TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

BUKALEMUN ETKİSİ GÖSTEREN KOMPOZİTLERİN RENK EŞLEŞME ÖZELLİKLERİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Arş. Gör. Dt. EMİNE BETÜL YAVUZ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK EĞİTİMİ BİTİRME TEZİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Cafer Türkmen

İSTANBUL-2022

BEYAN

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

EMİNE BETÜL YAVUZ

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca yardımlarını ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN'e,

Eğitim hayatım süresince ve tez dönemimde her daim destekleri ve fikirleriyle bana yol gösteren hocalarım Doç. Dr. Pınar YILMAZ ATALI ve Doç. Dr. Bora KORKUT'a,

Akademik hayatım boyunca bana her zaman hoşgörü ile yaklaşan ve eğitimleri ile katkı sağlayan Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyeleri Prof. Dr. Dilek TAĞTEKİN, Doç. Dr. Bilge TARÇIN ve Dr. Öğr. Üyesi Gülçin Bilgin GÖÇMEN'e

Tez jürimde bulunan değerli hocam, Prof. Dr. Funda YANIKOĞLU'na

Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım 19 Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Öğretim Üyesi, Doç. Dr. Emel KAHRAMAN'a ve Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Öğretim Üyesi, Prof. Dr. Mustafa Ay'a

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda birlikte çalıştığım asistan arkadaşlarıma ve sadece çalışmam boyunca değil, her konuda yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dt. Elif ALKAN ve her zaman yanımda hissettiğim, Dt. Büşra KARABULUT, Dt. Esin ÜLPER, Uzm. Dt. Merve ŞEKER, Uzm. Dt. Ayşe Aslı ŞENOL'a

Hayatımdaki ve tez sürecimdeki maddi manevi en büyük destekçim sevgili eşim Enes Fatih YAVUZ'a, anlayışıyla eğitim sürecimi en rahat şekilde geçirmeme yardımcı olan çocuklarımın bakımına yardımcı, benim de bir ablam olan Gülşen BABAYİĞİT'e, bu günlere gelmemde çok büyük katkıları olan, varlıklarıyla her zaman destek olan ve tüm eğitim hayatım boyunca her konuda benim yanımda olan kıymetli aileme ve çocuklarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BEYAN ……..…….ii

TEŞEKKÜR……...……iii

İÇİNDEKİLER ……iv

KISALTMALAR VE SİMGELER ……..….viii

ŞEKİL, RESİM VE TABLOLAR ……. xi

ÖZET……...1

SUMMARY…….1

1. GİRİŞ VE AMAÇ……2

2. GENEL BİLGİLER……4

2.1. Kompozit Rezinler……..……4

2.1.1.Kompozit rezinlerin gelişimi…….…….4

2.1.2.Kompozit rezinlerin yapısı…….…….7

2.1.2.1. Organik polimer matriks faz……...……7

2.1.2.1.1. Monomerler ve ko-monomerler…….7

2.1.2.1.2. Aktivatör……...…….9

2.1.2.1.3. İnhibitör…….…….9

2.1.2.1.4. UV stabilizatörleri……...…….10

2.1.2.1.5. Pigmentler……...…….10

2.1.2.2. İnorganik faz……10

2.1.2.3. Ara faz……..……11

2.1.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması……..12

2.1.3.1. İnorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması……..……..13

2.1.3.1.1 Megafil kompozit rezinler……...……..13

2.1.3.1.2. Makrofil (geleneksel) kompozit rezinler……..…13

2.1.3.1.3. Midifil kompozit rezinler……..…13

2.1.3.1.4. Minifil kompozit rezinler ……..…13

2.1.3.1.5. Mikrofil kompozit rezinler ..…… 14

2.1.3.1.6. Hibrit kompozitler……14

2.1.3.1.7. Nanokompozitler……..……15

2.1.3.2.Viskozitlerine göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması…….……...15

2.1.3.2.1. Kondanse olan kompozit rezinler……15

2.1.3.2.2. Akışkan kompozit rezinler…….……..…16

2.1.3.3. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması……...…….16

2.1.3.3.1. Kimyasal olarak polimerize olabilen kompozit rezinler…..…16

2.1.3.3.2. Işık ile polimerize olabilen kompozit rezinler…….……17

2.1.3.3.3. Hem kimyasal yolla hem ışık ile polimerize olabilen kompozit rezinler…….17

2.1.4. Kompozit rezin sistemlerindeki güncel gelişmeler…….…17

2.1.4.1. Ormoser esaslı kompozitler…….…….17

2.1.4.2. Antibakteriyel kompozit rezinler……..……18

2.1.4.3. Çok az büzülme gösteren kompozit rezinler/ Siloran esaslı kompozitler……..…….19

2.1.4.4. Giomerler……...……..20

2.1.4.5. Bulk-fill kompozit rezinler……...……20

2.1.4.6. Bukalemun etkisi gösteren universal tek renk kompozitler…….……..23

2.2. Diş Hekimliğinde Renk…….…….25

2.2.1. Munsell renk sistemi…….....26

2.2.1.1. Value (parlaklık)…….…….27

2.2.1.2. Hue (renk tonu) ……..……..27

2.2.1.3. Chroma (renk yoğunluğu) ……..…….……27
2.2.2. CIE XYZ renk sistemi…….…….27
2.2.3. CIE L*a*b renk sistemi…….....28
2.2.4. RGB renk sistemi…….……30
2.2.5. Diş hekimliğinde renk tespit yöntemleri……..31
2.2.5.1. Kalorimetreler…….…….32
2.2.5.2. Spektroradyometreler…….……..33
2.2.5.3. Spektrofotometreler…….……34
2.2.5.4. Dijital kamera ve görüntüleme sistemleri…….……35
2.3. Yüzey Pürüzlülüğü……37
2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemleri……..37
2.3.1.1. Profilometreler…….37
2.3.1.1.1. Mekanik profilometreler…….....37
2.3.1.1.2. Optik profilometreler……..……..38
2.3.1.2. Taramalı elektron mikroskopu (SEM)…….…….39
2.3.1.3. Atomik kuvvet mikroskopu (AFM)……..…39
2.4. Yapay Yaşlandırma yöntemleri……...….40
2.4.1. Termal siklus ile yaşlandırma……..….40
2.4.2. Otoklavda yaşlandırma……..…..41
2.4.3. Suda bekletme ile yaşlandırma…….41
3. GEREÇ VE YÖNTEM……...…..42
3.1. Çalışmada Kullanılan Test Metodları…….....42
3.2. Çalışmada Test Edilen Materyaller…….....42
3.3. Çalışmada kullanılan Universal Adeziv…….….44
3.4. Çalışmada Kullanılan Işık Cihazı……44
3.5. Fiziksel Özelliklerin Değerlendirilmesi……45

3.5.1. Kompozit rezin örneklerin hazırlanması……..…45

3.5.2. Deney grupları…….…46

3.5.3. Örneklerin 1. pürüzlülük ölçümlerinin yapılması……47

3.5.4. Termal siklus ile yaşlandırma ve örneklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi…….……..48

3.5.5. Örneklerin 2. Pürüzlülük ölçümlerinin yapılması……49

3.5.6.İstatistiksel analiz…….....50

3.6. Optik Özelliklerin Değerlendirilmesi……...50

3.6.1. Doğal dişlerin toplanması ve örneklerin hazırlanması……..…51

3.6.2. Başlangıç renk ölçümü (Spektrofotometre ve Photoshop)…….…..52

3.6.3. Örneklere kavite açılması…….…54

3.6.4. Örneklere restorasyon uygulanması ve 2. kez renk ölçümü analizi…....56

3.6.5. Örneklerin termal siklus ile yaşlandırılması ve renklendirici ajan içerisinde bekletilmesi……..….59

