dolayı ve daha detaylı renk seçimi yapabilmek amacıyla günümüzde kullanılan çeşitli renk ölçüm cihazları: kolorimetreler, spektoradyometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleridir. Renk ölçüm cihazı kullanılarak yapılan renk seçimleri kişisel, çevresel faktörlerden etkilenmediği bu nedenle sonuçlar tekrarlanabilir ve matematiksel olarak hesaplanabilir sonuçlardır fakat yüksek maliyet ve kalibrasyon hataları gibi dezavantajları da mevcuttur (71).

2.8.3.1. 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 algılamaktadırlar (71,96). Yakın zamanda tüm diş yüzeyinden tek ölçüm yapan laminar tipte spektrofotometreler geliştirilmiştir (97). Spektrofotometre kolorimetreden farklı olarak metamerizm değerlendirilebilir, standart koşullarda hatasız ve tutarlı sonuçlar verir fakat pahalı olması, klinik kullanım için pratik olmaması ve standardizasyonun sağlanmasının zor olması gibi dezavantajları da vardır. Kolorimetreler daha çok düz yüzeylerden ölçüm yapmak için dizayn edilmişlerdir bu nedenlerle klinik kullanımda spektrofotometreler daha çok tercih edilmektedir (71).

2.8.3.2. 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. Spektrofotometreden daha az maliyetlidir fakat cihazın filtrelerinin zamanla eskimesi renk ölçümlerinin tutarlılığı, sürekliliği ve filtrelerin tekrar CIE renk sistemine

uyumlu sonuç vermesi olasılığını azaltmaktadır. Transludent materyallerin renk ölçümü yapılırken standart bir arka plan kullanılmalıdır (98,99). Minolta Chromascop kolorimetre cihazı (Minolta CR-321, Osaka, Japan) , kompakt tristimulus renk analizleri ile yüzeylerin yansıyan renklerini ölçmektedir. 3 mm'lik ölçüm alanı içerir ve 45° çevresel aydınlatması ile 0° görüş açısı mevcuttur. Yapısında ölçüm yüzeyini aydınlatan atımlı xenon ark lamba bulunmaktadır. Cihaz küçük hataları, otomatik olarak telafi edebilmektedir (Şekil 2.9.). Ölçümlerden önce, kolorimetre cihazının L, a, b değerleri için kalibrasyonları yapılmalıdır ($L=93,05$, $a=-4,84$, $b=6,95$). Kalibrasyon işlemi, beyaz kalibrasyon plağı ile her uygulamada aynı ortamda gerçekleştirilmelidir. Tüm renk ölçümleri, içi nötral gri fon kartonuyla kaplı üst tarafında % 95 oranında gün ışığını taklit edebilen floresan lamba (Activa 172 Sylvania, Germany) mevcut olan bir renk ölçüm kutusu içerisinde gerçekleştirilmelidir (100).



Şekil 2.9. Kolorimetre Cihazı

2.8.3.3. Dijital kameralar ve görüntü sistemleri

Son yıllarda daha popüler hale gelen bu sisteminin avantajı, objenin tek bir noktasının renk ölçümünü değil, objenin bütün olarak renk görünümünün imaj halinde elde edilebilmesidir (71). Dijital kameraların kullanıldığı renk ölçümü ile diş hekimi ve teknisyen arasında daha kolay bağlantı kurulmasını da sağlamaktadır. Geleneksel renk skalalarıyla birlikte alınan fotoğraflar, bu bağlantıyı daha da kuvvetlendirmektedir ve bu fotoğraflar dışın translusensi, opasite özellikleri ve yüzey karakteristiği hakkında da teknisyene yardımcı olmaktadır. Fakat renk analizi için dijital kameraların tek başına kullanılması çok etkili değildir (71,101).

2.9. Yüzey Pürüzlülüğü

Bir materyalin özelliklerine ya da elde edilme yöntemine bağlı olarak oluşan yüzey dokusundaki düzensizliklerine yüzey pürüzlülüğü denir (101). Bitirme ve cila işlemlerinin temel amacı da restorasyona başarılı bir kontör, bir okluzyon ve sağlıklı embraşur ile düzgün bir yüzey kazandırmaktır (52).

Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla; tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) gibi kalitatif (nitel) ve yüzey profili analizi (profilometre) gibi kantitatif (sayısal) metodları içeren yöntemler kullanılabilir. Bunların yanı sıra yeni bir teknik olan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ile de yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmaktadır (102).

2.9.1. Profilometreler

Profilometreler mekanik ve optik olarak iki tipte üretilmişlerdir ve benzer pürüzlülük parametreleri kullanarak kantitatif ölçümler yapmaktadırlar (103).

2.9.1.1. Mekanik profilometreler

Mekanik profilometreler iki-boyutlu ölçüm yapmaktadır. Örnek yüzeyi üzerinde belirlenmiş doğrusal bir mesafede, boyutları belirli elmas bir uç yardımıyla yüzeyin temas ederek taranması prensibiyle çalışmaktadır. Sensor makinenin dönüştürüm sistemini referans olarak dikey eksenindeki yükseklik farklarını X ekseninde boyuncaya hareket ederek hesaplamaktadır. Mekanik profilometreler dijital ve analog donanım ve yazılım kullanılarak değerleri kaydedilebilmektedir (103).

Bu değerlerden; R_a ; belirlenen ölçüm mesafesinde tüm yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamının aritmetik ortalamasını, R_{max} ; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arasındaki mesafeyi, R_z ; belirli mesafedeki birbirini izleyen 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalamasını tanımlamaktadır. Yüzey pürüzlülüğü genellikle aritmetik ortalama pürüzlülük (R_a) olarak belirtilmektedir (104).

2.9.1.2. Optik Profilometreler

Yüzey ile mekanik olarak temas etmezler. Optik ışınla tarama yaparak üç-boyutlu ölçüm yapabilen cihazlardır. Cihaz yüzey üzerinde, önceden belirlenmiş referans noktaları arasındaki kısımda ölçüm yapmaktadır. Optik bölümler 100 µm'lik bir alanda birkaç nanometrelik çözünürlük sağlayabilmektedir. Yüzey topografisi 3 boyutlu olması sayesinde optik profilometreler ile yüzeyin doğal karakteri gösterilebilmektedir (100).

3. MATERYAL METOD

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada yüksek estetiğe sahip farklı partikül büyüklüklerinde (nanohibrit, nanoseramik, supra nano sferikal) 3 (üç) kompozitin bitirme ve cila sistemi uygulanması sonrası renklendirici ve aşındırıcı içeceklerde bekletilerek renk değişimi ve pürüzlülüğünün değişimi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan kompozit materyaller ve özellikleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

3.1.1. Kompozit dolgu materyalleri

Çalışmada partikül büyüklükleri farklı olan Harmonize (Kerr, ABD) , Omnichroma (Tokuyama ,Tokyo ,Japan), Zenit (President , Almanya) kompozit kullanılmıştır (Tablo 3.1.). Kompozit rezinlerde ağız ortamı ile temasta olan mine seçenekleri tercih edilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit materyaller

3.1.1.1 Omnicroma (Tokuyama, JAPAN)

Omnichroma, pigment içermeyen ve yalnızca tek bir kompozit renk tonuyla klasik VITA tonlarını kapsayan, ön ve arka grup dişlerde ışık ile polimerize edilerek kullanılan yeni bir dental kompozit rezindir. Uygulandığı dişin rengini alarak kırmızıdan sarıya yapısal bir renk oluşturmaktadır. Organik matriksinde UDMA, TEGDMA, mequinol, dibütil hidroksil toluen ve UV emiciler bulunmaktadır. Ağırlıkça % 79 hacimce % 68 oranında sferik silika-zirkonya içerir. Ortalama partikül büyüklüğü 0.3 µm dur. Halojen veya LED bir ışık cihazı ile polimerize edilmektedirler.

3.1.1.2 Harmonize (Kerr, ABD)

Nanohibrit bir kompozit olan harmonize ön ve arka grup dişlerde direk restorasyonlarda ışık ile polimerize edilerek kullanılmaktadır. Organik matriksinde Bis-EMA, BisGMA ve TEGDMA yer alır. İnorganik doldurucusu 5-400 nm baryum glass cam partükülleridir. Hacimce % 64,5, ağırlıkça % 80 oranında inorganik doldurucu içermektedir. Ön ve arka grup bütün kavitelere Halojen veya LED ışık cihazlarıyla uygulanabilmektedir.

3.1.1.3. Zenit (President, Almanya)

Nanoseramik bir kompozit olan zenit ön ve arka grup direk restorasyonlarda ışık ile polimerize edilerek kullanılmaktadır. Organik matriksinde Bis-GMA,

diüretan dimethakrilat, butanedioldimethakrilat bulunmaktadır. Ağırlıkça % 83, hacimce % 70 olmak üzere inorganik içeriğindeki cam dolgusu 0.7 mikron, pirojenik silika 12 µm, agglomere nano-partikülleri 0.6 mikrondur. Halojen veya LED ışık cihazlarıyla uygulanabilmektedirler.

Tablo 3.1. Kompozit materyallerin özellikleri

Materyal	Sınıflandırma	Matriks	Doldurucu tipi	Doldurucu Ağırlık/hacim	Lot
Omnichroma Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japonya	Supra-nano Sferikal kompozit	UDMA, TEGDMA, mequinol, Dibütil hidroksil toluen, UV emici	Sferik silika- zirkonya, Ortalama partikül büyüklüğü: 0.3 µm	Ağırlıkça : %79 Hacimce : %68	018EY9
Zenit (W2) President, Almanya	Nanoseramik kompozit	Diüretandimethak rilat, Butanedioldimeth akrilat(BDDMA), Isopropylid- bis[2(3)-hidroksi- 3(2)-(4- fenoksi)propil] bismetakrilat[Bis- GMA]	Cam dolgu (0.7 µm) Pirojenik silika(12 µm) Agglomere nano- partiküller (0.6 mikron)	Ağırlıkça: %83 Hacimce: %70	20190122 64
Harmonize (A2E) Kerr Corp. , Orange CA, ABD	Nanohibrit kompozit	BisGMA, BisEMA, TEGDMA	Sferikal silika (30nm)-zirkonya (5nm) doldurucu partikülleri, baryum camı partikülleri (5-400 µ)	Ağırlıkça : %81 Hacimce: 64,5	7253850

BDDMA: Butanedioldimethakrilat, BisGMA: Bisfenol-A-glisidil metakrilat , BisEMA: Bisfenol-A-polietilen glikol dieter metakrilat TEGDMA : Trietilen glikol dimetakrilat, UDMA: Uretan Di Metakrilat

3.1.2. Çalışmada kullanılan bitirme ve cila sistemi

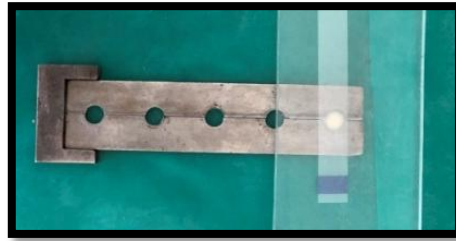
3.1.2.1. Opti Disc bitirme ve cila seti (Kerr, ABD)

OptiDisc bitirme ve cila seti alüminyum oksit kaplı disklerden oluşmaktadır. 4 farklı gren kalınlığı mevcuttur ve gren sıralaması renkler ile kodlanmıştır. Mandren ile kullanılan disklerin 12,6 mm ve 9,6 mm çapında iki boyutu vardır. Kaba bitirme sırasında kaba grenli (80 µm), konturlama sırasında orta grenli (40 µm), bitirme için ince grenli (20µm) diskler ile süper ince grenli (10µm) diskler 10000-20000 rpm hızda kullanılarak cila aşaması bitirilmektedir.

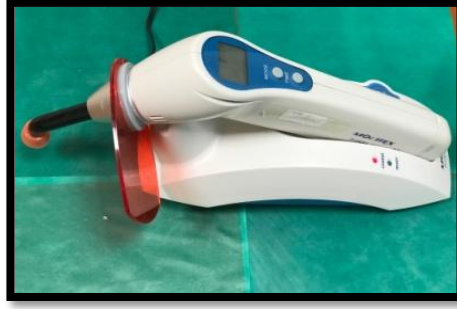
3.2. Renk Değişimi ve Yüzey Pürüzlülüğü

3.2.1. Örneklerin hazırlanması

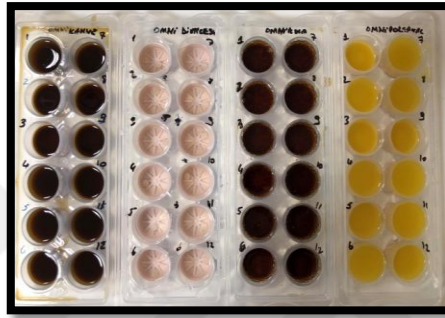
Çalışmada her kompozit için 40 adet olmak üzere toplam 120 adet örnek elde edilmiştir. Kompozit örnekler için 6x2 mm boyutunda silindirik metal kalıp kullanılmıştır. Kompozitler ağız spatülü yarımıyla kalıptaki boşluklara taşınmıştır ve düz bir yüzey elde etmek amacıyla üzerine mylar strip (Kerr, ABD) ve siman camı yerleştirilmiştir (Şekil 3.2.). Üreticinin talimatları doğrultusunda ışık yayan diyot (LED) ışık cihazı (Monitex Blue Lex GT-1200), 20 sn süre ile cam lamel ve ışık cihazı temas edecek şekilde tam güç modu olan M1 modunda 1200 mw/cm² olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.3). Işıkla sertleştirme işlemini takiben örnekler, 24 saat boyunca 37 °C distile suda bekletilmiştir. Daha sonra alüminyum oksit aşındırıcı içeren 4 aşamalı OptiDisc™ (Kerr Corp. Orange CA, ABD) ile kalın grenliden ince grenliye doğru hafif basınçla rotasyon hareketini tek yönlü uygulayarak su spreyi altında (her 5 örnek için yeni diskler kullanıldı) cilalanmıştır. Örnekler daha sonra distile suda bekletilmeye alınarak başlangıç renk (Minolta Chromascop kolorimetre cihazı (Minolta CR-321, Osaka, Japan)) ve pürüzlülük (Perthometer M2 (Mahr, Germany) ölçümleri yapılmıştır. İlk ölçümlerin ardından 4 farklı (distile su, kahve, kola ve portakal suyu) içecek grubunda bekletilmeye bırakılmıştır (Şekil 3.4). Kompozit örnekler kalıp içerisine birbirleriyle temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve örnekler 37 C’de etüvde 7 gün boyunca bekletilerek, gün aşırı solüsyonları yenilenmiştir (Şekil 3.4).



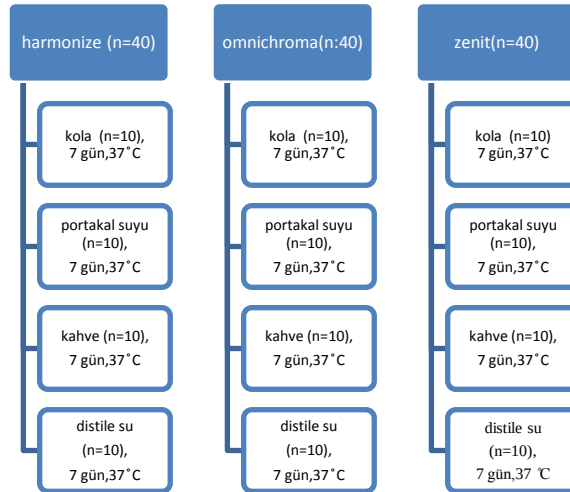
Şekil 3.2. Kompozit örnekler için 6x2 mm boyutunda hazırlanan silindirik metal kalıp. Düz bir yüzey elde etmek amacıyla üzerine mylar strip (Kerr, ABD) ve siman camı yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Diyot (LED) ışık cihazı (Monitex Blue Lex GT-1200)



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kahve, distile su, kola ve portakal suyu



Şekil 3.5. Örneklerin gruplandırılması

3.2.1.1 Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan kahve (Nescafe Classic, Türkiye)

600 ml distile su kaynatıldıktan sonra içine 7,2 gr kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) karıştırılarak eklenmiştir. 10 dakika demlenmesi için beklenmiştir. Kahve artıklarından giderilmesi amacı ile filtre kağıdı ile (Brawi, Kahve Filtre Kağıdı) süzme işlemi yapılmıştır (şekil 3.6) (105).