3.6.6. Örneklerden 3. Kez renk ölçümü yapılması…….60

3.6.7. İstatistiksel değerlendirme……...60

4. BULGULAR…….…61

4.1. Fiziksel Özellikler……...…61

4.1.1. Pürüzlülük analizi……..…..61

4.2. Optik Özellikler……...……..65

5. TARTIŞMA ……..87

6. SONUÇ…….105

7. KAYNAKLAR……....106

8. ÖZGEÇMİŞ……130

KISALTMALAR ve SİMGELER

°: Derece

%: Yüzde

%R: Yansıma miktarı

°C: Santigrat derece

10- MDP: 10' metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat

a*: Renk değişim ekseni

AFM: Atomik kuvvet mikroskopu

AUDMA: Aromatik dimetakrilat

b*: Renk değişim ekseni

Bis-DMA: Bisfenol A dimetakrilat

Bis-EMA: Etoksilat bisfenol A-dimetakrilat

Bis-GMA: Bisfenol-A ve glisildimetakrilat

BPO: Benzoil peroksit

C faktör: Konfigürasyon faktörü

C=C: Karbon-karbon bağı

CAP-1: Color adjustment potential

CIE L*a*b: Renk sistemi

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

CIEDE2000: Color difference formula

HEMA: Hidroksiletil metakrilat

ISO: International Organization for Standardization

kPa: Kilopascal

L*: Renk değişim ekseni

LED: Light Emitting Diode

MDPB: Metakriloloksidesil dihidrojen fosfat

mW/cm2: Miliwatt/santimetrekare

p: Anlamlılık düzeyi

PH: Potansiyel hidrojen

PPMA: Cam dolduruculu polimetilmetakrilat

Ra: Yüzey ortalama pürüzlülüğü

RGB: Kırmızı, yeşil, mavi renk sistemi

SDR: Smart Dentin Replacement

SEM: Tarayıcı elektron mikroskopu

$SİO_2$: Silisyum dioksit

Sn: Saniye

SPSS: Statistical Package for Social Sciences

TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat

TPO: Difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfin oksit

UDMA: Üretan dimetakrilat

UV: Ultraviyole

ΔE: Algı farklılığı

μm: Mikrometre

ŞEKİL, RESİM ve TABLOLAR

i. Şekil Listesi

Şekil 2.1. Kompozitlerin gelişimi

Şekil 2.2. Bis-GMA

Şekil 2.3. Bis-EMA

Şekil 2.4. UDMA

Şekil 2.5. TEGDMA

Şekil 2.6. Organik matriks fazı bileşenleri ve örnekleri

Şekil 2.7. Farklı doldurucu boyutlarındaki kompozit rezinler

Şekil 2.8. Siloran esaslı kompozitlerin yapısı

Şekil 2.9. A1 renk tonu kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi

Şekil 2.10. Omnichroma kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi

Şekil 2.9. Munsell renk küresi

Şekil 2.10. Munsell renk sistemi

Şekil 2.11. Hue-Chroma ve Value-Chroma düzlemi

Şekil 2.12. CIE XYZ sistemi şekli ‘gamut’

Şekil 2.13. CIE L*a*b renk modeli

Şekil 2.14. RGB renk modelinde ana renklerin ara renkleri oluşturması

Şekil 3.1. Pürüzlülüğün değerlendirilmesi için oluşturulan akış şeması

Şekil 3.2. Optik özelliklerin değerlendirilmesi için oluşturulan akış şeması

Şekil 3.4. Kavite derinliği

Şekil 3.5. Kavitenin bukkolingual ve meziodistal genişliği

Şekil 4.1. Gruplara ait pürüzlülük değerleri

Şekil 4.2. Pürüzlülük değişimi değerleri

Şekil 4.3. CAP00 değerlendirmesi

Şekil 4.4. Restorasyondan sonraki ΔE00 değerlendirilmesi

Şekil 4.5. Restorasyondan sonraki ΔE00 değerlendirilmesi

Şekil 4.6. Yaşlandırmadan sonraki ΔE00 değerlendirilmesi

Şekil 4.7. Yaşlandırmadan sonraki ΔE00 değerlendirilmesi

ii. Resim Listesi

Resim 2.1. SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre)

Resim 3.1. DemiTM Ultra (Kerr, ABD) ışık cihazı

Resim 3.2. Disklerin hazırlanması ve polimerize edilmesi

Resim 3.3. Hazırlanan kompozit diskler ve Sof-lex cila sistemi ile polisajlanması

Resim 3.4. Ölçümlerde kullanılan profilometre cihazı (Perthometer M2, Mahr, Almanya)

Resim 3.5. Diskin cihazın tarayıcı ucuna yerleştirilmesi

Resim 3.6. Örneklerin RA değerlerinin hesaplanması

Resim 3.7. Çalışmada kullanılan renklendirici

Resim 3.8. Disklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi

Resim 3.9. Termal siklus cihazı (THE-1100, SD Mechatronik, Almanya)

Resim 3.10. Örnekleri hazırlamak için kullanılan soğuk akril

Resim 3.11. Çalışma için hazırlanan doğal diş örneği

Resim 3.12. Çalışmada kullanılacak örnekler

Resim 3.13. Rezin kompozitler ile hazırlanan diş örneği

Resim 3.14. Mobile Dental Photography (Smile Lite MDP, Smile Line, İsviçre)

Resim 3.15. Dijital renk analizi için MDP ile fotoğraf çekimi

Resim 3.16. Çapraz polarize filtre ile çekilen fotoğraflar

Resim 3.17. Silikon indeks hazırlanması

Resim 3.18. Spectroshade Micro (MHT, İsviçre) ile renk ölçümü yapılması

Resim 3.19. Restore edilecek dişlerin kavite hazırlığı

Resim 3.20. Kavite ölçülerinin periodontal sond ile kontrol edilmesi

Resim 3.21. GrandioSo kompozit için renk seçimi

Resim 3.22. Restorasyonu tamamlanan dişler

Resim 3.23. Restorasyonlu dişlerin renk ölçümlerinin yapılması

Resim 3.24. Örneklerin yaşlandırılması

Resim 3.25. Örneklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi

iii. Tablo Listesi

Tablo 2.1. Kompozit rezinlerin sınıfandırılması

Tablo.2.2. Klinik renk eşleşmesi tolerans değerleri

Tablo 2.3. Renk seçiminde kullanılan cihazlar ve özellikleri

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan test metodları

Tablo:3.2. Omnichroma kompozisyonu

Tablo 3.3. Xtra-fil kompozisyonu

Tablo 3.4. Essentia Universal kompozisyonu

Tablo 3.5. GrandioSo kompozisyonu

Tablo 3.6. GC Solare Universal

Tablo 3.7. Farklı solüsyonlar içerisinde bekletilecek deney grupları

Tablo 3.8. Farklı kavite derinliklerinde uygulanacak restoratif materyaller

Tablo 4.1: Gruplara ait pürüzlülük değerleri

Tablo 4.2: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.3: Pürüzlülük değişiminin değerlendirilmesi

Tablo 4.4: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.5: Kompozit ve derinliğin CAP_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.6: Kompozit ve derinlik gruplarında CAP_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.7: Kompozit ve derinliğin CAP_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.8: Spektrofometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.9: Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.10: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.11: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.12: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.13: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.14: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.15: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.16: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.17: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.18: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.19: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Tablo 4.20: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.21: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.22: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Tablo 4.23: Post hoc değerlendirme tablosu

Tablo 4.24: Spektrofotometre ve photoshop yöntemlerinin karşılaştırılması

Tablo 4.25: Yaşlandırma sonrası pürüzlülük düzeyi ile ΔE_{00} korelasyonu

ÖZET

BUKALEMUN ETKİSİ GÖSTEREN KOMPOZİTLERİN RENK EŞLEŞME ÖZELLİKLERİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Emine Betül YAVUZ, Cafer TÜRKMEN, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Amaç: İn-vitro çalışmamızın amacı bukalemun etkisi gösteren ve yeni bir teknoloji kullanarak üretilen tek renk rezin kompozit dolguların kavite derinliğine göre ve renklendirici ajan uyguladıktan sonra sağlam diş dokusuyla olan renk uyumunu karşılaştırmaktır. Diğer bir amacımız materyallerin yüzey pürüzlülüğünü kıyaslamak ve renklendirme sonrası renk eşleşme özelliği ile pürüzlülük arasındaki ilişkiyi incelemektir.
Gereç ve yöntem: Çalışmamızda 80 adet çekilmiş premolar dişin spektrofotometre ve photoshop yöntemleri ile başlangıç renk ölçümleri yapılmıştır. İlk gruptaki 40 dişin okluzal yüzeylerine meziodistal: 4mm, bukkolingual:1mm, derinlik: 2mm olmak üzere black 1 kaviteler açılmıştır. İkinci grup ise meziodistal:4mm, bukkolingual:2mm, derinlik:4mm ölçülerinde black 1 kaviteye sahiptir. Hazırlanan örneklerden birinci gruba Omnichroma, ikinci gruba Essentia Universal, üçüncü gruba X-tra fil ve son olarak kontrol grubuna GrandioSo ile restorasyon yapılmıştır. Her grup kendi arasında derin ve sığ kavite restorasyonu olarak iki gruba ayrılmıştır. Her kompozit grubundan birer adet kompozit kullanılarak premolar diş örneği hazırlanmıştır. Bu örneklerin renk ölçümleri yapılmıştır. Başlangıç ve restorasyonlu dişlerden alınan ölçümler sonucu her bir diş için bulunan ΔE_{00} değerleri kullanılarak blending efektin değerlendirildiği CAP-1 değerleri hesaplanmıştır. Renk ölçümleri tamamlanan örnekler termal siklus cihazı içerisinde 5000 siklusa tabi tutulmuş, sonrasında 7 gün süre ile kahvede bekletilmiştir. Örneklerden üçüncü kez renk ölçümü yapılmıştır. Pürüzlülük için 8mm × 2mm diskler hazırlanmıştır. Örnekler 7 gün distile su içerisinde bekledikten sonra ilk kez, 7 gün kahve içerisinde bekletildikten ve termal siklusa sokulduktan sonra ikinci kez mekanik profilometre cihazı kullanılarak Ra değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.
Bulgular: Başlangıç ve renklendirildikten sonraki pürüzlülük değerleri ve pürüzlülük değerlerinde görülen artış miktarları açısından anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Omnichroma kompoziti en düşük pürüzlülük değerine ve artış miktarına sahip olmuştur. CAP ölçümlerinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p >0,05$). ΔE_{00} değerleri kıyaslandığında, gruplar arası anlamlı bir fark oluşmazken, derinlikler arasındaki fark ise anlamlıdır ($p<0.05$). Restorasyondan sonra Omnichroma kompozit grubunda kavite derinliği arttığında, renklendirmeden sonra ise X-tra fil grubunda derinlik arttıkça ΔE_{00} değeri istatistiksel anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Spektrofotometre ve Photoshop yöntemleri birkaç grup haricinde uyumlu bulunmuştur. Pürüzlülük ve renk değişim faktörleri arasında bir korelasyon görülmemiştir.
Sonuç: Omnichroma kompozit grubu renk değişimi ve pürüzlülük açısından değerlendirildiğinde klinik kullanıma uygun bulunmuştur. Derin kavitelerde renk uyumunun düştüğü görülmüştür. X-tra fil kompozit grubunun hem daha pürüzlü hem de boyayıcı ajanlarla derin kavitelerde daha fazla renklendiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bukalemun efekt, tek renk kompozit, Omnichroma, pürüzlülük, renk değişimi

SUMMARY

COMPARISON OF COLOR MATCHING AND SURFACE ROUGHNESS OF COMPOSITES WITH CHAMELEON EFFECT

Emine Betul YAVUZ, Cafer TURKMEN, Department of Restorative Dentistry

Aim: Our in-vitro study compares the cavity depth of the single shade resin composite fillings, which have a chameleon effect and are produced using new technology, and compares the color match with the intact tooth tissue applying a coloring agent. Another purpose is to compare the surface roughness of the materials and examine whether there is a relationship between color matching and roughness after coloring.
Materials and Methods: Initial color measurements of 80 extracted premolar teeth were made using a spectrophotometer and photoshop methods. Black 1 cavities were opened on the occlusal surfaces of 40 teeth in the first group: mesiodistal: 4mm, buccolingual:1mm, depth: 2mm. The second group has a black 1 cavity with mesiodistal dimensions: 4 mm, buccolingual: 2 mm, depth: 4 mm. Of the prepared samples, restoration was performed with Omnichroma for the first group, Essentia Universal for the second group, X-tra fil for the third group, and GrandioSo for the control group. Each group is divided into two groups deep and shallow cavity restoration. The premolar tooth sample was prepared using one from each composite group, and color measurements were made. CAP-1 values, in which the blending effect was evaluated, were calculated using the ΔE00 values found for each tooth as a result of the measurements taken from the initial and restoration teeth. The samples, whose color measurements were completed, were subjected to 5000 cycles in the thermal cycle device and then kept in coffee for seven days. After the procedures, color measurement was made from the samples for the third time. 8mm x 2mm discs were prepared for roughness. Ra values were calculated using a mechanical profilometer device for the first time after the samples were kept in distilled water for seven days and for the second time after they were kept in coffee for seven days and entered into the thermal cycle. The results were evaluated statistically.
Results:A statistically significant difference was found in both the roughness values and the amount of increase observed in the roughness values at the beginning and after coloring ($p < 0.05$). Omnichroma composite has the lowest roughness value and increased amount. No statistically significant difference was found in CAP measurements. When ΔE00 values are compared, there is no difference between the groups, but the difference between the depths is significant ($p<0.05$). When the cavity depth increased in the Omnichroma composite group after restoration and the X-tra fil group after coloring, the ΔE00 value was found to be statistically significantly higher. Spectrophotometer and Photoshop methods were compatible except for a few groups. No correlation was observed between roughness and color change factors.
Conclusion: Omnichroma composite group was found suitable for color change and roughness clinical use. In deep cavities, on the other hand, it was observed that the color match decreased. It has been observed that the X-tra fil composite group is both rougher and more colored in deep cavities with coloring agents.

Keywords: chameleon effect, single shade resin composite, Omnichroma, roughness, color change

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Günümüzde dental tedavilerde doğru fonksiyon ile birlikte estetik, hastaların en önemli kriterlerinden biri haline gelmiştir. Hastaların bu beklentilerini karşılayabilmek için ise birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Restoratif materyal biyouyumlu ve dayanıklı olmakla birlikte, yüzey özellikleri ile de estetik açıdan tatmin edici olmalıdır. Bu başarıyı sağlayabilmenin en önemli şartı uygun materyal seçimidir (Anusavice ve ark., 2012).

Rezin kompozitler, diş hekimliğinde adeziv teknolojinin gelişmesiyle birlikte estetik beklentiyi karşılayabilmek için en çok kullanılan materyallerden biri olmuştur. Doğal diş yapısına benzer özellikler gösteriyor olması, minimal invaziv çalışmaya uygun olması, diş anatomisini oluşturabiliyor olması bu materyalin kullanımının artmasının nedenlerindendir (Rocha ve ark., 2017).

Kompozit restorasyonların en önemli handikaplarından biri komşu dişlerle veya restorasyonu çevreleyen diş yapısı ile oluşan yetersiz renk uyumu nedeniyle tatmin edici olmayan estetik sonuçlarıdır. Bu sorunun üstesinden gelmenin en önemli yolu, doğru renk seçimi ile birlikte tabakalama tekniği kullanmaktır (Ardu ve ark., 2018).