Şekil 3.6. Nescafe Classic, Nestle, İsviçre

3.2.1.2. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan kola (Coca Cola, Türkiye)

Kompozit örnekler, disklerin birbirine teması önlenerek metal küvet içerisine yerleştirilmiştir. Kalıba 600 ml kola solüsyonu (Coca Cola) ilave edilmiştir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Coca Cola

3.2.1.3. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan portakal suyu (Cappy, Türkiye)

Kompozit örnekler, disklerin birbirine teması önlenerek metal küvet içerisine yerleştirilmiştir. Kuvete 600 ml portakal suyu (pH 3.43) solüsyonu (Cappy) ilave edilmiştir (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Cappy portakal suyu

3.2.1.4. Kompozit örneklerin renklendirilmesinde kullanılan distile su

Kompozit örnekler, diskler birbirine temas etmeyecek şekilde metal küvet içerisine yerleştirilmiş ve kuvete 600 ml distile su eklenmiştir.

3.2.2. Kompozit gruplarının oluşturulması ve solüsyon uygulanması

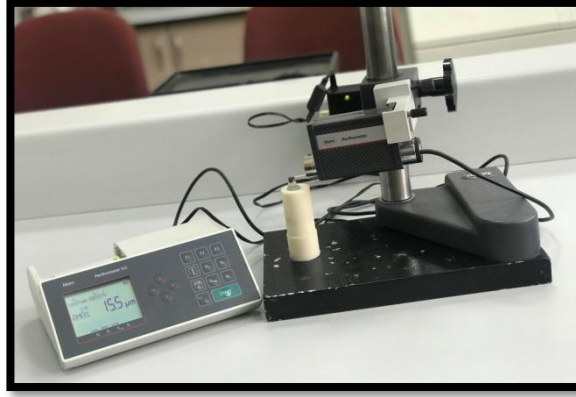
Çalışmada her kompozitten 40 adet olmak üzere toplam 120 adet örnek elde edilmiştir. Kompozitler rastgele her grupta 10 adet ($n=10$) olacak şekilde 4 alt gruba ayrıldıktan sonra renklendirici solüsyonlarda bekletilmiştir, daha sonra da renk ve pürüzlülük analizleri yapılmıştır.

3.2.3. Kompozit örneklerin başlangıç pürüzlülük ve renk ölçümleri

3.2.3.1. Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü değişimi ölçümü

Çalışmada, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan Perthometer M2 (Mahr, Germany) profilometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.9). Cihazın ölçüm uzunluğu (tracing length) 1,75; 5,5 ya da 17,5 mm olarak ayarlanabilmekte, ölçüm alanını 1'den 5'e kadar ayırarak (örnekleme uzunluğu/ sampling length = n) ölçebilmektedir. Otomatik olarak ölçüm uzunluğuna göre uygun diğer parametreleri ayarlayabilmektedir. Hareketli olarak pick-up kalibrasyon yapılabilmektedir. Ölçüm dışı olarak alınacak mesafe (cut-off aralığı) 0,25; 0,80 ya da 2,5 mm olarak ayarlanabilmektedir. R_a , R_z , R_{max} , R_p , R_{pm} , R_t ve başka birçok parametreyi hesaplayabilmektedir.

Çalışmada ölçüm uzunluğu 5 mm olarak ayarlanmış ve buna göre $n=3$ mm olarak alınmıştır. Her örneğin ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri olan R_a , R_z , R_{max} değerleri kaydedilmiştir. Kalibrasyon işlemi her beş ölçümde bir uygulanmıştır. Ölçümler örneklerin merkezinde olacak şekilde gerçekleştirilmiş, her örnekten üç ölçüm yapılarak bu değerlerin ortalaması kaydedilmiştir.



Şekil 3.9. Perthometer M2 (Mahr, Germany) profilometre cihazı

3.2.3.2. Kompozit örneklerin renk değişimi ölçümleri

Çalışmamızda, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan Minolta Chromascop kolorimetre cihazı (Minolta CR-321, Osaka, Japan) kullanılmıştır. Bu cihaz, yüzeylerin yansıyan renklerini, kompakt tristimulus renk analizleri kullanarak tespit etmektedir. Ölçüm alanı 3 mm'dir. 45° çevresel aydınlatması vardır ve görüş açısı 0° dir. Ölçüm yüzeyini aydınlatmak amaçlı atımlı xenon ark lamba mevcuttur. Cihaz küçük hataları, otomatik olarak telafi edebilmektedir. Ölçümleri, $L^*a^*b^*$ veya XYZ tristimulus şeklinde verebilmektedir.

Ölçümlerden önce, kolorimetre cihazının L, a, b değerleri için kalibrasyonları sağlanmıştır ($L=93,05$, $a=-4,84$, $b=6,95$). Kalibrasyon işlemi, her seferinde aynı ortamda beyaz kalibrasyon plağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm renk ölçümleri, içi tamamı ile nötral gri fon kartonu ile kaplı üst tarafında % 95 oranında gün ışığını taklit edebilen floresan lamba (Activa 172 Sylvania, Germany) mevcut olan bir renk ölçüm kutusu içerisinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ölçümleri sırasında standart beyaz arka plan kullanılmıştır.

Cihazın kalibrasyonu her renk ölçüm aşamasından önce kontrol edilmiştir. Her örnek için ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır ve değerlerin ortalaması tespit edilmiştir. Test edilen örneklerin başlangıç-distile su, başlangıç-kahve, başlangıç-portakal suyu ve başlangıç-kola sonrası renk değişimleri (ΔE) tespit edilmiştir.

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmadan elde edilen verilerin özetlenmesinde tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için dağılıma bağlı olarak ortalama $\pm$ standart sapma ve medyan ile minimum-maksimum olarak tablo halinde verilmiştir. Kategorik değişkenler *sayı* ve *yüzde* olarak özetlenmiştir. Sayısal değişkenlerin normallik testi Kolmogorov Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. İşlem öncesi ve sonrası, pürüzlülük değerinin değişim gösterip göstermediği durumunu incelemek için Paired t test kullanılmıştır. Bağımsız ikiden fazla grup karşılaştırmalarında, sayısal değişkenlerin normal dağılım göstermediği durumlarda ise Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır. Parametrik olmayan testlerde gruplar arasındaki farklılıklar Dwass-Steel-Critchlow-Fligner testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics for Windows (Version 20.0) programı ile yapılmış olup ve istatistik analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 (p-değeri) olarak dikkate alınmıştır.

4.BULGULAR

4.1. Pürüzlülük

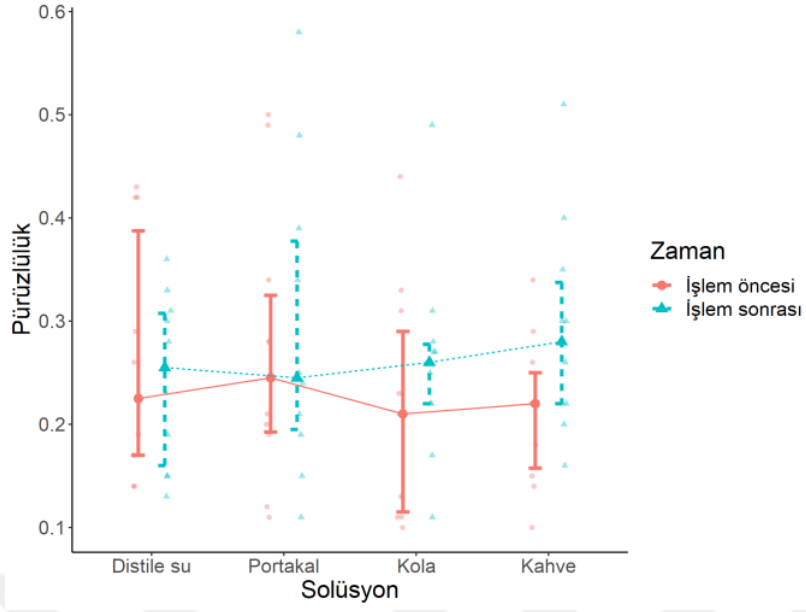
Kompozit materyali ve renklendirme solüsyonlarından bağımsız olarak pürüzlülük düzey ortalamaları karşılaştırıldığında ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş olup ($p=0,004$), solüsyon işlemi sonrasında da pürüzlülük düzeyinin artış gösterdiği söylenebilmektedir (Tablo 4.1).

Diğer yandan kullanılan kompozit materyaller ayrı ayrı değerlendirildiğinde, yalnızca “Omnichroma” materyalinde pürüzlülük düzey ortalamasındaki artış, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,045$) (Şekil 4.2). Harmonize ve Zenit gruplarında ise işlem öncesi ve sonrası pürüzlülük düzeylerindeki artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,135$ ve $p=0,137$) (Şekil 4.1. ve 4.3).

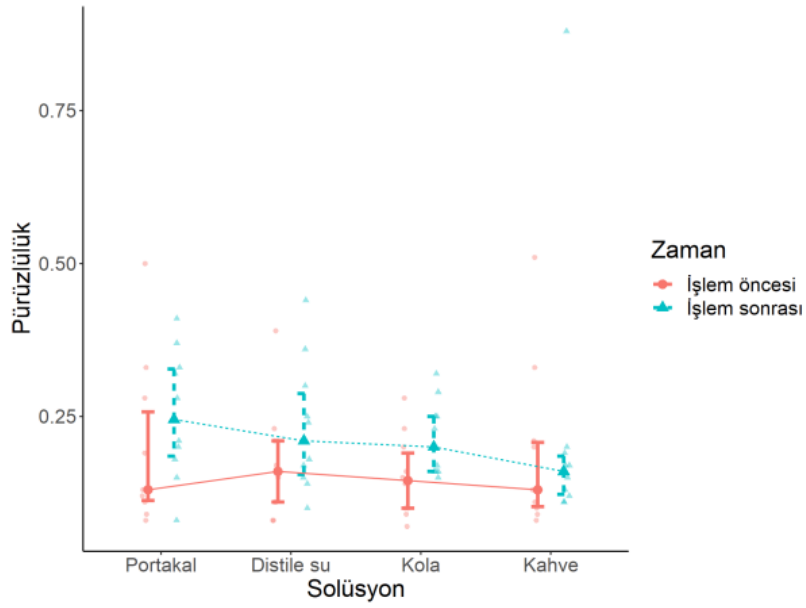
Son olarak, renklendirme solüsyonlarına göre ayrı ayrı pürüzlülük değerlerindeki değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı değerlendirildiğinde, işlem öncesi ve sonrası ortalamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır (her biri için $p>0,05$).

Tablo 4.1. İşlem öncesi ve sonrası pürüzlülük düzeylerinin karşılaştırılması

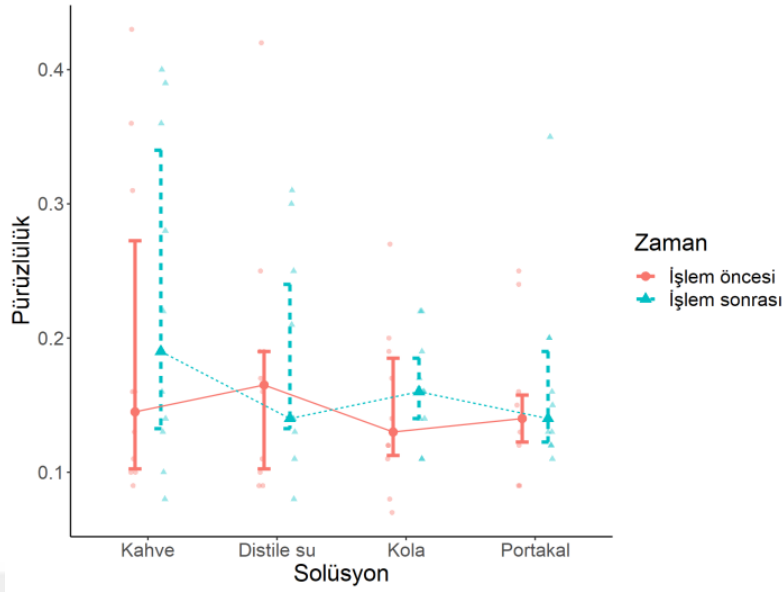
	Pürüzlülük	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min- Maks]	P
GENEL	İşlem Öncesi	0,20 $\pm$ 0,11	0,16 [0,07- 0,51]	0,004
	İşlem Sonrası	0,23 $\pm$ 0,12	0,20 [0,08- 0,88]	
Kompozitler				
<i>Harmonize</i>	İşlem Öncesi	0,24 $\pm$ 0,11	0,22 [0,1- 0,5]	0,135
	İşlem Sonrası	0,27 $\pm$ 0,11	0,26 [0,11- 0,58]	
<i>Omnichroma</i>	İşlem Öncesi	0,18 $\pm$ 0,11	0,14 [0,07- 0,51]	0,045
	İşlem Sonrası	0,23 $\pm$ 0,14	0,19 [0,08- 0,88]	
<i>Zenit</i>	İşlem Öncesi	0,17 $\pm$ 0,09	0,14 [0,07- 0,43]	0,137
	İşlem Sonrası	0,18 $\pm$ 0,08	0,16 [0,08- 0,4]	
Renklendirme Solüsyonları				
<i>Distile su</i>	İşlem Öncesi	0,20 $\pm$ 0,11	0,17 [0,08- 0,43]	0,443
	İşlem Sonrası	0,22 $\pm$ 0,09	0,2 [0,08- 0,44]	
<i>Kahve</i>	İşlem Öncesi	0,2 $\pm$ 0,11	0,16 [0,08- 0,51]	0,143
	İşlem Sonrası	0,25 $\pm$ 0,16	0,2 [0,08- 0,88]	
<i>Kola</i>	İşlem Öncesi	0,17 $\pm$ 0,09	0,15 [0,07- 0,44]	0,063
	İşlem Sonrası	0,21 $\pm$ 0,08	0,21 [0,11- 0,49]	
<i>Portakal</i>	İşlem Öncesi	0,21 $\pm$ 0,12	0,16 [0,08- 0,5]	0,096
	İşlem Sonrası	0,24 $\pm$ 0,12	0,2 [0,08- 0,58]	



Şekil 4.1. Harmonize kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği



Şekil 4.2. Omnichroma kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği



Şekil 4. 3. Zenit kompozit materyaline ait pürüzlülük-solüsyon grafiği

Kullanılan renklendirici solüsyonlar dikkate alındığında, her bir kompozit dolgu materyalinin işlem öncesi pürüzlülükleri değerlendirildiğinde, Harmonize, Omnichroma ve Zenit gruplarına ait ortancalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (sırasıyla $p=0,738$, $p=0,969$ ve $p=0,940$). Aynı şekilde her bir kompozit dolgu materyalinin kullanılan renklendirici solüsyonlara göre işlem sonrası pürüzlülükleri değerlendirildiğinde, ortancalar arasındaki farklılıklarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (sırasıyla $p=0,843$, $p=0,229$ ve $p=0,745$). Diğer yandan kompozit materyaller ve renklendirici solüsyonlar kendi içerisinde işlem öncesi ve sonrası pürüzlülük açısından değerlendirildiğinde, Harmonize materyalinin kahve sonrası, pürüzlülük ortancaları arasındaki farklılık değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,024$). Buna göre kahvede bekletilen Harmonize materyaline ait pürüzlülüğün artış gösterdiği söylenebilmektedir. Kolada bekletilen Omnichroma materyalinin pürüzlülük ortancaları arasındaki farklılık değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p=0,021$) ve böylece pürüzlülüğün artış gösterdiği görülmüştür (Tablo 4.2.).

Tablo 4.2. Kompozit Dolgu Materyali ve Renklendirici Solüsyonlara Göre Grup İçi ve Gruplar Arası Karşılaştırma Sonuçları

		Pürüzlülük (işlem öncesi)		Pürüzlülük (işlem sonrası)		
	Solüsyon	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min-Maks]	<i>p</i> *
Harmonize	Distile su	0,26 $\pm$ 0,12	0,23 [0,14- 0,43]	0,24 $\pm$ 0,08	0,26[0,13-0,36]	0,798
	Kahve	0,21 $\pm$ 0,07	0,22 [0,1- 0,34]	0,29 $\pm$ 0,11	0,28 [0,16- 0,51]	0,024
	Kola	0,22 $\pm$ 0,11	0,21 [0,1- 0,44]	0,26 $\pm$ 0,1	0,26 [0,11- 0,49]	0,414
	Portakal	0,27 $\pm$ 0,14	0,25 [0,11- 0,5]	0,29 $\pm$ 0,15	0,25 [0,11- 0,58]	0,683
	<i>p</i>**	0,738		0,843		
Omnichroma	Distile su	0,17 $\pm$ 0,09	0,16 [0,08- 0,39]	0,23 $\pm$ 0,11	0,21 [0,1- 0,44]	0,038
	Kahve	0,19 $\pm$ 0,14	0,13 [0,08- 0,51]	0,22 $\pm$ 0,23	0,16 [0,11- 0,88]	0,878
	Kola	0,15 $\pm$ 0,07	0,15 [0,07- 0,28]	0,21 $\pm$ 0,06	0,2 [0,15- 0,32]	0,021
	Portakal	0,2 $\pm$ 0,14	0,13 [0,08- 0,5]	0,25 $\pm$ 0,11	0,25 [0,08- 0,41]	0,236
	<i>p</i>**	0,969		0,229		
Zenit	Distile su	0,18 $\pm$ 0,1	0,17 [0,09- 0,42]	0,18 $\pm$ 0,08	0,14 [0,08- 0,31]	0,906
	Kahve	0,2 $\pm$ 0,12	0,15 [0,09- 0,43]	0,23 $\pm$ 0,12	0,19 [0,08- 0,4]	0,167
	Kola	0,15 $\pm$ 0,06	0,13 [0,07- 0,27]	0,16 $\pm$ 0,04	0,16 [0,11- 0,22]	0,540
	Portakal	0,15 $\pm$ 0,05	0,14 [0,09- 0,25]	0,17 $\pm$ 0,07	0,14 [0,11- 0,35]	0,341
	<i>p</i>**	0,940		0,745		

*: Wilcoxon test kullanıldı. **: Kurskal Wallis test kullanıldı.

4.2. Renk Değişimleri

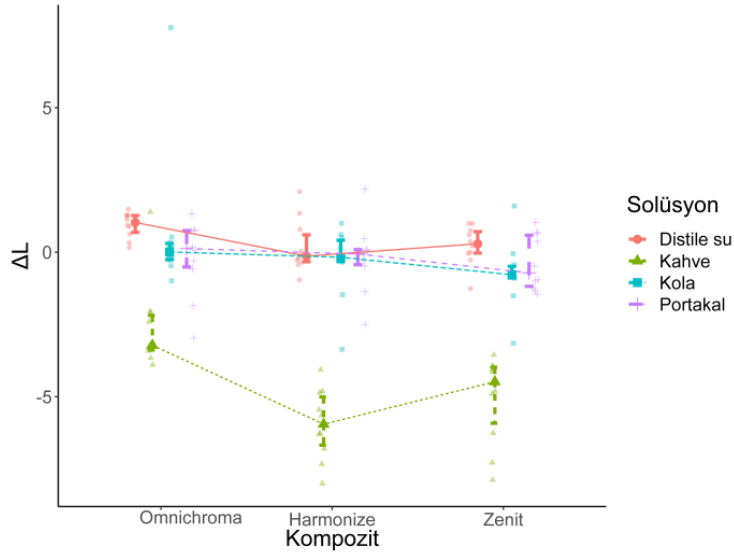
Kullanılan kompozit dolgu materyallerine göre kompozitlerin renk değişimleri (ΔL , Δa , Δb , ΔE) karşılaştırılmıştır. Buna göre kompozit dolgu materyallerine göre ΔL , Δa ve Δb renk değişim ortancaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (sırasıyla $p=0,034$, $p<0,001$ ve $p=0,001$). Farklılıkların hangi ikili gruptan kaynaklandığı çoklu karşılaştırmalarla araştırıldığında;

ΔL renk değişiminde, Zenit materyaline ait ortanca değer, Omnichroma materyaline göre anlamlı düzeyde daha düşük, Δa renk değişiminde ise, Zenit materyaline ait ortanca değer, Omnichroma ve Harmonize materyallerine göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 4.4-5). Δb renk değişiminde, Harmonize materyaline ait ortanca değer, Omnichroma ve Zenit materyallerine göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 4.6.). ΔE renk değişimine göre kompozit dolgu materyallerinin ortancaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,350$) (Tablo 4.3.).

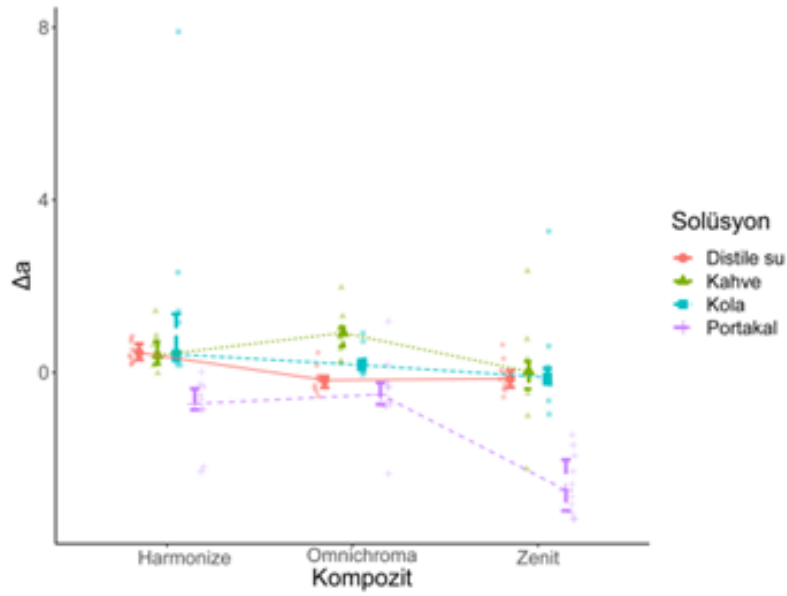
Tablo 4.3. Kompozit dolgu materyallerine göre kompozitlerin renk değişimlerinin karşılaştırılması

	Kompozit Dolgu Materyali						
	Harmonize (n=40)		Omnichroma (n=40)		Zenit (n=40)		
	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min- Maks]	p
ΔL	-1,58 $\pm$ 2,8 ^{a,b}	-0,29 [-8,01- 2,18]	-0,29 $\pm$ 2,11 ^b	0,16 [-3,9- 7,77]	-1,49 $\pm$ 2,39 ^a	-0,84 [-7,88- 1,6]	0,034
Δa	0,39 $\pm$ 1,48 ^b	0,3 [-2,3- 7,9]	0,13 $\pm$ 0,75 ^b	0,13 [-2,35- 1,97]	-0,64 $\pm$ 1,45 ^a	-0,25 [-3,41- 3,27]	<0,001
Δb	1,4 $\pm$ 2,75 ^a	-0,1 [-1,61- 7,57]	2,71 $\pm$ 1,88 ^b	2,18 [0,73- 7,28]	3,23 $\pm$ 2,37 ^b	2,97 [0,05- 8,35]	0,001
ΔE	3,54 $\pm$ 3,08	1,92 [0,15- 10,48]	3,33 $\pm$ 2,2	2,54 [0,86- 8,04]	4,25 $\pm$ 2,87	4,12 [0,29- 9]	0,350

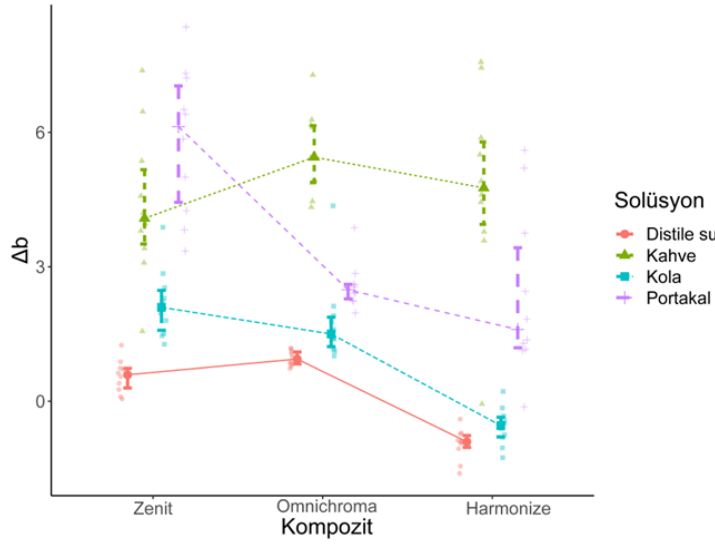
Kruskal Wallis test kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler ortalama $\pm$ standart sapma ve ortanca [minimum- maksimum] şeklinde verildi. Kalın olarak belirtilen p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi (p<0,05). Tamamen birbirinden farklı harf içeren karşılaştırmalar, istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları içermektedir. Ort.: Ortalama, SS: Standart sapma, Min.: minimum, Maks.: Maksimum



Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozitlerin ΔL grafiği



Şekil 4.5. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozit – Δa grafiği



Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan solüsyonlara göre kompozit – Δb grafiği

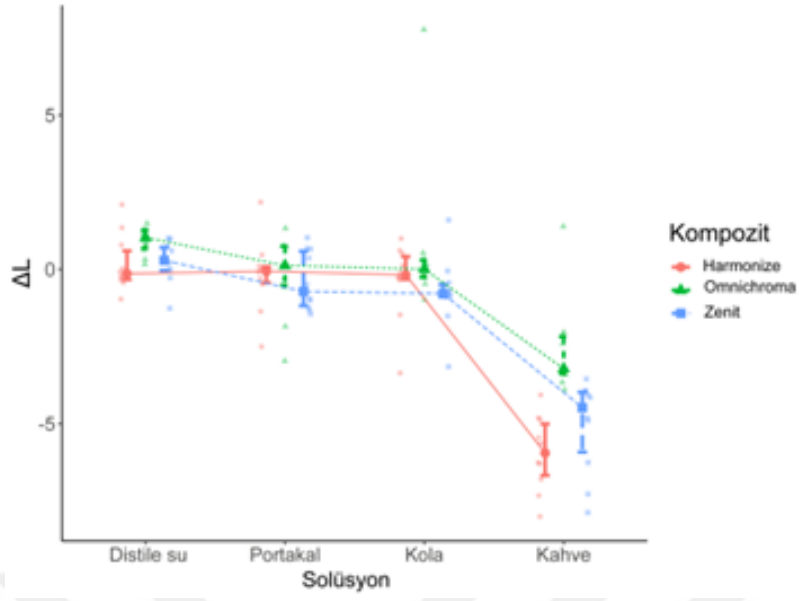
Renklendirme solüsyonlarına göre kompozitlerin renk değişimleri ΔL , Δa , Δb , ΔE) karşılaştırıldığında ΔL , Δa , Δb ve ΔE renk değişimi ortancaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (hepsi için $p < 0,001$). Farklılıkların hangi ikili gruptan kaynaklandığı çoklu karşılaştırmalarla araştırıldığında;

ΔL renk değişiminde, distile su solüsyonuna ait ortanca değer, kahve, kola ve portakal solüsyonlarına göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülürken, kahve solüsyonu kullanıldıktan sonra ΔL renk değişimi en düşük değeri almıştır (Şekil 4.8.). **Δa renk değişiminde** ise, distile su solüsyonuna ait ortanca değer, kahve ve portakal solüsyonlarına göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır. Diğer yandan kahve ve kola solüsyonuna ait ortanca değerin portakal solüsyona göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4.9.). **Δb renk değişiminde**, distile su solüsyonuna ait ortanca değerinin, kahve, kola ve portakal solüsyonlarına göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu görülürken, kahve solüsyonu kullanıldıktan sonra Δb renk değişimi, kola ve portakala göre anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.10.). Son olarak **ΔE renk değişiminde**, distile su solüsyonuna ait ortanca değer, kahve, kola ve portakal solüsyonlarına göre anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Kahve solüsyonuna ait değerin en yüksek olduğu ve bunu portakal suyu solüsyonunun izlediği görülmüştür (Şekil 4.11) (Tablo 4.4).

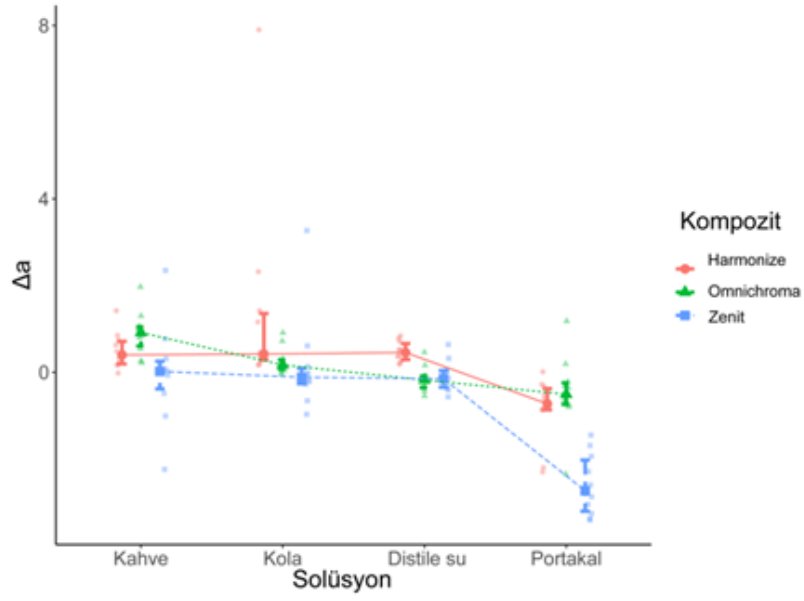
Tablo 4.4. Renklendirme solüsyonlarına göre kompozitlerin renk değişimlerinin karşılaştırılması.

	Renklendirici Solüsyon								
	Distile su (n=30)		Kahve (n=30)		Kola (n=30)		Portakal (n=30)		
	Ort.±SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. ± SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. ± SS	Ortanca [Min- Maks]	Ort. ± SS	Ortanca [Min- Maks]	P
ΔL	0,46±0,77	0,49 [-1,26- 2,1]	-4,54± 2,01	-4,11[-8,01-1,39]	-0,14± 1,81	-0,26[-3,36-,77]	-0,25±1,13	-0,06[-2,97-2,18]	<0,001
Δa	0,08±0,41	0,03 [-0,57- 0,84]	0,46 ± 0,85	0,4 [-2,24- 2,35]	0,63 ± 1,6	0,19 [-0,97- 7,9]	-1,32±1,21	-0,85 [-3,41- 1,18]	<0,001
Δb	0,19±0,89	0,59 [-1,61- 1,25]	4,89 ± 1,69	4,89 [-0,06- 7,57]	1,13 ± 1,43	1,4 [-1,26- 4,36]	3,58±2,15	2,73 [-0,13- 8,35]	<0,001
ΔE	1,26±0,42	1,3 [0,29- 2,15]	7,04 ± 1,62	6,62 [4,07- 10,48]	2,43 ± 1,89	1,84[0,53- 7,92]	4,11±2,24	3,46 [0,15- 8,61]	<0,001

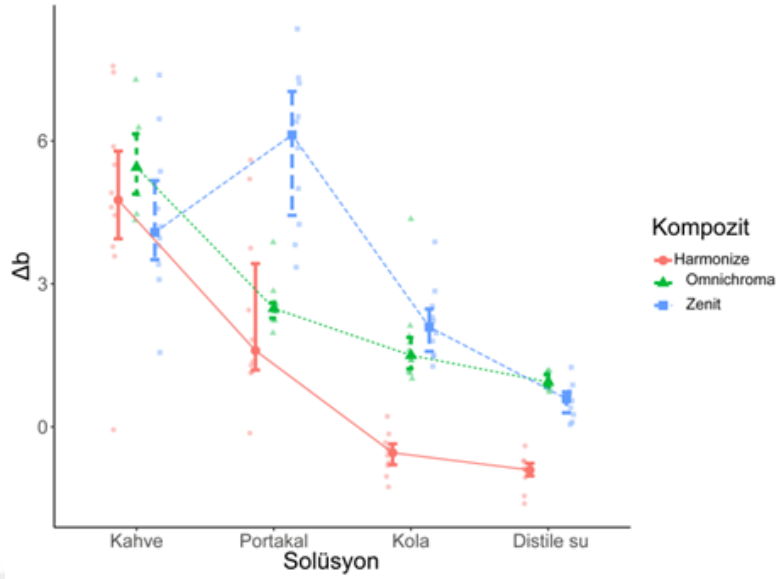
Kruskal Wallis test kullanılmıştır (P<0,05).