Renk seçimi subjektiftir ve diş hekimleri arasında farklılık gösterebilir. Doğal dişlerin polikromatik yapısı ise renk seçimini zorlaştıran etmenlerden biridir. Bu nedenle kompozit rezinler, farklı yarı saydamlıklara ve opasitelere sahip çok sayıda mine ve dentin tonlarında geliştirilmişlerdir. Çok sayıda seçenek renk seçme prosedürünü karmaşıklaştırdığı gibi, maliyeti ve hasta başında geçirilen süreyi de arttırmıştır. ‘Blending efekt’ veya ‘Bukalemun etkisi’ bir malzemenin çevresindeki yapıya benzer bir renk elde etme kabiliyetini tanımlar. Bu etki daha az sayıda kompozit malzemelerin kullanılmasını mümkün kılmıştır. Aynı zamanda bu özellikteki kompozitler renk seçme aşamasını elimine ettiği için hasta başında geçirilen süreyi de kısaltmışlardır (Iyer ve ark., 2020).

Kompozitler ile restore edilen dişlerin estetik başarısını yüzey pürüzlülüğü, parlaklığı ve renk kararlılığı gibi faktörler belirlemektedir (Rocha ve ark., 2017). Doğru restorasyonu uyguladıktan sonra estetiğin idame ettirilmesi ise en önemli başarı

kriterlerinden biridir. Hastaların oral hijyeni, günlük tüketilen renklendirici yiyecek ve içeceklerin miktarı gibi etkenler iç ve dış kaynaklı renklenmelere karşı direnci etkilemektedir. Yapılan çalışmalar kompozit restorasyonların renkleme nedeniyle estetik özelliklerini koruyamadıklarını göstermiştir (Dayangaç, 2000).

Yüzey pürüzlülüğü restorasyonun estetik başarısını etkileyen diğer bir kriterdir. Bollen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 0,2 nm üzerindeki pürüzlülük değerlerinin plak tutunması için yeterli retansiyon alanı oluşturduğunu göstermişlerdir (Bollen ve ark., 1997). Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, mekanik ve optik profilometreler, taramalı elektron mikroskopu (SEM), atomik kuvvet mikroskopu (AFM), geçirimli elektron mikroskopudur (TEM) (Kakaboura ve ark.,2007; Vancso ve ark., 2009).

Çalışmamızda 3 farklı bukalemun etkisi gösteren universal kompozitler ile birlikte kontrol grubu olarak bir nanohibrit kompozit kullanılmıştır. Bu kompozitlerin kavite derinliğine göre ve renklendirici ajan uyguladıktan sonra sağlam diş dokusuyla olan renk uyumunu karşılaştırmak amaçlanmıştır. Diğer bir amacımız materyallerin yüzey pürüzlülüğünü kıyaslamak ve renklendirme sonrası renk eşleşme özelliği ile pürüzlülük arasında bir ilişki olup olmadığını incelemektir.

Çalışmamız kavite derinliğine göre bukalemun etkisinin karşılaştırılması ve kompozit diskler üzerinde yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi olmak üzere 2 adet in vitro bölümden oluşmaktadır.

Çalışma 1: Kavite Derinliğine Göre Bukalemun Etkisinin Karşılaştırılması
Çalışma 2: Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın hipotezleri;

1. Kavite derinliğinin ve renklendirici ajan uygulamanın universal kompozitlerin bukalemun efekti üzerine bir etkisi yoktur.
2. Universal kompozitlerin kendi içinde ve geleneksel kompozitler ile aralarında yüzey pürüzlülüğü açısından anlamlı bir fark yoktur.
3. Yüzey pürüzlülüğü ile kompozitlerin renk değişimi arasında korelasyon yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinler

2.1.1. Kompozit rezinlerin gelişimi

Civa, gümüş, kalay veya bakır gibi materyallerden oluşan amalgamlar 150 yılı aşkın zamandır kullanılmaktadır (Gladwin ve Bagby, 2009). Ancak bu dolgu malzemesi hakkındaki tartışmalar ve olumsuz özellikler kullanıcıları alternatif aramaya yönlendirmiştir (Arenholt- Bindslev ve Horsted- Bindslev, 2009). Zamanla amalgamların yerini rengi mineyi taklit eden restoratif materyaller almaya başlamıştır (Prasad ve Sarkar, 2004).

Kelime anlamına bakıldığında kompozit; seramik, metal ve polimer gibi iki ya da daha fazla materyalin karışımı anlamına gelmektedir (Moszner ve Salsz, 2007). Diş hekimliğinde kullanılan kompozit tek başına bileşenlerden farklı, genellikle onlardan daha iyi özelliklere sahip bir malzeme üreten, birbiri içerisinde çözünmeyen en az iki bileşenden oluşan malzemeleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Miletic, 2018).

Kompozitlerden çok daha önce silikat simanlar, diş hekimliğinde estetik restorasyonlar için ilk geliştirilen materyaller olmuşlardır. Fakat bu simanların ağız sıvılarında çözünmesi, mekanik özelliklerinin yetersizliği, renklenmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu olumsuz özelliklerin ortadan kalkması için akrilik rezinler piyasaya sürülmüştür (Neme, 2002).

Alman kimyacı J. Redtenbacher 1943 yılında akrilik asidi bularak rezin monomerlerin ilk gelişimini başlatmıştır (Gmelin ve Watts, 1885). 1900'lü yıllarda ise metakrilat asit sentezlenmiştir (Peutzfeldt, 1997). Kendi kendine sertleşebilen akrilik rezinler 1941 yılında geliştirilerek dolgu maddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Silikat simanlara göre, daha az çözünme ve renk değişikliği göstermiş, aynı zamanda kullanımı kolay, başlangıç estetik özellikleri daha iyi ve parlatılabilmesi daha tatmin edici olmuştur. Polimerizasyon sırasında büzülmeleri, aşınmalarının yüksek olması ve sıcaklığa bağlı boyutsal değişiklikleri ise araştırmacıları başka materyallere yönlendirmiştir (Roberson ve ark., 2002).

Kompozit materyallerin ilk izleri 1956 yılında R.L. Bowen'in rezin kompozitlerin temelini oluşturan bisfenol-A glisidil metakrilat (BisGMA) bulması ile oluşmuştur. Bu sentez sonrası çalışmalar 1962 ve 1965 yıllarında devam etmiştir (Bowen, 1962; Bowen, 1965). 1960'lı yılların ortasında ön bölge dişlerde kullanılabilen ilk kompozitler Dr. Bowen tarafından üretilmiş, konservatif diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanmıştır (Powers, 2006). Bunu takip eden 50 yıllık zamanda kompozitlerin gelişimi üç döneme ayrılmıştır. İlk dönem 1960-1970 yılları arası, ikinci dönem 1970'li yılların sonu ile 2000'li yılların ortası arası, son dönem ise 2000'li yıllar ve sonrasını kapsamaktadır. Kompozitlerin bu dönemsel gelişimi polimerizasyon, organik yapı ve inorganik yapıdaki modifikasyonlar olmak üzere üç bölümde incelenebilir (Miletic, 2018).

Polimerizasyon yönteminde modifikasyonlar: İlk kompozitler 1960 yılında iki ayrı patın karıştırılması ile elde edilen kompozitler olarak piyasaya sürülmüştür. Sertleşme reaksiyonu sırasında herhangi bir dış faktör olmadığı için bu kompozitler kendi kendine sertleşen kompozitler olarak adlandırılmıştır. Organik içeriğinde ağırlıkça %70-80 oranında TEGDMA, inorganik içeriğinde kuvars, borasilikat, seramik veya cam parçaları içermektedir (Lutz ve Phillips, 1983). Aşınma dirençleri düşük olduğu için bu tür kompozitlerin arka dişlerde kullanılması uygun görülmemiştir (Phillips ve ark., 1973). 1970'li yılların ortalarında 360-400 nm dalga boyuna sahip UV ışıkla polimerize olan kompozitler geliştirilmiştir (Santini ve ark., 2013). Ancak UV ışığın göz ve oral dokular için riskli olması ve penetrasyon derinliğinin düşük olması nedeniyle 1970'li yılların sonlarında görünür ışık ile sertleşen kompozitler piyasaya sunulmuştur. Böylece yeni bir fotobaşlatıcı sistem olan komforokinon sayesinde daha yüksek monomer-polimer dönüşümü sağlanmıştır (Lutz ve Phillips, 1983).