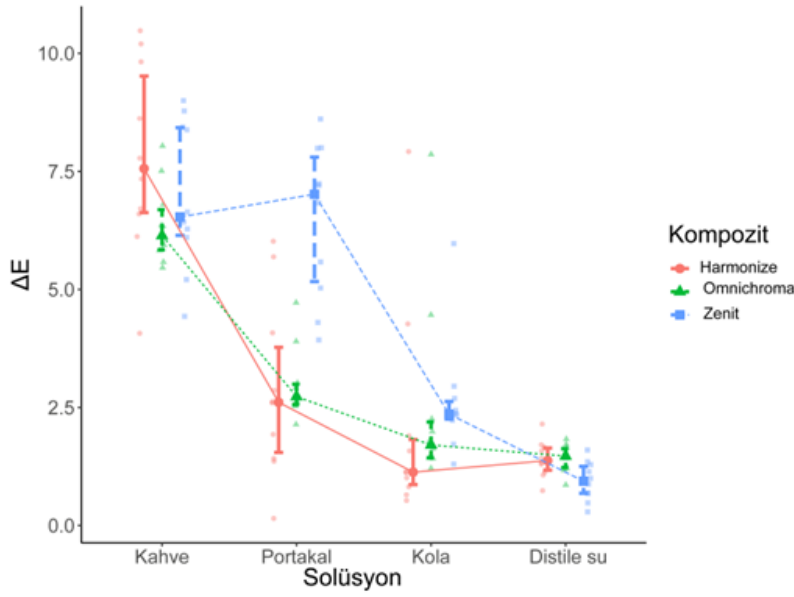
Şekil 4.8. Çalışmada kullanılan kompozitlere ait ΔL – solüsyon grafiği



Şekil 4.9. Çalışmada kullanılan kompozitlerin Δa – solüsyon grafiği



Şekil 4.10. Çalışmada kullanılan kompozitlerin Δb – solüsyon grafiği



d

Şekil 4.11. Çalışmada kullanılan kompozitlerin ΔE – solüsyon grafiği

Harmonize dolgu materyali için kahve solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen ΔL renk değişimi ortanca değeri diğer solüsyon değerlerinden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p < 0,001$). Portakal solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen ΔL renk değişimi ortanca değeri ile distile su solüsyonu sonrası elde edilen ortanca değerler arasında da anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir (Bkz. Şekil 4.8.). **Δa değeri için** portakal solüsyonu sonrası renk değişimi ortanca değeri distile

su, kola ve kahve solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($P<0,001$). Diğer gruplar arasında Δa değeri açısından anlamlı farklılık bulunamamıştır (Şekil 4.9.). Distile su ve kola solüsyonları kullanıldıktan sonra elde edilen **Δb renk değişimi** ortalama değeri kahve ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuş olup ($p<0,001$) diğer gruplar arasında Δb değerleri açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. **ΔE değerlerine** baktığımızda distile su, portakal suyu ve kola solüsyonu sonrası renk değişimi ortalama değeri kahve solüsyonu sonrası elde edilen ortalama değerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). (Şekil 4.11).

Omnichroma dolgu materyalinde, kahve ve kola solüsyonları kullanıldıktan sonra elde edilen **ΔL renk değişimi** ortalama değeri kahve solüsyonunda daha düşük olmak koşuluyla, distile su solüsyonu sonrası elde edilen ortalama değerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). Portakal solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen ΔL renk değişimi ortalama değeri ile distile su ve kola solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.8.). *Omnichroma dolgu materyalinde*, distile su sonrası **Δa renk değişimi** ortalama değeri, kola ve kahve solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden, kola solüsyonu sonrası elde edilen Δa renk değişimi ortalama değeri kahve solüsyonu sonrası elde edilen ortalama değerden anlamlı olarak daha düşük ($p<0,001$) iken portakal solüsyonu sonrası Δa renk değişimi ortalama değeri kahve ve kola solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). Distile su solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δa renk değişimi ortalama değeri ile portakal solüsyonu sonrası elde edilen ortalama değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Tablo 4.5). *Omnichroma dolgu materyalinde*, distile su solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen **Δb renk değişimi** ortalama değeri kahve, kola ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden, kola solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δb renk değişimi ortalama değeri kahve ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortalama değerlerden ve portakal solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δb renk değişimi ortalama değeri kahve solüsyonu sonrası elde edilen ortalama değerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$) (Şekil 4.10.). **ΔE renk değişimine** bakıldığında ise distile su sonrası

ortanca değeri kahve ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük, kola ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ΔE renk değişimi ortanca değeri, kahve solüsyonu sonrası elde edilen ortanca değerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). Kola solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen ΔE renk değişimi ortanca değeri ile distile su ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 4.11).

Zenit dolgu materyali ΔL değeri açısından incelendiğinde; kahve solüsyonu sonrası elde edilen renk değişimi ortanca değeri distile su, kola ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). Geri kalan solüsyon grupları arasında ΔL değeri açısından anlamlı farklılık bulunamamıştır (Şekil 4.8.). Portakal solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen **Δa renk değişimi** ortanca değerinin distile su, kola ve kahve solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük olduğu gözlenmiştir. Distile su solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δa renk değişimi ortanca değeri ile kahve ve kola solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Kola solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δa renk değişimi ortanca değeri ile kahve solüsyonu sonrası elde edilen ortanca değerler arasında da anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Şekil 4.9). Zenit dolgu materyali için distile su sonrası elde edilen **Δb renk değişimi** ortanca değerinin kola, portakal ve kahve solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük ($p<0,001$) ve kola solüsyonu sonrası elde edilen Δb renk değişimi ortanca değerinin kahve ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük olduğu gözlenmiştir ($p<0,001$). Kahve solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen Δa renk değişimi ortanca değeri ile portakal solüsyonu sonrası elde edilen ortanca değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Şekil 4.10.). Zenit dolgu materyali için **ΔE renk değişimini** incelediğimizde, distile su sonrası elde edilen ortanca değerinin kola, portakal ve kahve solüsyonları sonrası elde edilen ortanca değerlerden anlamlı olarak daha düşük ($p<0,001$) ve kola solüsyonu sonrası elde edilen ΔE renk değişimi ortanca değerinin kahve ve portakal solüsyonları sonrası elde edilen ortanca

değerlerden anlamlı olarak daha düşük olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Kahve solüsyonu kullanıldıktan sonra elde edilen ΔE renk değişimi ortanca değeri ile portakal solüsyonu sonrası elde edilen ortanca değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (Tablo 4.5) (Şekil 4.11.).

Farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığının tespit edilmesi için yapılan çoklu analizlerin sonucunda, kullanılan renklendirici solüsyonlara göre kompozit dolgu materyallerinin renk değişimlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Renklendirici solüsyon olarak **distile su** kullanıldığında, Zenit ve Omnicroma dolgu materyallerinin ΔL renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu ($p= 0,041$) tespit edilmiş olup Harmonize dolgu materyali ile Omnicroma ve Zenit dolgu materyallerinin ΔL renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Renklendirici solüsyon olarak **kahve** kullanıldığında, Harmonize ve Omnicroma dolgu materyallerinin ΔL renk değişimi ortanca değerleri ile Omnicroma ve Zenit dolgu materyalleri ΔL renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,001$). Harmonize ve Zenit dolgu materyalleri ΔL renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p= 0,234$). Renklendirici solüsyon olarak **kola ve portakal suyu kullanıldığında**, dolgu materyallerinin ΔL renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Renklendirici solüsyon olarak **distile su** kullanıldığında, Harmonize dolgu materyali ile Omnicroma ve Zenit dolgu materyalleri Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p=0,002$ ve $p= 0,007$). Omnicroma ve Zenit dolgu materyalleri Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Tablo 4.5. Her Bir kompozit dolgu materyali renk değişimlerinin farklı solüsyonlara göre ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerleri üzerinden karşılaştırılması.

kompozitler	Solüsyonlar		Ort. $\pm$ SS	Ortanca [Min-Maks]	P
Harmonize	Distile su	ΔL	$0,20 \pm 0,93$	-0,14 [-0,96- 2,1]	<0,001
	Kahve	ΔL	$-5,95 \pm 1,22$	-5,95 [-8,01- -4,07]	
	Kola	ΔL	$-0,36 \pm 1,25$	-0,18 [-3,36- 1]	
	Portakal	ΔL	$-0,19 \pm 1,2$	-0,06 [-2,5- 2,18]	
Omnichroma	Distile su	ΔL	$0,94 \pm 0,44$	1,03 [0,16- 1,49]	<0,001
	Kahve	ΔL	$-2,59 \pm 1,54$	-3,22 [-3,9- 1,39]	
	Kola	ΔL	$0,69 \pm 2,53$	0,01 [-0,99- 7,77]	
	Portakal	ΔL	$-0,19 \pm 1,33$	0,13 [-2,97- 1,33]	
Zenit	Distile su	ΔL	$0,24 \pm 0,68$	0,29 [-1,26- 1]	<0,001
	Kahve	ΔL	$-5,08 \pm 1,53$	-4,48 [-7,88- -3,55]	
	Kola	ΔL	$-0,75 \pm 1,18$	-0,78 [-3,15- 1,6]	
	Portakal	ΔL	$-0,37 \pm 0,96$	-0,72 [-1,45- 1,03]	
Harmonize	Distile su	Δa	$0,48 \pm 0,24$	0,46 [0,18- 0,84]	<0,001
	Kahve	Δa	$0,5 \pm 0,43$	0,40 [-0,02- 1,42]	
	Kola	Δa	$1,46 \pm 2,37$	0,42 [0,17- 7,9]	
	Portakal	Δa	$-0,88 \pm 0,78$	-0,73 [-2,3- 0,01]	
Omnichroma	Distile su	Δa	$-0,16 \pm 0,3$	-0,18 [-0,55- 0,46]	<0,001
	Kahve	Δa	$0,9 \pm 0,51$	0,92 [0,22- 1,97]	
	Kola	Δa	$0,26 \pm 0,31$	0,17 [-0,05- 0,91]	
	Portakal	Δa	$-0,48 \pm 0,89$	-0,51 [-2,35- 1,18]	
Zenit	Distile su	Δa	$-0,09 \pm 0,36$	-0,15 [-0,57- 0,64]	<0,001
	Kahve	Δa	$-0,03 \pm 1,18$	0,02 [-2,24- 2,35]	
	Kola	Δa	$0,16 \pm 1,17$	-0,12 [-0,97- 3,27]	
	Portakal	Δa	$-2,59 \pm 0,72$	-2,74 [-3,41- -1,45]	
Harmonize	Distile su	Δb	$-0,96 \pm 0,35$	-0,91 [-1,61- -0,4]	<0,001
	Kahve	Δb	$4,77 \pm 2,18$	4,76 [-0,06- 7,57]	
	Kola	Δb	$-0,57 \pm 0,43$	-0,54 [-1,26- 0,22]	
	Portakal	Δb	$2,36 \pm 1,89$	1,6 [-0,13- 5,6]	
Omnichroma	Distile su	Δb	$0,96 \pm 0,17$	0,94 [0,73- 1,18]	<0,001
	Kahve	Δb	$5,53 \pm 0,93$	5,45 [4,33- 7,28]	
	Kola	Δb	$1,78 \pm 0,97$	1,5 [1,01- 4,36]	
	Portakal	Δb	$2,57 \pm 0,52$	2,49 [1,97- 3,87]	
Zenit	Distile su	Δb	$0,56 \pm 0,37$	0,59 [0,05- 1,25]	<0,001
	Kahve	Δb	$4,38 \pm 1,68$	4,08 [1,56- 7,38]	
	Kola	Δb	$2,18 \pm 0,78$	2,1 [1,27- 3,88]	
	Portakal	Δb	$5,81 \pm 1,65$	6,13 [3,35- 8,35]	
Harmonize	Distile su	ΔE	$1,41 \pm 0,39$	1,38 [0,74- 2,15]	<0,001
	Kahve	ΔE	$7,77 \pm 2,03$	7,56 [4,07- 10,48]	
	Kola	ΔE	$2,09 \pm 2,31$	1,13 [0,53- 7,92]	
	Portakal	ΔE	$2,87 \pm 1,89$	2,61 [0,15- 6,02]	
Omnichroma	Distile su	ΔE	$1,42 \pm 0,3$	1,47 [0,86- 1,83]	<0,001
	Kahve	ΔE	$6,37 \pm 0,85$	6,14 [5,46- 8,04]	
	Kola	ΔE	$2,55 \pm 2,09$	1,71 [1,21- 7,86]	
	Portakal	ΔE	$2,99 \pm 0,76$	2,73 [2,14- 4,72]	
Zenit	Distile su	ΔE	$0,94 \pm 0,41$	0,94 [0,29- 1,6]	<0,001
	Kahve	ΔE	$6,97 \pm 1,59$	6,54 [4,43- 9]	
	Kola	ΔE	$2,64 \pm 1,26$	2,36 [1,3- 5,97]	
	Portakal	ΔE	$6,47 \pm 1,65$	7,02 [3,93- 8,61]	

Kruskal Wallis test kullanıldı ($p<0,05$).

Renklendirici solüsyon olarak **kahve** kullanıldığında, Omnichroma ve Zenit dolgu materyalleri Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında da anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p=0,022$). Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma ve Zenit dolgu materyallerinin Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Renklendirici solüsyon olarak **kola** kullanıldığında, Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma ve Zenit dolgu materyallerinin Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p= 0,05$, $p= 0,02$) fakat Omnichroma ve Zenit dolgu materyallerinin Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Renklendirici solüsyon olarak **portakal suyu** kullanıldığında, Zenit dolgu materyali ile Harmonize ve Omnichroma dolgu materyalleri Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma dolgu materyalleri Δa renk değişimi ortanca değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Tablo 4.6)

Renklendirici solüsyon olarak **distile su** kullanıldığında, her bir dolgu materyalinin birbirleri arasında Δb renk değişimi ortanca değerleri açısından anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Renklendirici solüsyon olarak **kahve** kullanıldığında, dolgu materyallerinin Δb renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Renklendirici solüsyon olarak **kola** kullanıldığında, Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma ve Zenit dolgu materyallerinin Δb renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Omnichroma ve Zenit dolgu materyallerinin Δb renk değişimi ortanca değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Renklendirici solüsyon olarak **portakal suyu** kullanıldığında, Zenit dolgu materyali ile Harmonize ve Omnichroma dolgu materyalleri Δb renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma dolgu materyalleri Δb renk değişimi ortanca değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Renklendirici solüsyon olarak **distile su, kahve ve kola** kullanıldığında, dolgu materyallerinin ΔE renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür. Renklendirici solüsyon olarak **portakal suyu** kullanıldığında ise, Zenit dolgu materyali ile Harmonize ve Omnichroma dolgu materyalleri ΔE renk değişimi ortanca değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Harmonize dolgu materyali ile Omnichroma dolgu materyalleri ΔE renk değişimi ortanca değerleri arasında ise anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

Tablo 4.6. Kullanılan renklendirici solüsyonlara göre kompozit dolgu materyalleri renk değişimlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları.