İnorganik yapı modifikasyonları: İlk geliştirilen kompozitler makro doldurucu kompozitler olarak adlandırılıp, içerisinde 10-50 nm aralığında dolgu partikülleri içermektedir. Bu kompozitlerdeki en önemli dezavantaj yüzey pürüzlülüğünün fazla olmasıdır (Miletic, 2018). 1970 yıllarının sonlarında mikrofil kompozitler kullanılmaya başlanmıştır. Bu kompozitler ile cilalanabilirlik artmış, renk stabililtesi ve estetik iyileştirilmiştir. Fakat mekanik özelliklerini geliştirmek amacı ile içerisine eklenen mikrofil bazlı kompleksler ve prepolimerize rezin doldurucular yüzeylerinde

mevcut C=C bağları bulunmadığı için düşük aşınma direncine neden olmuştur (Ferracane, 2013). 1980'lerin başında mikro ve makro dolduruculu kompozitlerin kombinasyonu olarak tanıtılan hibrit kompozitler piyasaya sürülmüştür. Hem ön hem arka bölgede kullanılabilecek universal kompozitler 1990 yıllarında tanıtılmıştır. Bu yılların ortalarında ve sonlarına doğru ise akışkan ve kondanse edilebilir iki farklı kompozit geliştirilmiştir. Akışkan kompozitler undercut alanlarında daha iyi adaptasyon için, kondanse edilebilir kompozitler ise arka bölgede amalgam restorasyonların yerine düşünülmüştür. 2000 yılında gelişen nano teknoloji ile nano-hibrit ve nanofil kompozitler piyasaya sürülmüştür (Miletic, 2018).

Organik yapı modifikasyonları: 1990'lı yılların ortalarına kadar kompozitler %80-90 oranında BisGMA içermektedir. Kalan monomerler çoğunlukla TEGDMA, UDMA, BisEMA'dır (Ferracane, 1995). 1990larda ve 2000lerde polimerizasyon büzülmesini azaltmak için yapılan modifikasyonlar sonucunda 2000'li yılların ortalarında düşük büzülmeli kompozitler üretilmiştir (Weinmann ve ark., 2005). İlerleyen zamanlarda ise klinik prosedürü kolaylaştırmak adına self-adeziv kompozitler üretime alınmıştır. 2010 yıllarında tabakalama yerine 4-5 mm'lik yığma şeklinde kondanse edilebilen bulk-fil kompozitler piyasaya sürülmüştür (Al Sunbul ve ark., 2016).

1943 yılı	Akrilik asit
1950 yılı	Cam dolduruculu polimetilmetakrilat (PPMA)
1956 yılı	Bis-GMA
1960 yılı	Kendi kendine sertleşen kompozitler
1970 yılları ortası	UV ışık ile polimerize kompozitler
1970 yılları sonu	Görünür ışık ile polimerize kompozitler
1970 yılları sonu	Makrofil → Mikrofil kompozitler
1980 yılları başı	Hibrit kompozitler
1990 yılları	Ön-arka bölgede kullanılan universal kompozitler
1990 yılları ortaları	Akışkan ve tepilebilir kompozitler
2000 yılları ortaları	Düşük büzülmeli kompozitler
2010 yılları	Self-adeziv akışkan kompozitler
2010 yılları	Bulk-fil kompozitler

Şekil 2.1. Kompozitlerin gelişimi

2.1.2. Kompozit rezinlerin yapısı

Kompozitler rezinler genel olarak organik rezin matriks, bu matriks içerisinde dağılmış olarak bulunan inorganik doldurucu partiküller ve bu dolduruculların organik matrikse tutunmasını sağlayan silandan meydana gelen gelir. Bunun dışında dental kompozitlerin içerisinde foto başlatıcılar, diş rengine benzer estetik özelllikler veren pigmentler, spontan polimerizasyonu önleyen inhibitörler ve katalizörler gibi başka bileşenler de bulunmaktadır (Zhou ve ark., 2019).

Kompozit materyalini oluşturan bileşenler:

1. Organik polimer matriks fazı
    a) Monomer ve ko-monomerler
    b) Aktivatör
    c) İnhibitör
    d) UV stabilizatörleri
    e) Pigmentler

2. İnorganik faz (Dağılan faz)

3. Ara faz (Bağlayıcı faz)

2.1.2.1. Organik polimer matriks fazı

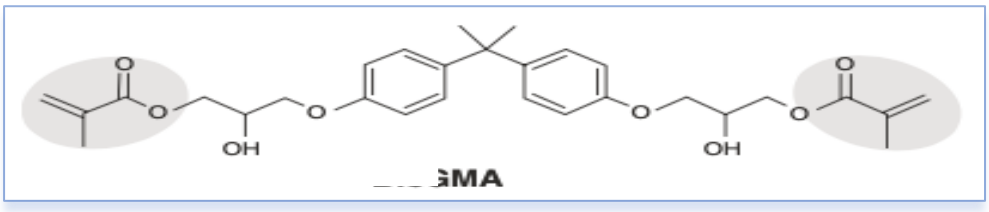
2.1.2.1.1. Monomerler ve ko-monomerler

Organik matriks polimer bir yapı olup, monomerlerin birbirlerine bağlanarak bir zincir oluşturması sonucu oluşmaktadır. Monomer sistemi kompozit rezin sistemin omurgası olarak düşünülebilir (Roberson ve ark., 2006). Organik yapı içerisindeki monomerler, kompozit rezinin mekanik özelliklerini, polimerizasyon büzülmesini, viskozitesini ve su absorbsiyonunu etkiler. Viskozitesi yüksek olan yüksek molekül ağırlıklı monomer içeren kompozitlerde polimerizasyon büzülmesi daha az olmaktadır (Moszner ve Ulrich, 2001).

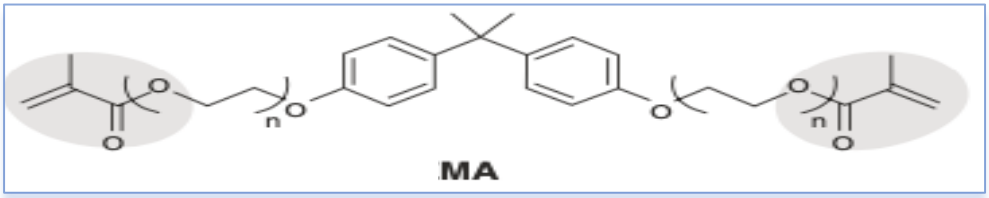
Monomerler içerisinde en yaygın olanı Dr.Bowen tarafından keşfedilen glisidil metakrilatın ve bisfenol A'nın birleşmesi ile oluşan, çift fonksiyonlu Bis-GMA monomeridir (Roberson ve ark., 2006). Bis-GMA'nın stabilitesi ve bisfenol A varlığı nedeniyle, renk değişimine daha dirençli olan ve dişe daha iyi adezyon sağlayan UDMA (üretan dimetakrilat) monomeri organik faza eklenmeye başlamıştır (Powers ve Sakaguchi, 2006).

Yüksek viskoziteye sahip ve oligomerleri oldukça fazla sayıda olan Bis-GMA ve UDMA monomerlerinin bu özelliklerini optimize etmek amacıyla organik matriks fazına TEGDMA (trietilenglikol dimetakrilat) ko-monomerleri eklenir (Puckett ve ark., 2007). Bis-GMA'ya oranla daha küçük ve esnek yapıda olan TEGDMA, kompozit rezinin viskozitesini düşürmek dışında, aşınmaya karşı direnci de düşürüp marjinal dayanıklılık ve esnekliğin artmasına da yardımcı olur (Parker ve Braden, 1989).