Distile su			ΔL	Δa	Δb	ΔE
Harmonize	-	Omnichroma	0,087	0,002	<0,001	0,981
Harmonize	-	Zenit	0,753	0,007	<0,001	0,060
Omnichroma	-	Zenit	0,041	0,924	0,022	0,041
Kahve						
Harmonize	-	Omnichroma	<0,001	0,121	0,636	0,121
Harmonize	-	Zenit	0,234	0,141	0,636	0,540
Omnichroma	-	Zenit	<0,001	0,022	0,142	0,540
Kola						
Harmonize	-	Omnichroma	0,857	0,050	<0,001	0,220
Harmonize	-	Zenit	0,285	0,022	<0,001	0,087
Omnichroma	-	Zenit	0,073	0,103	0,191	0,285
Portakal						
Harmonize	-	Omnichroma	0,857	0,540	0,448	0,797
Harmonize	-	Zenit	0,962	0,003	0,006	0,006
Omnichroma	-	Zenit	0,730	0,001	<0,001	<0,001

Dwass-Steel-Critchlow-Fligner test kullanıldı ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Kompozitlerin estetik ve mekanik özellikleri her geçen gün geliştirilmekte ve diş hekimleri tarafından daha fazla tercih edilir hale gelmektedir. Başarılı bir estetik restorasyon için kullanılan kompozit rezinin pürüzlülüğü ve renk stabilitesi en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Estetik materyallerin renk değişikliğini; plak birikimi, renklendirici yiyecek ve içeceklerin kompozit rezinin yapısına etkisi, materyallerin yetersiz polimerizasyonu, su emme derecesi, sigara kullanımı, kimyasal ajanlarla etkileşim sıklığı ve de restorasyonun yüzey pürüzlülüğü gibi çok çeşitli faktörler belirlemektedir (106).

Diş hekimliği alanında teknolojinin ve materyallerin gelişimi ile birlikte, dişlerin restorasyonu oldukça kolaylaşmıştır. Buna ek olarak diş hekimlerinin karşılaştıkları en önemli sorunlardan biri kullanılan kompozit rezin ile doğal diş arasındaki rengin uyumsuz olmasıdır. Bu durumu gidermek amacıyla simetri, renk, translusensi, yüzey özelliği gibi birçok faktöre dikkat edilmesi gerekmektedir (107). Rezin kompozitleri kullanarak dişlerin direkt restorasyonunda doğru renk tonu seçimi önemli bir estetik faktördür. Farklı renk tonlarına sahip dişlerdeki restorasyonlar için dental malzeme üreticileri farklı renklere ve/veya yarı şeffaflığa sahip çeşitli kompozitler üretmişlerdir. Fakat, renk seçimi koltukta geçirilen süreyi arttırmakta ve renk seçme işlemini subjektif kılmaktadır. Tüm bu dezavantajları gidermek amacıyla akıllı teknolojiler, kompozit rezinlerin üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Üreticiler “Wide Color Matching” (Kapsamlı Renk Eşleşmesi) konseptine dayanılarak formüle edilen, renk seçimi için ayrılan süreyi azaltmak üzere çok sayıda doğal diş rengini kapsayabilecek renk tonları oluşturan ve stokta ihtiyaç duyulan kompozit renk tonlarının sayısını azaltan rezin tabanlı “*Omnichroma*” kompozitini geliştirmiştir.

Akıllı Kromatik Teknoloji ile üretilen bu yeni dental kompozitin, optik yapısından dolayı diş rengini eşleştirme yeteneği olduğunu ve parçacıkların çevresindeki diş yapısı ile aynı rengi yansıtacağı savunulmaktadır (50). Bu nedenle

çalışmamızda yeni çıkan bir ürün olan supra-nano sferikal yapıdaki “*Omnichroma*” ile birlikte nanohibrit kompozit olan “*Harmonize*” ve nanoseramik kompozit yapısındaki “*Zenit*” kompozit rezinler renk ve pürüzlülük açısından değerlendirilmiştir.

Uzun dönem hasta takibinin güç olması, ağız ortamındaki stres faktörlerinin çokluğu restorasyonların renklenmelerinin asıl nedenini kavramamızı zorlaştırmaktadır (108,109). İn vivo çalışmalarda oral kavitedeki nem varlığı ve manüplasyon zorluğu gibi değişkenler çalışma sonuçlarını etkileyebilmektedir ancak in vitro laboratuvar testlerinde tek bir değişken değerlendirilirken diğer faktörler sabit tutulabilmektedir. Ayrıca in vitro çalışmalar kolay, ucuz ve de hızlı yapılabilir (110). Tüm bunlara ek olarak ağız içerisinde; tükürüğün akış hızı, tamponlama kapasitesi, elektrolit bileşimi, protein yapısı ve miktarındaki kişisel farklılıklar, yanak, dil, dudak ve dişlerle birlikte yumuşak dokuların anatomileri gibi birçok faktörü taklit ederek yansıtmak oldukça zordur (111,112). Tüm bu sebeplerle çalışmamız in vitro olarak planlanmıştır.

Kompozit rezinlerin farklı renk kombinasyonlarında polimerizasyon derinliğinin farklılık göstermekte olduğu ve polimerizasyon derinliğindeki azalmanın restorasyonun bitim özelliklerini olumsuz olarak etkilediği belirtilmektedir (23). Ayrıca yetersiz polimerizasyona neden olmamak amacıyla kompozitlerin 2 mm kalınlıkta tabakalanarak polimerize edilmesi gerektiği bildirilmiştir (113). Bu nedenle bu çalışmada kompozitin rengine bağlı olarak oluşabilecek polimerizasyon derinliği farkını en aza indirmek amacıyla mine tabakasında kullanılan renkler seçilmiştir ve kompozit rezinler 2 mm kalınlığındaki kalıplarda hazırlanmıştır.

Işıkla polimerize olan kompozit rezinlerin polimerizasyonunda sıklıkla light-emitting diode (LED) ve kuartz-tungsten-halojen (QTH) kullanılmaktadır (114). LED’ ler QTH lara göre daha az enerji kullanırlar ve de daha uzun ömürlüdürler. Bunlara ek olarak belirli bir dalga boyunda (470 nm civarında) yalnızca görülebilir mavi ışık üretmeleri en önemli özellikleridir (115,116). Çalışmamızda LED ışık cihazı (MONITEX, BluLex GT1200) tercih edilmiştir.

Kompozit rezinlerin bitirme ve parlatma aşaması; hem estetiğin sağlanması hem de restorasyonun başarısı açısından oldukça önemlidir (117). Yüzeyi iyi parlatılmamış pürüzlü bir kompozit rezin plak birikimine, restorasyonun

renklenmesine ve de sekonder çürüklere neden olabilmektedir (118). Bu amaçla bitirme ve cila işlemlerinin yeterli yapılması oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Patel ve arkadaşları kompozitlerde bitirme ve cila aşamasını kıyasladıkları bir çalışmada, renklendirici solüsyona maruz bırakılan kompozitlerden en fazla renk değiştiren grubun bant altında kalan grup olduğunu belirtmiş ve rezinden zengin olan bu tabakanın kesinlikle kaldırılması gerektiğini bildirmişlerdir (119). Aytac ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında da kompozitin polimerizasyonu aşamasında oluşan serbest radikallerin havadaki oksijen ile birleşmesi sonucu restorasyon yüzeyinde toksik, mekanik kuvvetlere karşı dirençsiz, düzensiz bir tabaka oluşmakta olduğunu belirtmektedirler. Oluşan bu oksijen inhibisyon tabakasının polimerizasyonu tamamlanmış kompozit restorasyonların yüzeyleri ne kadar düzgün olursa olsun, yüzeyde oluşan oksijen inhibisyon tabakasının, kompozit restorasyonların yüzey özelliklerini bozmakta olduğu ve bu nedenle kesinlikle kaldırılması gerektiği, bu nedenle da bitirme ve cila işlemlerinin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır (120). Ayrıca en düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin birçok çalışmada alüminyum oksit diskler ile sağlandığı belirtilmiştir (121). Bunun nedeni doldurucu partikülleri ve matriksi eşit kesmeleri nedeniyle düzgün yüzey oluşturmaları olarak gösterilmiştir (122). Fruits ve ark.' da disklerin düzlemsel hareketinden dolayı düzgün yüzey sağlayabileceğini saptamışlardır (123). Bizim de çalışmamızda bitim ve cila işlemleri için şeffaf bant uyguladığımız tüm yüzeylerde alüminyum oksit içeren OptiDisc, Kerr sistemi kullanılmıştır.

Materyalleri renklendirme amacıyla sıklıkla; hazır kahve, siyah çay, kırmızı şarap, kola, meyve suyu gibi solüsyonlar kullanılmaktadır. Yapılmış birçok çalışmada günlük yaşamımızda sıklıkla tüketilen kahvenin, çeşitli içecekler arasında renklenmeye en çok sebep olan içeceklerden olduğu belirtilmektedir (52,124). Bazzi ve ark 'nın çalışmalarında bir kupa kahvenin içim süresinin yaklaşık 15 dakika olduğu bildirilmiştir ve kahveyi düzenli olarak tüketen bireylerin günde ortalama 3,2 kupa kahve içmekte olduğu belirtilmiştir (125). Guler E. ve ark. farklı solüsyonların kompozitlerin renklenmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında kahvenin bir hafta örneklerle bekletilmesinin 7 aylık bir tüketime denk geldiğini belirtmektedirler (126). Gönülol ve Yılmaz'ın yapmış oldukları çalışmada da kaynatılmış 300 ml distile suya 3,6 gram kahve eklendikten sonra on dakika bekletilmiş ve bu süre sonunda da kahve

filtre kağıdı ile süzölmüştür (105). Çalışmamızda da üreticinin talimatları gözetilerek 7,2 gr kahve 600 ml kaynayan su ile karıştırılarak üretimi gerçekleştirilmiş ve 1 hafta süre ile kompozit rezinleri kahve solüsyonuna maruz bırakılmıştır.

Borges ve ark. yapmış oldukları çalışmada kompozitlerin numuneleri kola, kahve ve distile suya 7 gün süreyle 37°C' de etkileşmesi sağlanmıştır (127). Kamak ve ark' ın; asitli içecek olarak kola, portakal suyu, sporcu içeceği, elma çayı, yeşil çay, yeşil çay ile birlikte limon çayını içeren solusyonlar 37°C' de 7 gün süreyle maruz bırakmışlardır (128). Birçok çalışmada gösterildiği gibi Nasim ve ark. (2010) da, renklendirici içecekler içerisinde farklı sürelerde bekletilen örnekleri incelendiğinde en fazla renk değişiminin ilk 7 günde meydana geldiğini belirlemişlerdir (3). Bizim de çalışmamızda kompozit numuneleri günlük hayatımızda oldukça sık tüketilen kahve, kola, portakal suyu ve distile su solüsyonlarına, 1 hafta süreyle maruz bırakılmıştır.

Barutçugil ve ark.'larının yapmış olduğu benzer bir çalışmada renk ölçümleri, içeceklerden çıkarılan numunelerin 10 saniye saf su ile yıkanıp, kurutulmalarının ardından yapılmıştır (129). Çalışma süresi boyunca kompozit rezin örneklerinin bekletildiği içecekler gün aşırı yenilenmiştir. Benzer şekilde İşcan Yapar ve ark 'larının yapmış oldukları çalışmada solüsyonlar benzer şekilde gün aşırı yenilenmiştir (87). Ferracane ve Condon (1990)'un çalışmalarına göre reaksiyona girmemiş bileşenlerin giderilmesi ve polimerizasyonun sonuçlanması için örneklerin 24 saat suda bekletilmesi önerilmiştir (130). Çalışmamızda tüm örnekler ilk 24 saat suda bekletilmiş ve de renklendirici solüsyonlara maruz bırakma aşamasında gün aşırı tüm solüsyonlar yenilenmiştir.

Diş hekimliğinde renk seçimi için geleneksel yöntem olan görsel renk seçimi ve aletsel renk analizi kullanılmaktadır. Aletsel renk analizi tercih edildiğinde, çoğunlukla spektrofotometreler, kolorimetreler ve görüntüleme sistemleri tercih edilmektedir (131). Bu cihazlar renk değişikliği çalışmalarında hataları azaltmak ve objektif sonuç alabilmek amacıyla üretilmiştir. CIELAB koordinat sistemini kullanan kolorimetre de bu cihazlardan biridir. Kolorimetri cihazının küçük renk değişimlerini

belirleyebilmesi ve tekrarlanabilirlik, hassasiyet gibi avantajlarının olması (132) nedeniyle çalışmamızda kolorimetre cihazı kullanılmıştır.

İn vitro çalışmalarda pürüzsüz kompozit bitim yüzeyinin daha az renklenmeye neden olduğu ve restorasyonların başarısını direk etkilediği belirtilmiştir (133). Restoratif materyallerle in vitro yapılan çalışmalarda yüzey pürüzlülük değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılan cihaz profilometredir. Mikron seviyesinde ölçüm yapabilen profilometre cihazı, test edilecek olan örneklerin yüzey topografisindeki değişikliklerin kalitatif değerlendirmesini yapabilmektedir (134). Mekanik profilometreler yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır ve değerlendirme öncesi hazırlık aşamasının olmaması, farklı zaman dilimlerinde tekrar ölçümlerinin yapılabilmesi gibi avantajları vardır (135,136). Yapmış olduğumuz çalışmada profilometre cihazı tercih edilmiştir.

Birçok çalışmada ortalama kritik değer, yüzey pürüzlülüğü için 0.2 µm olarak belirtilmektedir. Buna rağmen yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde henüz kabul edilmiş bir eşik değeri yoktur. Bazı çalışmalarda Ra değerinin 0.7-1.4 µm değerlerindeyken plak birikiminin fark edilmediği belirtilmektedir (52,137,138). Jones ve ark.'larının yapmış olduğu klinik bir çalışmada ortalama yüzey pürüzlülüğü 0,3 µm olduğunda hastaların bunu fark edebildikleri gösterilmiş (133), Jones CS ve ark.'larının yapmış olduğu bir başka çalışmada ise 0.5 µm' nin üzerindeki Ra değerlerinin insan dili ile hissedilebileceği belirtilmiştir (133). Northeast ve van Noort, 1 µm' nin altında yüzey pürüzlülük değerlerinin düzgün restorasyon yüzeyleri gibi görülebildiğini rapor etmişlerdir (139).

Kompozit rezin restorasyonlarda pürüzlülük ve renklenmeye karşı dayanıklılık kompozitin yapısı, doldurucu içeriği, doldurucu oranı, monomer dönüşüm derecesi, bitim işlemleri, su emilimi, içeriğindeki partiküllerin yapısı ve büyüklüğü gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenlerle farklı yapıdaki kompozitlerin klinik başarısı da farklı olmaktadır (58,140). Bu konuda araştırma yapan Reis ve ark. çalışmalarında renklenmenin direk olarak kompozitlerin rezin kısmı ile alakalı olduğunu bildirmişlerdir (141). Smales ve Gerke de yüzeylerin pürüzlü olması ile boyayıcı maddelerin emilimine bağlı olarak renklenebileceğini

fakat yüzey pürüzlülüğü ve renklenme arasında daima bir ilişki kurulamayacağını belirtmişlerdir (142).

Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız içeceklerin veya solüsyonların pH değerlerinin düşük olması; yapısal iyonların, matriksi oluşturan katyonların kaybına ve doldurucuların yüzeyinde erozyona neden olup doldurucuların yapıdan ayrılmasına ve pürüzlü bir yüzey oluşmasına katkıda bulunmaktadır (130,143). Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, bitirme ve cila teknikleriyle yakından ilişkilidir (144). Bitirme ve cila işlemleri sırasında organik matriksten bazı alanlar uzaklaşabilmekte, bu alanlardan kopan doldurucu partiküller ve cam partiküller de yüzeyden uzaklaşarak yüzeyde çukurcukların ve pürüzlü yüzeylerin oluşumuna sebep olmaktadır (51). Ayrıca cila işlemi yüzey alanını arttırmakta ve şeffaf bant ile oluşan cilaya kıyasla yüzey düzensizlikleri oluşturarak solüsyonların polimerik matrikse infiltrasyonuna izin vermektedir ve rezin yıkımına yol açmaktadır (145,146).