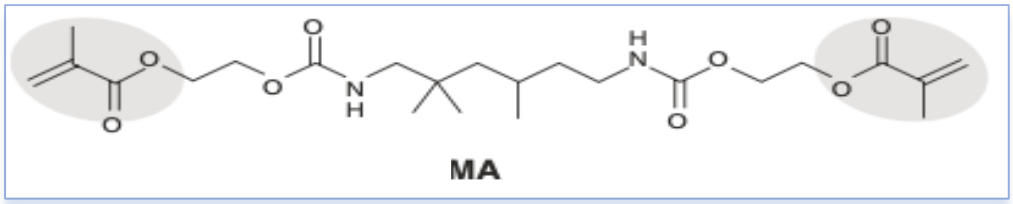
TEGDMA bu olumlu özelliklerinin yanında hacim birimi başına düşen reaktif molekül fazlalılığı nedeniyle polimerizasyon büzülmesinin fazla olmasına neden olur. Bu büzülmeyi azaltmak amacıyla düşük molekül ağırlıklı monomerler azaltılır veya değiştirilir. Örneğin TEGDMA, Bis-EMA (etoksillenmiş Bis-GMA) gibi daha yüksek molekül ağırlıklı monomerler ile değiştirilir. Bis-EMA düşük viskoziteli bir monomerdir, bunun nedeni hidroksil gruplarının olmamasından kaynaklı hidrojen bağı bulunmayışı olabilir. Kompozit rezine Bis-EMA ilavesi mekanik özelliklerde bir azalmaya neden olurken polimerizasyon büzülme stresini de azaltır (Godoy ve ark., 2015; Boaro ve ark., 2010)



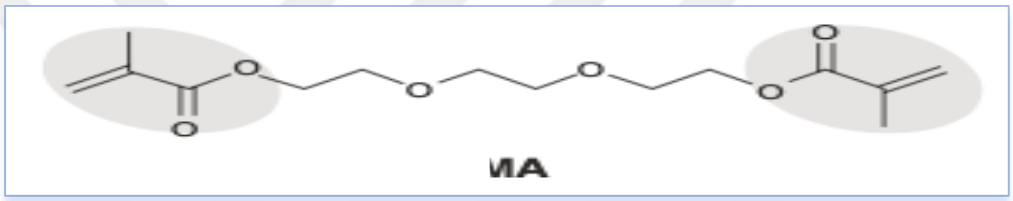
Şekil 2.2. Bis-GMA



Şekil 2.3. Bis-EMA



Şekil 2.4. UDMA



Şekil 2.5. TEGDMA

2.1.2.1.2. Aktivatör

Foto başlatıcıları aktive ederek polimerizasyonun kabul edilebilir sürede olmasını sağlayan maddelere aktivatör denir (Anusavice, 2003).

Işıkla polimerize olan kompozitlerde tek bir pasta içerisinde fotobaşlatıcı ve amin aktivatörden oluşan serbest radikal başlatıcı sistem birlikte bulunmaktadır. En yaygın kullanılan fotobaşlatıcı kamforokinon, dimetilaminoetil metakrilat (DMAEMA) gibi tersiyer aminlerle birlikte kullanılmaktadır (O'Brien, 2002).

2.1.2.1.3. İnhibitör

Monomerlerin kendiliğinden polimerize olmasını engellemek amacıyla organik matriks içerisine ilave edilen bileşenlerdir. Rezinin polimerizasyon öncesi raf ömrünü uzatmak ve kimyasal stabiliteyi uzun süre muhafaza etmek amacıyla en çok kullanılan inhibitör 'hidrokinon monometil eter' dir.

2.1.2.1.4. UV stabilizatörleri

Renk stabilitesini 350 nm altındaki ultraviole dalga boylarının emerek sağlayan bileşenlerdir. Örnek olarak '2-hidroksi-4-metoksi benzofenon' verilebilir (Garcia ve ark., 2006).

2.1.2.1.5. Pigmentler

Diş dokusuna benzer renk ve translüsentliği sağlayarak estetik beklentiyi karşılamak amacıyla rezine ilave edilen bileşenlerdir (Anusavice, 2003).

Monomer	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA
Aktivatör	Dimetilaminometil metakrilat tersiyer amin
Fotobaşlatıcı	Kamforokinon, TPO, benzoil peroksit (BPO)
İnhibitör	Hidrokinon monometil eter
UV stabilizatörleri	2-hidroksi-4-metoksi benzofenon
Pigmentler	

Şekil 2.6. Organik matriks fazı bileşenleri ve örnekleri

2.1.2.2. İnorganik faz

İnorganik doldurucular elde ediliş şekilleri, dağılımları, tipleri ve miktarları ile kompozit rezinlerin mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. İnorganik doldurucular restorasyonun estetik özelliklerini, radyoopasitesini, kırılma dayanımını, aşınmaya karşı direncini arttırırken, polimerizasyon büzülmesi ve termal genleşme katsayısını düşürür. Kompozitin uygulanabilirliğini ve işlenebilirliğini etkiler (Curtis ve ark., 2009). Mekanik ve fiziksel özellikleri bu denli olumlu etkilediği için organik matriks içerisine çok sayıda inorganik partiküller ilave edilmesi amaçlanmıştır.

İnorganik partiküler çeşitli boyut ve miktarlarda kuartz, bor silikat, lityum alüminyum silikat, kolloidal silika, baryum silikat, zirkonyum, baryum, stronsiyum, yitriyum ve çinko gibi cam partiküllerden oluşmaktadır (Ferracane, 1995).

Dental kompozitlerde ilk kullanılan doldurucu madde silikadır. Silika ışığı geçirerek kompozit rezine doğal diş minesine benzer yarı şeffaf bir özellik kazandırır. Stronsiyum, baryum, çinko, zirkonyum gibi elementler radyoopasite için eklenmiştir (Moszner ve Salz, 2001). Ayrıca stronsiyum ve baryum gibi cam partiküller pürüzsüzlüğe de katkıda bulunur.

Kompozit materyaller geliştikçe inorganik yapıyı oluşturan partiküller de boyutları, ağırlıkları, yüzey şekilleri, içerikleri ile zaman içerisinde değişiklikler göstermişlerdir. Örneğin, ilk üretilen kompozit rezinlerin partikül boyutları 25-30 μm iken, şimdilerde nano boyutta (0,005- 0,075 μm) kompozitler üretilmiş, boyutların küçültülüp inorganik doldurucuların toplam ağırlıktaki oranlarının artması amaçlanmıştır (Ferracane ve ark., 2014). Kompozit rezin içerisindeki inorganik doldurucu miktarının ağırlıkça artması materyalin daha iyi fiziksel özelliklere sahip olmasını sağlarken, inorganik doldurucu boyutlarının düşmesi kompozit restorasyonun cilalanabilirliğini arttırıp estetik sonuçları önemli ölçüde etkiler (Ferracane, 2014; Ikejima ve ark., 2003).

2.1.2.3. Ara faz

İnorganik fazdaki doldurucu partikülleri kaplayarak organik matriks ile kimyasal bağlanmayı sağlayan faza ara faz (silan fazı) denir. Bağlayıcı faz genellikle 3 'metakriloksipropil trimetoksisilan, 10' metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) veya viniltrietoksisilan gibi organik silanlardan oluşur (Rebholz- Zaribaf ve Özcan, 2017).

Organik matriks fazı ile inorganik doldurucu partiküller arasındaki kimyasal bağlantının iyi olması kompozitin fiziksel özelliklerini oldukça etkiler (Van Noort, 2013). Eğer silan ile iyi bir bağlantı sağlanamaz ise kompozit rezin içerisinde mikro çatlaklar ve porozite oluşarak restorasyonun uzun dönem performansı olumsuz etkilenir (Santerre ve ark., 2001). Silanın inorganik doldurucu partiküle kaplanması kurutularak ya da partiküller üzerine silan ajanın çökertilmesi ile sağlanır, bu sayede inorganik doldurucu fonksiyonel hale gelip rezin matriks ile bağlantısı kurulur (Torry ve ark., 2006).

2.1.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler, rezin matriks veya inorganik doldurucu tipine, inorganik doldurucu partikül büyüklüğüne, polimerizasyon tipine ve viskozitelerine göre sınıflandırılmıştır (Dayangaç, 2000). En yaygın kullanılan sınıflama sistemi doldurucu partikül büyüklüğüne göre sınıflandırılan sistemdir (Anusavice, 2003).

	Kompozit rezin	**Partikül büyüklüğü**	**Partikül% (ağırlıkça)**
İnorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre	megafil	50-100 µm	değişken
	makrofil	10-100 µm	%70-80
	midifil	1-10 µm	%70-80
	minifil	0.1-1 µm	%75-85
	mikrofil	0.01-0.1µm	%35-60
	hibrit	0.04-1 µm	%75-80
	nanofil	0.005-0.01µm	%72-87
Viskozitelerine göre	Kondanse edilebilen kompozit rezinler		
	Akışkan kompozit rezinler		
Polimerizasyon yöntemine göre	Kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinler		
	Işık ile polimerize olan kompozit rezinler		
	Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olan kompozit rezinler		
Matriks tipine göre	Metakrilat bazlı kompozit rezinler		
	Ormoser bazlı kompozit rezinler		
	Kompomer bazlı kompozit rezinler		
	Siloran bazlı kompozit rezinler		

Tablo 2.1. Kompozit rezinlerin sınıfandırılması (Dayangaç, 2000)

2.1.3.1. İnorganik doldurucu partikül büyüklüğüne göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması

2.1.3.1.1 Megafil kompozit rezinler

Okluzal kuvvetlerin yoğun olduğu posterior bölgelerde, aşınma miktarı fazla olan alanlarda kullanımı önerilen kompozit rezinlerdir

2.1.3.1.2. Makrofil (geleneksel) kompozit rezinler

İçerisinde inorganik doldurucu olarak genellikle kuartz kullanılan makrofil kompozitler doldurucu partiküllerin büyük ve sert olması nedeniyle fazla miktarda aşınma görülen kompozitlerdir. Bu durum yüzey pürüzlülüğü ve renklenme gibi problemleri de beraberinde getirir. Aynı zamanda bu kompozit rezinlerin en önemli dezavantajı bitirme ve cila işlemlerinin oldukça zor olmasıdır (O'Brien, 2002; Dayangaç, 2000).

2.1.3.1.3. Midifil kompozit rezinler

Makrofil kompozitlerde görülen yüzey pürüzlülüğü problemini tolere etmek için geliştirilmişlerdir. Bu açıdan avantajlı olsalar da diğer özellikleri makrofil kompozitlere benzer olmasından dolayı günümüzde tercih edilmemektedirler (Sturdevant ve ark., 1995).

2.1.3.1.4. Minifil kompozit rezinler

Makrofil kompozitlerden daha fazla ve küçük boyutta doldurucu partikül içerdiği için restorasyonda daha düzgün bir yüzey elde etme şansı artmıştır. İçerisine eklenen baryum ve stronsiyum sayesinde materyale radyoopasite özelliği kazandırılmıştır. Estetik özellikleri iyileştirilmiş olmasına rağmen minifil kompozitlerin çiğneme kuvvetlerine karşı dirençlerinin düşük olması kullanımını kısıtlamaktadır (O'Brien, 2002; Dayangaç, 2000).

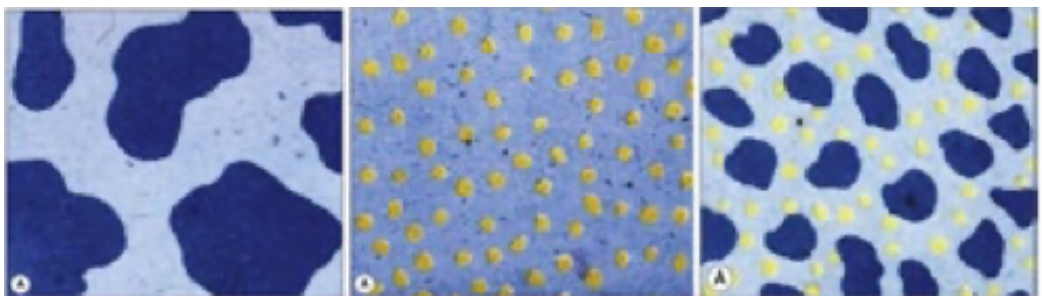
2.1.3.1.5. Mikrofil kompozit rezinler

İnorganik doldurucu olarak kolloidal silika kullanılan kompozit rezinlerdir. Partikül çapı büyüklüğü geleneksel kompozitlere kıyasla 200-300 kat daha küçüktür. Doldurucu partiküllerin küçük boyutlarda olmasından dolayı içerik olarak da düşüktür, bu yüzden geleneksel kompozitlerden daha düşük mekanik ve fiziksel özellikler gösterirler. Doldurucu miktarına bağlı olarak organik matriks oranının artması su absorbsiyonu artabilir. Bu özelliklerinden dolayı yalnızca ön bölge restorasyonlarında kullanılabilirler (McCabe ve Walls, 2000; Dayangaç, 2000).

2.1.3.1.6. Hibrit kompozitler

Farklı büyüklükte doldurucu içeren kompozit rezinlere hibrit kompozitler denilmektedir. Bu kompozitler makrofil kompozitlerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri ile mikrofil kompozitlerin gelişmiş yüzey düzgünlüğü özelliklerini kombine etmek amacıyla farklı boyutlarda doldurucu partiküllerin karıştırılması ile oluşturulmuştur (Roberson ve ark., 2002). Submikron boyuttaki doldurucu partiküller daha büyük partiküller arasında heterojen şekilde dağılmış halde bulunur. Farklı boyuttaki partiküller sayesinde estetiğin önemli olduğu ön bölgelerde cilalanabilirliği ve yüzey pürüzsüzlüğü iyi olduğu için kullanılabilirken, arka bölgelerde kırılma ve aşınma direnci yüksek olduğu için kullanılabilir (Dayangaç, 2011; O'Brien, 2002).

Mikrohibrit kompozitlerin son hali nanodoldurucu teknoloji ile geliştirilen 'Nanohibrit' kompozit rezinlerdir. Nanometre boyutundaki doldurucu partiküller ile geleneksel tipteki doldurucu partiküllerin karıştırılması bu kompozitlerin elde edilmesini sağlar (Swift, 2005).



a) makrofil **b) mikrofil** **c) hibrit**

Şekil 2.7. Farklı doldurucu boyutlarındaki kompozit rezinler (Türkün, 2015)

2.1.3.1.7. Nanokompozitler

Nanoteknolojinin gelişimi ile diş hekimliğinde de nanobiyo materyallerin üretimi ve kullanımı artmıştır. Yaklaşık 5-100 nm boyutunda nanomerler ve bu partiküllerinin oluşturduğu nanocluster yapılarından meydana gelen kompozitlerdir (Cramer ve ark., 2011; Mitra ve ark., 2003; Saunders, 2009).

Kompozit rezinlerdeki inorganik doldurucu partiküller cam partiküllerin öğütülerek küçük parçalara ayrılması ile elde edilirken nano doldurucu parçacıklar sol-jel işlemi ile elde edilebilir (Baumann ve ark., 2004).