Çalışmamızda tüm kompozit rezinler genel olarak değerlendirildiğinde ortalama pürüzlülük değerlerinde anlamlı bir artış olduğu gösterilmiştir. Bu durumun çalışmada kullanılan solüsyonların asiditesiyle veya bitirme işlemi sırasında oluşan yüzey düzensizliklerinin solüsyonların infiltrasyonuna izin vermesiyle alakalı olabileceğini düşünmekteyiz (Tablo 4.1.). Kompozitlerin kolada bekletme sonrası pürüzlülük değişimlerine baktığımızda, *Omnichroma* kompozit materyalinin işlem öncesi ve sonrası pürüzlülük ortancaları değerlerinin anlamlı olarak farklı olduğu ($p=0,021$) , *Harmonize* ve *Zenit*'te ise anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. (sırasıyla $p =0,414$ ve $p =0,540$) (Tablo 4.2.). Buna kolanın yapısında bulunan sitrik asit içeriği ve düşük pH'a ($pH=2.7$) sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu durum matriksin yumuşamasına sebep olarak kompozit yüzeylerinde bozulmalara neden olabilmektedir (146–148). Aynı zamanda yapısında bulunan fosforik asit ve şekerler nedeniyle kompozit rezin yüzeyinde erozyona neden olduğu iddia edilmektedir (148–150). Fakat diğer kompozit rezinlerde kola solüsyona maruz kalmalarına rağmen anlamlı farklılığın gözlenmemesinin nedeninin; *Omnichroma* kompozit rezininin supra nanosferikal yapıdaki doldurucuları ile bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda *Omnichroma* kompozit rezinin

yeni bir ürün olması sebebiyle, hem mekanik hem de estetik performansı üzerinde henüz yeterli çalışma olmaması, bu materyalin başarısının yorumlanmasını sınırlandırmaktadır.

Her bir kompozit dolgu materyalinde kullanılan renklendirici solüsyonlar dikkate alındığında işlem öncesi pürüzlülükleri değerlendirildiğinde *Harmonize*, *Omnichroma* ve *Zenit* kompozit gruplarına ait ortancalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değil iken (sırasıyla $p=0,738$, $p=0,969$, $p=0,940$), *Harmonize* dolgu materyalinin kahvede bekletildikten sonra pürüzlülük ortancaları arasındaki farklılık değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,024$). Buna bağlı olarak kahvede bekletilen nano dolduruculu *Harmonize* dolgu materyaline ait pürüzlülüğün artış gösterdiği söylenebilmektedir (Tablo 4.2.). Çalışmamızdaki sonuçlarla paralel olarak Isabel ve ark., Gouvea ve ark. ve Bansal ve ark. yapmış oldukları çalışmalarında kahvenin kompozit rezinlerde yüzey pürüzlülüğüne neden olduğunu, bunun nedeninin kahvenin içeriğinde bulunan, restoratif malzemeleri çözebilen ve aşındırabilen farklı uzun zincirli organik asitler olduğunu savunmuşlardır (150–152). Gladys ve ark. çalışmalarında doldurucu içeriklerinin boyutunun, kompozit rezin yapısındaki dağılımının, kompozit rezinin mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilediklerini ve kompozit rezin içerisindeki doldurucu miktarının materyalin kırılma dayanıklılığı ve elastiklik modülü ile direkt olarak ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (153). Fakat, Çetin ve ark. çalışmalarında fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki farklılıkların yalnızca doldurucu partikül oranı ile açıklanamayacağını, kullandıkları nano dolduruculu kompozit rezinlerin doldurucu içerik oranları değerlendirildiğinde birbirlerine benzer olmalarına rağmen, nano dolduruculu kompozitlerin bazıları arasında farklılıklar mevcut olduğunu bulmuşlardır. Bu farklılıkları polimer matrislerinin, doldurucu tipleri ile doldurucu ve polimer matris arasındaki bağlantıların farklı olması ile açıklamaktadırlar (154,155). Çalışmamızda da kompozit rezinlerin doldurucu ağırlık oranlarının birbirine yakın olması nedeniyle, diğer faktörlerin sonuçları etkilediğini ve *Harmonize* kompozit rezinde kahve solüsyonunda pürüzlülük artışının diğer gruplara kıyasla fazla bulunmasının bunlar ile ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmalarda CIE L*a*b* sistemi kullanıldığında $\Delta E > 1.5$ olduğu durumlarda insan gözünün renk değişimini algılayabildiği bildirilmektedir (156). Bir materyalin renk çalışması sonrasında hiçbir renk farkı tespit edilememesi durumunda ΔE değeri 0 olarak kabul edilmektedir (106). O'Brien ve ark.'ları da restore edilmiş anterior dişlerin önce hastalar tarafından sonra da bir spektrofotometre ile değerlendirildiği çalışmalarında en kolay fark edilen uyumsuzluğun renk olduğunu bulmuşlardır. ΔE değeri 3,3'ten fazla ise hastaların renk uyumsuzluğunu daha kolay fark ettiğini bildirmişlerdir (157). Çalışmamızda bu bilgilerden yola çıkarak klinik olarak 3.3 veya daha düşük ΔE değerleri kabul edilebilir olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda kullanılan tüm örneklerde, solüsyonlarda bekletilmelerinin ardından ΔE değerlerinde farklılıklar tespit edilmiştir. Renklendirme solüsyonlarına göre kompozitlerin renk değişimine genel olarak baktığımızda, ΔL , Δa , Δb ve ΔE değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğu ($p < 0,001$) ve en yüksek ΔE değerinin kahve solüsyonu ile edilde edildiği ($\Delta E = 6,62$) bunu sırasıyla portakal suyu ($\Delta E = 3,46$), kola ($\Delta E: 1,84$) ve distile su ($\Delta E = 1,3$) solüsyonunun takip ettiği görülmüştür (Tablo 4.4.). Tan ve ark. 'ları yaptıkları bir çalışmada kompozitleri portakal suyu, kola, votka, yeşil çay, kahve ve distile suya bir haftalık periyotlarla daldırılarak renk değişimlerini kaydetmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda en yüksek renk değişimlerinin kahve grubunda olduğu; en düşük renk değişiminin ise önceden öngörüldüğü gibi distile su grubunda olduğu, buna en yakın değer ise kola grubunda bulunduğu belirtmişlerdir. Araştırmacılar kahvenin en çok boyuyor olmasının, kahvenin asiditesiyle ilişkili olabileceği yorumunda bulunmuşlardır (158). Bagheri ve ark. ise kolanın düşük pH değeri nedeniyle kompozit materyallerin yüzey bütünlüğüne zarar vermesine rağmen, sarı renk boyar madde içermediği için kahve ve çay kadar renklenmeye neden olmadığı görüşünü savunmuşlardır (84). Bu verilerle tutarlı olarak Barutçigil ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada da, çay ve kahvenin koladan daha yüksek oranda renklenmeye neden oldukları bildirilmişlerdir (159). Aynı şekilde Mundim ve ark. da çalışmalarında kahve ve kolanın renklendirici etkisini değerlendirmiştir. Örnekleri 15 gün süreyle kahve,

distile su ve de kolayla maruz bırakarak her grupta oluşan renk değişimini ΔE formülü ile hesaplayıp kaydetmişlerdir. En fazla renk değişiminin tüm kompozit numuneler göz önüne alındığında kahve solüsyonuna maruziyet sonucu meydana geldiğini ve kahve gruplarını sırasıyla kola ile distile suyunun takip ettiğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonuçlarına bakıldığında kahvenin ΔE değerinin tüm kompozit gruplarında 3,3' ten yüksek olduğu kola ve distile su gruplarındaysa 3,3' ten düşük bir renk değişikliğine sebep olduğu tespit edilmiştir (160). Benzer şekilde Güler ve ark. kompozit numunelerde yapmış oldukları çalışmalarında 9 farklı solüsyonun boyayıcı etkilerini 24 saatlik periyotta değerlendirmişlerdir. Boyayıcı ajan olarak kola, kahve, distile su, şekerli kahve, çay, şekerli çay, yapay kremalı şekerli kahve, kırmızı şarap ve vişne suyunu kullanmışlardır. ΔE değerlerini kıyaslandığında en az değerlerin su, kola ve vişne suyu gruplarında tespit edildiği belirtilirken, en fazla değerlerin ise kırmızı şarap, şekerli kahve, kahve ve yapay kremalı şekerli kahvede bulunduğunu göstermişlerdir. Ruyter ve ark. çalışmalarında kahve ile çayın yapılarında farklı polaritelere sahip olan sarı renklendiriciler bulundurduğunu bildirmişlerdir (161). Kahvedeki sarı renklendiriciler, çaydakine kıyasla daha düşük polarite göstermekte ve bu nedenlerle dolgu yüzeyine tutunarak diş fırçalama sırasında kolaylıkla yüzeyden giderilememekte bu durum kahve tarafından oluşturulan renklenme düşük polariteye sahip sarı renklendiricilerin hem yüzeye tutunmasına ve de derinlere penetre olmasına bağlanmaktadır. Bu nedenle kahvenin ortaya çıkardığı renklemelerin giderilmesinin çaya oranla daha güç olduğu belirtilmektedir (162).

Ardu ve ark. kompozitlerin renklenme miktarlarının kompozit materyalin marka ve içeriğine göre değiştiğini, renklendirici solüsyon olarak kullandıkları materyaller arasında en fazla renk değişimine kırmızı şarabın neden olduğu, bunu kahve, çay, portakal suyu ve kolanın sırasıyla takip ettiğini bildirmektedirler (163). Çalışmamızda, tüm bu çalışmaları destekler nitelikte, ortancalar arasında renk değişimi değerlerini (ΔE) incelediğimizde en düşük değeri distile su almıştır (ΔE : 1,3), bu değeri kola solüsyonu grubu ($\Delta E = 1,84$) ve ardından portakal suyu solüsyonu grubu takip etmektedir ($\Delta E = 3,46$). Tüm örneklerde ise en yüksek derecede renk değişimi kahve grubunda tespit edilmiştir ($\Delta E = 6,62$)(Tablo 4.4.).

Genel olarak düşük doldurucu içeriğine sahip kompozit rezinler daha fazla renk değişimi göstermektedir (165, 166). Bu sonucu destekler şekilde Lu ve ark. ‘ları yaptıkları çalışmalarında Estelite Σ Quick (Suprananofil)’ in, Herculite XRV Ultra (nanohibrit) %79, Charisma Diamond (nanohibrit) %78, Esthetx (nano partiküllü) %77 ‘ e göre daha yüksek doldurucu partikül oranına sahip olmasından dolayı (ağırlıkça %82) daha düşük renk değişimi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Estelite Σ Quick ve Tetric Ceram‘ın renk stabilitelerinin değerlendirildiği bir araştırmada ise, Estelite Σ Quick’in daha fazla ΔE değerleri göstermesine rağmen, sonuçlarda anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (58,166,167). Bu bilgilere ek olarak yüksek miktarda doldurucu içeren kompozitlerin polimer yapı içerisine difüze olacak su molekülleri için daha az geçiş yolları oluşturup, solüsyonların alımı için var olan serbest hacmi ve dolayısıyla su absorpsiyonunu azalttığı, bu sayede renklemenin daha az olduğu bilinmektedir (168). Çalışmamızda içeriğindeki partiküllerin ağırlıkça oranlarını sıraladığımızda en yüksek değere *Zenit* kompozit rezin (%83) sahipken bunu *Harmonize* kompozit rezin (%81) ve *Omnichroma* kompozit rezin (%79) takip etmektedir (Tablo 3.1.). Fakat ortalama değerleri göz önünde bulundurduğumuzda partikül ağırlığının çalışmamız sonuçlarıyla paralellik göstermediği, sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, *Omnichroma*’ nın en düşük renk değişim değerini alırken ($\Delta E = 3,3$), en yüksek değer *Zenit* rezin kompozitinde ($\Delta E = 4,25$) bulunduğu görülmüştür ($p=0,35$) (Tablo 4.3). Bu durumun çalışmamızda kullandığımız kompozitlerin ağırlık yüzdelerinin birbirine yakın olmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu da bizi kompozit rezinlerin monomer yapılarını araştırmaya yöneltmiştir.

Kompozit rezinlerin renklenme derecesine etki eden en önemli faktörlerden biri de monomerlerin tipidir. Bu monomerlerden Bis-GMA ve TEGDMA hidrofiliktir ve yüksek oranda su emilimi gösterirler. Bis-EMA ise hidrofobik yapıdadır ve düşük su emilimi gösterir. TEGDMA genel olarak Bis-EMA, Bis-GMA ve UDMA’ ya göre önemli oranda daha yüksek su emilimi göstermektedir (83). TEGDMA içeriğinin yüksek olduğu kompozitler, yapısında UDMA içeren kompozitlere kıyasla renklenmeye daha duyarlıdır. UDMA monomeri de, Bis-GMA

ile kıyaslandığında renklenmeye daha dirençlidir. Bu durum UDMA monomerinin düşük su emilimi yapması ve görünür ışıkla polimerizasyonunun yeterli derecede olabilmesinden kaynaklanmaktadır (169). Yamanel 'in yapmış olduğu çalışmada bu durumu destekler nitelikte, yapısında UDMA monomeri bulunan Ice kompozitin (nanohibrit), UDMA monomeri bulunmayan Charisma kompozite (nanohibrit) kıyasla tüm içeceklerde daha az renklenme gösterdiği belirtilmiştir (170). Çalışmamızda ortalama değerler göz önünde bulundurulduğunda UDMA ve TEGDMA içeren *Omnichroma* rezin materyali en düşük ΔE değerini (3,33) alırken, UDMA içerikli Zenit rezin materyali, UDMA içermeyen ve TEGDMA içeren *Harmonize* kompozit rezinden daha yüksek ΔE değeri almıştır fakat kompozit rezin materyallerin ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 4.3) *Zenit* kompozit rezinde, ortancalar arasında, portakal suyu solüsyonunda en yüksek ΔE değeri elde edilmiştir ($\Delta E = 7,02$), (Tablo 4.5). Bu sonucumuza paralel olarak; Gregor ve ark' larının yaptığı bir çalışmada nanoseraamik esaslı Ceram X Duo (yapısında metakrilat modifiye polisiloksan, Ba, Al Borasilikat cam mevcut), asidik meyve suyundan oldukça etkilenmiş olarak bulunmuştur ve bunun meyve suyunun polisiloksan bileşenlerine olası asidik saldırısından kaynaklı olduğunu düşünmektedirler (171). Bu bilgiler bizim çalışmamızdaki nanoseraamik yapısındaki, içeriğinde butanedioldi metakrilat ve cam partikülleri bulunan *Zenit* kompozitin bu değeri almasını desteklemektedir.

Diş rengindeki beyazlık algısındaki değişikliğin, en önemli nedeninin sarı-mavi eksenindeki (b^*) kayma olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Gerlach ve ark. yaptıkları çalışmada, subjektif birinci şahıs yanıtını araştırmışlardır. Deneklerin diş rengi tedavi öncesi ve sonrası dijital görüntü analiz teknikleri kullanılarak objektif olarak ölçülmüş ve tedaviden sonra denekler tarafından anket doldurulmuştur. Anket sonuçları renk değişimi memnuniyetine verilen subjektif yanıtların b^* değerlerindeki değişikliklerle anlamlı derecede ilişkili olduğunu, ancak L^* ve a^* değerleriyle ilişkili olmadığını göstermiştir (172).

Karaarslan ve ark. ' ları yapmış oldukları çalışmada yaşlandırma işlemi sonrası örneklerinin tamamında L değerlerinde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir (173). L değerinin azalması numunelerin koyulaştığını ifade etmektedir.

Çalışmamızda kahve, kola ve portakal suyu solüsyonlarına maruz bırakılan tüm kompozit gruplarında beklendiği gibi ΔL^* değerleri anlamlı olarak azalmıştır ($p = 0,034$) (Tablo 4.3.).

Çalışmamızda *Harmonize* kompozit, *Omnichroma* kompozit ve *Zenit* kompozitin ortalama değerlerini incelediğimizde Δb değerlerindeki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p = 0,001$). CIE Lab sisteminde b^* koordinatının sarı ve mavi renkleriyle ilişkili olduğu belirtilmektedir. Pozitif b^* değeri sarı, negatif b^* değeri ise mavi miktarını belirtmektedir (53). Ruyter ve ark. çalışmalarında kahve yapısında sarı renklendiriciler bulunduğunu bildirmişlerdir (161). Kahvedeki sarı renklendiriciler, düşük polarite göstermekte ve bu nedenlerle dolgu yüzeyine tutunarak diş fırçalama sırasında kolaylıkla yüzeyden giderilememekte bu durum kahve tarafından oluşturulan renklemenin düşük polariteye sahip sarı renklendiricilerin hem yüzeye tutunmasına ve de derinlere penetre olmasına bağlanmaktadır (162). Çalışmamızda kahve ve portakal solüsyonunda bekletilen tüm örneklerde Δb değerinin pozitif yönde olmasının bu durum ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Tablo 4.5.). Ortalama değerlere göre en yüksek Δb değerini *Zenit* kompozit almıştır ($\Delta b = 3,23$). Renklendirici solüsyonların tümü Δb değerinde artışa neden olmasına rağmen portakal solüsyonunun *Zenit* kompozit rezinlerin üzerindeki etkilerinin diğer kompozitlere göre fazla olmasıyla ($\Delta b=6,13$) *Zenit* kompozit rezinin Δb değerinin, gruplar arasında en yüksek seviyede bulunduğunu düşünmekteyiz (Tablo 4.5.).

Bunlara ek olarak kompozitlerin yapısında bulunan kamforokinon (polimerizasyon başlatıcı), eğer polimerizasyon yetersiz olursa zamanla sarı renkleşmeye neden olabilmektedir. Aromatik aminlerin (hızlandırıcıların), ışığın veya ısının etkisi altında sarı ila kırmızı / kahverengi renk bozulmasına neden olan foto-reaktif yan ürünler oluşturduğu da bilinmektedir (174,175). Bu nedenle, foto başlatıcıların konsantrasyonu ve yapısındaki aminler, test edilen malzemeler arasında elde edilen geniş Δb^* ve Δa^* değerlerinin spektrumunu açıklayabilir (167). Fakat çalışma süremizin kısa olması, 2 mm kalınlığında kompozit tabakasını ışınlamamız ve ışık cihazının gücünün ölçüm öncesi kalibre edilmesi nedeniyle değerlerimizin bu bilgilerden bağımsız olduğunu düşünmekteyiz. Tüm bunların yanısıra genel olarak

üreticiler, kamforokinon gibi foto başlatıcılar ile alakalı ayrıntılı bilgi vermemektedirler. Bu nedenle bu konu hakkında ayrıntılı bir yorum yapılamamaktadır (176).

Omnichroma kompozit rezinde Kola solüsyonunda anlamlı pürüzlülük değeri gözlenmesine rağmen ($p=0,021$)(Tablo 4.2.), diğer solüsyonlarda anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca çalışmamızda kullanılan kompozit rezin materyaller kendi içerisinde değerlendirildiğinde ΔE renk değişimine ait değerlerin ortancaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,350$)(Tablo 4.3.). Buna ek olarak *Omnichroma* kompozit materyali renk değişimlerinin farklı solüsyonlara göre değerlendirilmesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($P<0,001$)(Tablo 4.5). Tüm bu bulgular çerçevesinde çalışmamızın sıfır hipotezi kısmen reddedilmiştir.

İn vitro çalışmalar ağız içi şartlarını tam olarak taklit edemezler, yalnızca materyal ve yöntemlerin klinik performansları ile ilgili yorumlarda bulunmamıza yardımcı olurlar. Klinik koşullarda beslenme alışkanlığının yanında, oral kavitedeki sıcaklık, nem, mikroorganizmalar, tükürüğün yapısı ve miktarı, dil-yanak fonksiyonu gibi etkenlerin incelenememesi, ağız ortamında bulunan renklendirici içeceklerin tükürük ve diğer sıvılar tarafından dilüe edilebilmesi, sıcaklık ve pH seviyesindeki değişiklikler gibi dental materyallerin renk değişimleri üzerinde etkili olabilecek faktörler kompozit restorasyonların özelliklerini etkileyebilmektedir. Ayrıca kullandığımız kompozit örneklerin tamamı düz yüzeye sahiptir fakat klinik olarak rezin restorasyonların morfolojisinin tamamı düzgün yüzeylere sahip değildir. Tüm bu nedenlerden ötürü, yeni üretilen ve farklı içeriklere sahip kompozit rezinlerle ilgili in vivo ve in vitro birçok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatür incelendiğinde smart monokromatik rezinlerin karşılaştırıldığı yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu durum smart monokromatik rezinlerden elde edilen renk değişimi ve pürüzlülük değerlerinin literatür ile kıyaslanarak tartışılmasını sınırlamaktadır. Sonuçların desteklenmesi için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları dahilinde ulaşılan sonuçlar ve öneriler şunlardır:

1. Kompozit gruplar arasında en az yüzey pürüzlülüğü ortanca değerler göz önünde bulundurulduğunda nanoseramik yapısındaki *Zenit* kompozit rezinde görülürken, en fazla yüzey pürüzlülüğü nanohibrit bir kompozit rezin olan *Harmonize*'da gözlenmiştir.
2. Kompozit materyaller ve renklendirici solüsyonlar kendi içerisinde işlem öncesi ve sonrası pürüzlülük değerlerine göre yorumlandığında, kahve solüsyonunda bekletilen kompozit gruplarından sadece *Harmonize* kompozit rezinde anlamlı bir artış gözlenirken, kola solüsyonu sonrasında ise yalnızca *Omnichroma* kompozit rezinde anlamlı bir pürüzlülük artış değeri elde edilmiştir.
3. Günlük hayatta kullanılan solüsyonların mevcut olduğu çalışmamızda renklenme değerleri (ΔE) kahve > portakal suyu > kola şeklinde sıralanmıştır.
4. Kompozit rezinlerin çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre portakal solüsyonu kullanıldığında *Zenit* kompozit rezin materyali ile *Harmonize* ve *Omnichroma* dolgu materyalleri arasında ΔE renk değişimi açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmiş, portakal suyu solüsyonunda yalnızca *Zenit* kompozit rezinde klinik olarak kabul edilemez renk değişimi gözlenmiştir ($\Delta E > 3,3$).
5. Kullanılan kompozit rezin materyallerin sonuçları incelendiğinde renk stabilitesi ve pürüzlülük bakımından Smart (Akıllı) kromatik teknolojisi ile üretilmiş olan *Omnichroma* kompozit rezin kabul edilebilir değerler gösterdiğinden klinik olarak kullanımı tavsiye edilmektedir.

7. KAYNAKÇA

1. **Genc G., Toz T** Ön Dişlerin Direkt Restorasyonlarında Uygulanan Kompozit Rezinlerin Renk Stabiliteleri. *The Journal of Ondokuz Mayıs University Faculty of Dentistry*. **2016**; 14 (2): 7-19.
2. **Darabi F., Seyed-Monir A., Mihandoust S., Maleki D.** The effect of preheating of composite resin on its color stability after immersion in tea and coffee solutions: An in-vitro study. *J Clin Exp Dent.*, **2019**; 11(12):e1151-e1156 <https://doi.org/10.4317/jced.56438>.
3. **Neelakantan P., Nasim I., Sujeer R., Subbarao C V.** Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins - *An in vitro study*. *Journal of Dentistry*.**2010**; Volume 38, Supplement 2 Pages e137-e142.
4. **Pereira S., J. M. Powers & R. D.** Paravina Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *J Esthet Restor Dent*, **2019**; 31, 465-470.
5. **Paravina RD, Roeder L, Lu H, Vogel K, Powers JM.** Effect of finishing and polishing procedures on surface roughness, gloss and color of resin-based composites. *Am J Dent* . 2004; 17: 262-266.
6. **Powers JM SR.** Resin Composite Restorative Materials. *InCraig's Restor Dent Mater Twelfth Ed Mosby*, Missouri **2006**; p 190-212.
7. **Westland S.** Review of the CIE System of Colorimetry and Its Use in Dentistry. *J Esthet Restor Dent*. **2003**. 15 Suppl 1: S5-12. doi: 10.1111/j.1708-8240.2003.tb00313.x.
8. **Senawongse P., Pongprueksa P.** Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent*. **2007**; 19:265–275 <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x>.
9. **Chung K .** Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dent Mater*. 1994; 25(6):534-43 [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90041-8](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90041-8).
10. **Weitman RT, Eames WB.** Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *J Am Dent Assoc*. **1975**; 91(1):101–6.
11. **Moszner N., Salz U. D.** Recents developments of the new components for

dental adhesives and composites. *Macromol Mater Eng.* **2007**; 292, 245–271
<https://doi.org/10.1002/mame.200600414>.

12. **Hilton TJ, Broome JC.** Direct posterior esthetic restorations. In: Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS, Santos JD, editors. *Fundamentals of operative dentistry. Illinois: Quintessence publishing; 2006*; p. 289-340.
13. **Uğuz O.** Bitki çaylarının diş rengindeki restoratif materyallerin mikrosertlik ve renk stabiliteleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2011*; 1-5.
14. **Burgess JO., Walker R., Davidson JM.** Posterior resin-based composite: Review of the literature. *Pediatr Dent.* **2002**; 24:465-479.
15. **Dayangaç B.** Kompozit Rezin Restorasyonlar, Güneş Kitabevi Ltd. Şti. Say:1-20, Ankara: Güneş Kitabevi; **2000**. 74-84 s.
16. **Gonulol N.** Nanodolduruculu kompozitlerde farklı bitirme ve cila tekniklerinin yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Doktora Tezi, 2009*: 3-28 s.
17. **Wakefield CW, Kofford KR.** Advances in restorative materials. *Dent Clin North Am* **2001**; 45(1):7-29 .
18. **Wilson KS, Zhang K, Antonucci JM.** Systematic variation of interfacial phase reactivity in dental nanocomposites. *Biomaterials.* **2005**; 26(25):5095-103.doi: 10.1016
19. **Lutz F, Phillips RW.** A classification and evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent.* **1983**; 50(4):480-8.
20. **Dayangaç B.** Kompozit restorasyonlar. *Quintessence Yayıncılık Ltd. Şti, Ankara. 2011.* 2th 3.Bölüm 500.
21. **Anusavice K. J.** Phillips' Science of Dental Materials, *Eleventh Ed.*, WB Saunders Comp China. **2003.** 2th 48-69 .
22. **Tyas MJ.** Correlation between fracture properties and clinical performance of composite resins in Class IV cavities. *Aust Dent J.* **1990**; 46-49.
23. **McCabe JF, Walls AWG.** Applied dental materials. 8th Ed. *Oxford, England: Blackwell Scientific Pub ,2000.* 87-178

24. **Gladwin M, Bagby M.** Clinical Aspects of Dental Materials. *In: Clinical Aspects of Dental Materials.* **2009.** 22-30 .
25. **Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson M.** A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc.* **1998** May;129(5):567–77.
26. **Sakaguchi RL, Powers JM.** Craig’s restorative dental materials. *Elsevier/Mosby;* **2012.**
27. **Mitra SB, Wu D, Holmes BN.** An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc.* **2003;** 134(10):1382-90. doi: 10.14219
28. **Deliktaş D.** Farklı ışık cihazlarıyla polimerize edilen iki kompozit rezinin yüzey sertliği üzerine çeşitli likitlerin etkisi. Doktora Tezi. *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü;* **2006:** 50 s
29. **Jung M, Eichelberger K, Klimek J.** Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multiple-step polishing. *Oper Dent.* **2007;** 32(4):347-55.
30. **Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S.** Influence of Different Drinks on the Colour Stability of Dental Resin Composites. *Eur J Dent.* **2009;** 3(1):50-6
31. **Ajlouni R, Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Warren J.** The use ofOrmocer as an alternative material for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod.* **2005;** 75(1):106-8.
32. **Çelik Ç.** Güncel Kompozit Resin Sistemler. *Türkiye Klinikleri.* **2017;** 3(3):128-37 .
33. **Okuyama K, Murata Y, Pereira PNR, Miguez PA, Komatsu H, Sano H.** Fluoride release and uptake by various dental materials after fluoride application. *Am J Dent.* **2006;** 19(2):123-7.
34. **Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R.** Siloranes in dental composites. *In: Dental Materials.* **2005.** 21(1):68-74 .
35. **Ferracane JL.** Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *In: Dental Materials.* **2005.** 21(1):36-42. doi: 10.1016 .

36. **Ilie N, Keßler A, Durner J.** Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent.* **2013**; 41(8):695-702.
37. **Aydın N, Karaoğlu S, Oktay EA, Toksoy Topçu F, Demir F.** Diş Hekimliğinde Bulk Fill Kompozit Rezinler. *Selcuk Dent J.* **2019**; 229 - 238 .
38. **El-Damanhoury HM, Platt JA.** Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* **2014**; 39(4):374-82. doi: 10.2341
39. **Fan C, Chu L, Rawls HR, Norling BK, Cardenas HL, Whang K.** Development of an antimicrobial resin—A pilot study. *Dental Materials* **2011**; 27: 322-328.
40. **Cheng L, Weir MD, Xu HH, Antonucci JM, Kraigsley AM, Lin NJ, Lin-Gibson S, Zhou X.** Antibacterial amorphous calcium phosphate nanocomposites with a quaternary ammonium dimethacrylate and silver nanoparticles. *Dental Materials* 2012; 28: 561-572.
41. **McDonnell G, Russell AD.** Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical microbiology reviews* **1999**; 12: 147-179.
42. **Poss SD.** Utilization of a new self-adhering flowable composite resin. *Dent Today.* **2010**; 29(4):104-5.
43. **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 Odontol Scand.* **2013**; 71(3-4):541-6.
44. **Ferracane JL.** Resin composite - State of the art. *Dental Materials.* **2011**. 27(1):29-38. doi: 10.1016 .
45. **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. *J Dent.* **2014**; 42(9):1143-50. doi: 10.1016.
46. **Van Dijken JW V, Sunnegårdh-Grönberg K.** Fiber-reinforced packable resin composites in Class II cavities. *J Dent.* **2006**; 34(10):763-9 .
47. **WEB_2020** Scientific compendium of Ceramx One
<http://dentsplymea.com/sites/default/files/ceram.one> scientific
 compendiu.20.05.2020

48. **McCabe JF, Yan Z, Al Naimi OT, Mahmoud G, Rolland SL.** Smart materials in dentistry. *Aust Dent J.* **2011**; 56:(1 Suppl): 3–10
49. **Pereira Sanchez N, Powers JM, Paravina RD.** Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *J Esthet Restor Dent.* **2019**; 31(5):465-470. doi: 10.1111
50. WEB_2020 Teknik Rapor Omnichroma
<https://www.tokuyamaturkiye.com/upload/teknik/omnichroma.20.05.2020>
51. **Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ.** Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Operative Dentistry.* **2004**; 29 (1). 100-104.
52. **Türkün LS, Türkün M.** The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry.* **2004**;29 (2): 203-211.
53. **O'brien WJ.** Dental materials and their selection 4th ed. Illinois: Quintessence Publishing. **2008**; 378 .
54. **Mayekar SM.** Shades of a color. Illusion or reality? *Dental Clinics of North America.* **2001**;45(1):155-72,
55. **Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett S.** Fundamentals of Fixed Prosthodontics. *Quintessence Pub Co. Inc,* Chicago. **1997**:485-90.
56. **Touti B, Miara P, Nathanson D.** Esthetic Dentistry and Ceramic Restoration. London: Martin Dunitz; **1999**. 54-61.
57. **Kahramanoğlu E, Özkan YK.** Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal.* **2013**;16(4):339-47.
58. **Lee Y-K, Lu H, Powers JM.** Measurement of opalescence of resin composites. *Dental Materials.* **2005**;21(11):1068-74.
59. **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.
60. **Ulusoy M, Toksavul S.** Kupon köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Dişhek Fak Derg.* **1992**;13:29-36.

61. **Russell M, Gulfraz M, Moss B.** In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of Oral Rehabilitation*. **2000**;27(9):786-92.
62. **Knispel G.** Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence International*. **1991**;22(7).
63. **Phillips RW, Anusavice KJ.** Phillips' science of dental materials. *Elsevier/Saunders*; **2013**. 12th 40-76
64. **Ferracane J, Berge H, Condon J.** In vitro aging of dental composites in water—effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials* **1998**. 5;42(3):465-72.
65. **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.
66. **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(5):483-91.
67. **Craig R, Powers J.** Restorative dental materials. 11 5. th ed St. Louis: Mosby. **2002**:348-70.
68. **Öngül D.** İki güncel renk anahtarının renk seçimindeki üstünlüklerinin spektrofotometrik analiz ile klinik olarak değerlendirilmesi: İstanbul Üniversitesi Doktora Tezi; **2006**.
69. **Fondriest J.** Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. **2003**;23(5):467-80.
70. **Inokoshi S, Burrow M, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T.** Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Operative Dentistry*. **1996**;21:73-80.
71. **Devigus A, Chu SJ , Mielezsko AJ.** Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry: *Quintessence Publishing Company*; **2004**.165
72. **Foster DH, Amano K, Nascimento SM, Foster MJ.** Frequency of

metamerism in natural scenes. Josa a. **2006**;23(10):2359-72.

73. **Burkinshaw S.** Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. British dental journal. **2004**;196(1):33.
74. **Biçer A. Z. Y., Karakış D, Doğan A.** Termal siklusun indirekt kompozit rezin materyallerinin renk stabilitesi üzerine etkisi. *Acta Odontol Turc.* **2014**; 13-17.
75. **Martin N., Jedynakiewicz NM., Fisher AC.** Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. *Dent Mater.* **2003**. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00015-5](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00015-5).
76. **Fontes ST, Fernández MR, de Moura CM, Meireles SS.** Color stability of a nanofill composite: Effect of different immersion media. *J Appl Oral Sci.* **2009**; 17(5):388-91
77. **Dos Santos PH, De Souza FI, Guedes APA, Pavan S.** Effect of postpolymerization method on the color stability of composite resins submitted to ultraviolet aging. *Int J Periodontics Restor Dent.* **2012**; 08-15
78. **Kim K, Son KM, Kwon JH, Lim BS, Yang HC.** The effects of restorative composite resins on the cytotoxicity of dentine bonding agents. *Dent Mater J.* **2013**; 32(5):709-17.
79. **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. *J Dent.* **2011**; 37-44 .
80. **Shortcill AC, Palin WM, Burtscher P.** Refractive index mismatch and monomer reactivity influence composite curing depth. *J Dent Res.* **2008**; 84-8. doi: 10.1177.
81. **Moharamzadeh K, Van Noort R, Brook IM, Scutt AM.** HPLC analysis of components released from dental composites with different resin compositions using different extraction media. In: *Journal of Materials Science: Materials in Medicine.* 2007. 133-7.
82. **Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J.** Color stability of different composite resin materials. *J Prosthet Dent.* **2013**; 109(6):378-83. doi: 10.1016

83. **Genç G, Toz T.** A Review Of The Color Stability Of Resin Composites: The Etiology, Classification And The Treatment Of Composite Staining. *J Ege Univ Sch Dent.* **2017**; 38_2: 68-79.
84. **Bagheri R, Burrow MF, Tyas M.** Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* **2005**; 33(5):389-98. doi: 10.1016
85. **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. *J Dent.* **2008**. <https://doi.org/10.1016/j>.
86. **Tae-Hyung K, García-Godoy F, Ko CC, Park JK, Kim H II, Kwon YH.** Effect of temperature on the mass and color stability of additional photoinitiator-containing composite resins. *Dent Mater J.* **2013**; 7(5)
87. **İşcan Yapar M, Gül P.** Farklı içeceklerde bekletilen siloran ve dimetakrilat esaslı kompozitlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Acta Odontol Turc.* **2015**; 51-56
88. **Draghici R.** In M. The accuracy of tooth color determination by dental students. *Conference Paper.* **2014**
89. **Rosenstiel SF, Land M, Fujimoto J CJ.** Contemporary Fixed Prosthodontics. *St Louis Mosby, Inc* 2001;2001380-416. **2001**;5th
90. **Sorensen JA, Torres TJ.** Improved color matching of metal ceramic restorations. Part II: Procedures for visual communication. *The Journal of prosthetic dentistry.* **1987**;58(6):669-77.
91. **Joiner A.** Tooth colour: A review of the literature. *J Dent.* **2004**; 32 Suppl 1:3-12. doi: 10.1016
92. **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.
93. **O'brien WJ.** Dental materials and their selection 4th ed. *Illinois: Quintessence Publ* **2008**; 378.
94. **Chu SJ, D.A MA.** Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. *Quintessence Publ Co.* **2004**; 2th ed.

95. **Sproull RC.** Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. **2001**;86(5):458-64.
96. **Doğan D. A. , Yüzügüllü B.** Renk seçiminde güncel teknolojik gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. **2011**;2011(4):65-72.
97. **Köprülü H, Dayangaç B, Gürkan S, Önen A.** Farklı posterior kompozitlerin kahve ve çay ile boyanması. *A. Ü. Diş Hek. Fak. Derg* **1992**;19:371.
98. **Powers J, Sakaguchi R.** Craig's restorative dental materials, Mosby, St. Louis, MO, USA e-book. **2012**.
99. **Ahmad I.** Predictable Aesthetic Dental Restorations: Wiley Online Library; **2006**.
100. **Demir F.** Beyazlatıcı Diş Macunlarına Maruz Bırakılan Restoratif Materyalin Renk ve Yüzey Değişikliklerinin İncelenmesi. *Gülhane Askeri Tıp Akademisi Sağlık Bilimleri Enstitüsü* **2018**.
101. **Sarıkaya I, Güler AU.** Diş Hekimliği Uygulamalarında Renk Kavramı. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*. **2009**;15(2):118-29.
102. **Jager N, Feilzer A, Davidson CL.** The influence of surface roughness on porcelain strength. *Dental Materials*. **2000**;16 (6): 381-388.
103. **Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Gregoire G.** Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative Dentistry* **2006**;31 (1): 39-46.
104. **İnan H, Tamam E, Bağış B.** Tam Protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. **2008**; 17 (3): 171-176.
105. **Gönülol N, Yılmaz F.** The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *J Dent*. **2012**; 67-70
106. **Bozkaya S., Tekçe N, Özel E.** Işık ile Sertleşen Karakterizasyon Materyali ve Beyazlatma Ajanı Uygulanmasının Kompozit Materyallerin Yüzey Özellikleri ve Renk Değişimi Üzerine Etkileri. *Türkiye Klin J Dent Sci* **2018**;24(3)197-204.
107. **Hawary E.** The art of matching anterior porcelain restorations: a clinical case report. *J Calif Dent Assoc*. **2014**; 42(5):319-24

108. **Musanje L, Darvell B.** Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials. *Dental Materials.* 2003;19(5):414-22.
109. **Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G.** Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.*, **2003** 28(3):215-235.
110. **Magni E, Ferrari M, Papacchini F, Hickel R, Ilie N.** Influence of ozone application on the repair strength of silorane-based and ormocer-based composites. *Am J Dent .* **2010** Oct;23(5):260-4.
111. **Addy M, Shellis RP.** Interaction between attrition,abrasion and erosion in tooth wear. *Monographs in oral science.* **2006.** 20:17-31
112. **Millward A, Shaw L, Harrington E, Smith AJ.** Continuous monitoring of salivary flow rate and ph at the surface of the dentition following consumption of acidic beverages. *Caries Res.* **1997**; 31:44–49
113. **Pires JA, Cvitko E, Denehy GE, Swift EJ.** Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintessence Int.* **1993**; 24(7):517-21
114. **Lima AF, de Andrade KMG, da Cruz Alves LE, Soares GP, Marchi GM, Aguiar FHB, et al.** Influence of light source and extended time of curing on microhardness and degree of conversion of different regions of a nanofilled composite resin. *Eur J Dent.* **2012**; 6(2): 153–157.
115. **Nomoto R, McCabe JF, Hirano S.** Effect of aperture size on irradiance of Led curing units. *Dent Mater.* **2004**; 20:687- 692.
116. **Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ.** Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater.* **2004**;20:364-369.
117. **Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G.** The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Oper Dent.* **2008**; 33(1):44-50
118. **Barakah HM, Taher NM.** Effect of polishing systems on stain susceptibility and surface roughness of nanocomposite resin material. *J Prosthet Dent.***2014.**112(3):625-31

119. **Patel SB, Gordan V V., Barrett AA, Shen C.** The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *J Am Dent Assoc.* **2004**; 135(5):587-94
120. **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. *J Esthet Restor Dent.* **2016**; 28(4):247-61
121. **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. *Oper Dent.* **2006**; 31(1):11-7
122. **Van Dijken JWV, Ruyter IE.** Surface characteristics of posterior composites after polishing and toothbrushing. *Acta Odontol Scand.* **1987**; 45:337-346
123. **Fruits TJ, Miranda FJ, Coury TL.** Effects of equivalent abrasive grit sizes utilizing differing polishing motions on selected restorative materials. *Quintessence Int (Berl).* **1996**;27(4):279-85.
124. **Al-Samadani KH.** Color stability of restorative materials in response to Arabic coffee, Turkish coffee and Nescafe. *J Contemp Dent Pract.* **2013**; 14(4):681-690
125. **Bazzi JZ, Bindo MJF, Rached RN, Mazur RF, Vieira S, de Souza EM.** The effect of at-home bleaching and toothbrushing on removal of coffee and cigarette smoke stains and color stability of enamel. *J Am Dent Assoc.* **2012**; 143 (5), 1-7
126. **Güler E.,Gönülol E.,Yücel Ç.,**Farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezinlerin renk stabiliteilerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* **2013**; 24-29
127. **Borges ALS, Costa AKF, Saavedra GSFA, Komori PCP, Borges AB, Rode SM.** Color stability of composites: effect of immersion media. *Acta Odontol Latinoam.* **2011**; 24(2):193-9.
128. **Kamak H.** Evaluation Of The Microroughness Of Composite Resins Which Were Exposed To Various Drinks After They Are Brushed With Whitening Toothpaste. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* **2013**; 32:75-82
129. **Barutçigil Ç, Harorli O.T., Yildiz M, Özcan E, Arslan H, Bayindir F.** The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc.* **2011**; 142(6):658-65.

130. **Ferracane JL.** Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* **1994**; 21(4):441-52. doi: 10.1111
131. **Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD.** Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *In: Journal of Dentistry.* **2010.** 2-16.
132. **Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM.** Comparison of the color stability of ten new-generation composites: An in vitro study. *Dent Mater.* **1994**; (6):353-62
133. **Jones CS, Billington RW, Pearson GJ.** The in vivo perception of roughness of restorations. *Br Dent J.* **2004**; 196(1):42-5
134. **Bani M, Öztaş N.** Cam iyonomer içerikli farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica* **2013**;30:13-7.
135. **Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Grégoire G.** Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Oper Dent.* **2006**; 31(1):39-46.
136. **Berastegui E, Canalda C, Brau E, Miquel C.** Surface roughness of finished composite resins. *J Prosthet Dent.* **1992**; 68(5):742-749
137. **Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G.** The Surface Roughness of Enamel-to-Enamel Contact Areas Compared with the Intrinsic Roughness of Dental Resin Composites. *J Dent Res.* **1991**; 118 :649-651.
138. **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. *Dent Mater.* **1985**; 225-227.
139. **Northeast SE, van Noort R.** Surface characteristics of finished posterior composite resins. *Dent Mater.* **1988**; 278-288.
140. **Kaizer MR, De Oliveira-Ogliari A, Cenci MS, Opdam NJM, Moraes RR.** Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials.* **2014.** 41-78.
141. **Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM.** Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of

packable composite resins. *Dent Mater.* **2003**; 12-18

142. **Smales RJ, Gerke DC.** Clinical evaluation of light-cured anterior resin composites over periods of up to 4 years. *Am J Dent.* **1992**; 208-12
143. **Göpferich A.** Mechanisms of polymer degradation and erosion. *Biomaterials.*1996; 103-114
144. **Fawad N.** Effect of different polishing procedures on color stability on nanocomposites in different mouth rinses. *IAJD*, **2013**:77-82.
145. **Barbosa Sh, Zanata Rl, Navarro Mf, Nunes Ob.** Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Braz Dent J*, **2005**.16(1):39-44.
146. **Choi Ms, Lee Yk, Lim Bs, Rhee Sh, Yang Hc.** Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *J Mater Sci Mater Med*, **2005** 16(4):347-53.
147. **Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C.** Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *J Dent* **2010**;38: 137-142.
148. **Bansal K, Acharya SR, Saraswathi V.** Effect of alcoholic and nonalcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* **2012**;15(3):283-8. doi: 10.4103/0972-0707.97961.
149. **Tuncer D, Karaman E, Firat E.** Does the temperature of beverages affect the surface roughness, hardness, and color stability of a composite resin? *Eur J Dent.* **2013**;165–171
150. **Bansal K, Acharya S, Saraswathi V.** Effect of alcoholic and non-alcoholic beverages on color stability and surface roughness of resin composites: An in vitro study. *J Conserv Dent.* **2012**; 283-288.
151. **Isabel C., Dominguet A., Santos S. D., Ribeiro J., Moysés Mr.** Surface roughness of a resin composite. *RGO - Rev Gaúcha Odontol.* **2016**; 455-465 .
152. **Gouvea CVD, Bedran LM, de Faria MA, Cunha-Ferreira N.** Surface roughness and translucency of resin composites after immersion in coffee and soft drink. *Acta Odontol Latinoam.* **2011**; 24(1):3-7.
153. **Gladys S, Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G.**

Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. *Journal of Dental Research*. **1997**;24(1):3-7.

154. **Çetin A. R.** Yeni iki tip kompozit materyalin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması. *Selcuk Dent J* **2018**. 194-202
155. **Alghazali N, Burnside G, Moallem M, Smith P, Preston A, Jarad FD.** Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *J Dent*. **2012**; 40 Suppl 1:e10-7
156. **Türkün LŞ, Türkün M.** Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *J Esthet Restor Dent*. **2004**; 16(5):290-301
157. **O'Brien WJ, Hemmendinger H, Boenke KM, Linger JB, Groh CL.** Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater*. **1997**; 13(3):179-85
158. **Tan BL, Yap AUJ, Ma HNT, Chew J, Tan WJ.** Effect of beverages on color and translucency of new tooth-colored restoratives. *Oper Dent*. **2015**; 56-65.
159. **Barutçigil Ç, Yildiz M.** Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *J Dent*. **2012**; 57-63 .
160. **Mundim FM, Garcia L da FR, Pires-de-Souza F de CP.** Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *J Appl Oral Sci*. **2010**; 249-254
161. **Ruyter IE, Oysaed H.** Analysis and characterization of dental polymers. *Crit Rev Biocompat* **1988**; 4: 3: 247-279.
162. **Yazici AR, Çelik C, Dayangaç B, Özgünaltay G.** The effect of curing units and staining solutions on the color stability of resin composites. *Oper Dent* **2007**; 32: 616-622.
163. **Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ.** A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence Int*. **2010**; 695-702.
164. **Schulze KA, Marshall SJ, Gansky SA, Marshall GW.** Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dent Mater*. **2003**; 612-

619.

165. **Eldiwany M, Friedl KH, Powers JM.** Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent* **1995**; 8(4), 179-181.
166. **Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM.** Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent.* **2005**; 102-108.
167. **Sarafianou A, Iosifidou S, Papadopoulos T, Eliades G.** Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Oper Dent.* **2007**; 406-11.
168. **Ferracane JL.** Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* **2006**; 211-22.
169. **Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P.** Color stability of restorative resins. *Quintessence Int.* **1991**; 733-7 .
170. **Yamanel K.** Farklı İçeceklerin Dış Rengindeki Restoratif Materyallerin Renk Stabiliteleri Üzerine Etkisi. *SDÜ Sağlık Bilim Derg.* **2018**; 26-31.
171. **Gregor L, Krejci I, Di Bella E, Feilzer AJ, Ardu S.** Silorane, ormocer, methacrylate and compomer long-term staining susceptibility using ΔE and ΔE 00 colour-difference formulas. *Odontology.* **2016**; 305-9 .
172. **Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA.** Objective and subjective whitening response of two self-directed bleaching systems. *Am J Dent.* **2002**; 7-12 .
173. **Sirin Karaarslan E, Bulbul M, Yildiz E, Secilmis A, Sari F, Usumez A.** Effects of different polishing methods on color stability of resin composites after accelerated aging. *Dent Mater J.* **2013**; 58-67 .
174. **Janda R, Roulet JF, Latta M, Steffin G & Rüttermann S** Color stability of resin-based filling materials after aging when cured with plasma or halogen light European .*Journal of Oral Sciences.* **2005.** 113(3) 251-257.
175. **Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G & Latta M** Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European Journal of Oral Sciences.* **2004.** 112(3) 280-285.
176. **Saraç D. ,Saraç Y. Ş , Külünk T.,Külünk Ş. UÇ.** Effect of Light Sources on Color Stability of Composite Resins. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg,* **2006**; 77-82 .