Nano doldurucu partiküllerin çapları görünür ışık dalga boyundan daha küçük olduğu için absorbsiyon veya saçılım gibi etkileşimlere girmezler. Bu sayede gelişmiş optik özelliklere ve estetiğe sahiptirler (Mitra, 2003). Aynı zamanda doldurucu partiküllerin küçük boyutlarda olması ve geniş boyut skalası kompozit rezinin çekme ve basınç dayanımı, kırılma ve aşınma direnci gibi özelliklerini geliştirmiştir (Curtis ve ark., 2009; Beun ve ark., 2007; Oliveira ve ark., 2012; Turssi ve ark., 2005).

Nanohibrit kompozitlerin inorganik doldurucu partiküllerinin translusensi özelliği mikrodoldurucu kompozitlerin translüsensi özelliğine benzer, bu da materyale yüksek cilalanabilirlik ve cila kalıcılığı özelliği kazandırır. Nanokompozitler dayanıklılık açısından hibrit kompozitlere benzerken, estetik açıdan mikrofil kompozitlere benzemektedir (Dayangaç, 2000; Bayne ve ark., 1994).

2.1.3.2. Viskozitlerine göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması

2.1.3.2.1. Kondanse olan kompozit rezinler

Kondanse olabilen kompozitler posterior bölgede sınıf 1 ve sınıf 2 amalgam restorasyonlar yerine, rezin matriks içerikleri modifiye edilip doldurucu miktarları artışı sağlanarak elde edilmiştir. Kondanse edilebilen kompozit rezinlerde görülen en olumsuz özellik doldurucu partiküllerin büyük olmasından dolayı, bitirme ve cila işlemlerinden sonra yüzeyin pürüzlü kalma ihtimalinin fazla olmasıdır (Wakefield ve Kofford, 2001; Brackett ve Covey, 2000; Yazıcı ve ark., 2004).

Amalgam gibi kolay taşınması, işlenebilmesi, manipülasyonunun iyi olması konvansiyonel kompozitlere göre restorasyonlarda daha iyi bir marjinal kapama ve kontak sağlar (Leinfelder, 1999).

2.1.3.2.2. Akışkan kompozit rezinler

Akışkan kompozitler yapılarında ya daha düşük doldurucu oranına ya da daha yüksek oranda moleküler ağırlığı düşük monomerlere sahiptirler. Geleneksel kompozitler ile karşılaştırıldığında doldurucu oranları (%45-67) ağırlıkça %23-30 daha az bulunmuştur (Perşersoy ve ark., 2013).

Bu materyallerin viskozitelerinin yüksek olması daha kolay uygulanıp kavite duvarlarına daha iyi adaptasyon ve daha yüksek elastisite göstermesini sağlamıştır (Burgess ve ark., 2002). Sınıf 1 ve 5 tipi restorasyonlar, fissür örtücü, oluk ve çatlak alanları, restorasyon tamiri, protetik restorasyonlarda siman, koruyucu rezin restorasyonlar gibi geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Salerno ve ark., 2011). Sınıf 2 kavitelerin tabanınında polimerizasyon büzülme stresini ve mikrosızıntıyı azaltmak amaçlı kullanımı önerilmiştir (Miletic, 2018). Aşınma dayanımıının düşük olması gibi bazı yetersiz mekanik özellikleri nedeniyle geniş, yüksek okluzal yüke maruz kalınacak alanlarda kullanılması tavsiye edilmemektedir (Payne, 1999).

2.1.3.3. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinlerin sınıflandırılması

2.1.3.3.1. Kimyasal olarak polimerize olabilen kompozit rezinler

Baz ve katalizör olmak üzere iki bölümün karıştırılması ile elde edilen kompozitlerdir. Bileşenlerden birinde ‘tersiyer amin’ aktivatör olarak, diğerinde ‘benzoil peroksit’ polimerizasyon başlatıcı olarak bulunmaktadır. Polimerizasyon karıştırma işlemi ile başlar. Bu esnada yapılan homojen olmayan bir karıştırma kompozitin fiziksel özellikleri olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda içerisinde aktivatör olarak bulunan tersiyer aminde ağız içerisinde kimyasal tepkimeye uğramasından dolayı renklenme görülür (Dayangaç, 2000; McCabe ve Walls, 2000; Ferracane, 1995).

2.1.3.3.2. Işık ile polimerize olabilen kompozit rezinler

İlk kez 1972 yılında UV ışık ile polimerize olan benzoin metil eter içeren kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür. Fakat UV ışınların olumsuz etkilerinden dolayı günümüzde artık yaygın olarak görünür ışık ile polimerize olan kompozitler tercih edilmektedir (Dayangaç, 2000; McCabe, 2000). Işık ile polimerize olan kompozitlerde foto başlatıcı olarak 460-480 nm dalga boyundaki görünür mavi ışığa duyarlı kamforokinon, hızlandırıcı olarak alifatik amin kullanılmaktadır. Işık ile polimerize olan kompozitlerde polimerizasyon büzülmesi ışık kaynağına doğru olacağından restorasyonlarda kenar uyumu, mikrosızıntı gibi problemler görülebilir. Bu olumsuz durumu engellemek amacıyla yüzey pürüzlendirme işlemleri ve adeziv teknolojisi her geçen gün biraz daha gelişmektedir. Işık ile polimerize olan kompozitlerin tek bir komponent olması hekime zaman kazandırmaktadır. Aynı zamanda kimyasal olarak polimerize olan kompozitler ile kıyaslandığında renk stabilitesi ve seçenekleri daha fazla, dayanıklılık, kırılma dirençleri ve polimerizasyon dönüşüm dereceleri daha yüksektir (Burgess ve ark., 2002; Leinfelder ve ark., 1999).

2.1.3.3.3. Hem kimyasal yolla hem ışık ile polimerize olabilen kompozit rezinler

Her iki yolla polimerize olan kompozit rezinlerde ilk önce polimerizasyon ışık ile başlar, daha sonra daha yavaş şekilde kimyasal olarak devam eder. Işık ile polimerizasyonun tamamen sağlanamayacağı derin kavitelerde, ulaşılması güç interproksimal alanlarda, 2 mm'den daha kalın uygulanacak rezinlerde kullanımı tavsiye edilmektedir (Dayangaç, 2000).

2.1.4. Kompozit rezin sistemlerindeki güncel gelişmeler

2.1.4.1. Ormoser esaslı kompozitler

Kompozit rezinlerin bugüne kadar inorganik doldurucu yapısında, boyutunda ve miktarında değişiklikler yapılabilirken, 1998 yılında bu kompozitler ile birlikte organik matriks yapısında değişiklikler yapılmaya başlanmıştır. Ormoserler organik olarak modifiye edilmiş seramikler olarak tanımlanmaktadır. Bu grupta şimdiye kadar

geliştirilen tek bir kompozit rezin bulunmaktadır (Admira/ VOCO) (Craig, 2011, Dayangaç, 2011).

Ormoserler modifiye organik matriksleri ile siloksan ağı içeren inorganik-organik hibrit polimerlerdir (Wolter ve ark., 1994). Silika ile kovalent bağlanmış, metakrilat ve polisiloksan gruplarından meydana gelmiş fotopolimerize olabilen kompozitlerdir (Manhart ve ark., 2000). Ormoser yapısı üç boyutlu $SİO_2$ inorganik iskelet organik ko-polimerden oluşur. Yapıda bulunan silisyum dioksit ($SİO_2$) termal genleşmeden ve materyalin elastikiyetinden sorumludur. Doldurucu partikülleri 1-1,5 μm, hacimce oranları %61, polimerizasyon büzülmeleri 1,97'dir (Craig, 2001; Dayangaç, 2011).

Ormoserleri geleneksel kompozit rezinlerden ayıran önemli önemli fark, monomer olarak metakrilat polisiloksan kullanılmasına bağlı olarak dimetakrilat miktarının azalması ve buna bağlı görülen alerjik reaksiyonların az olmasıdır. Ormoserler yüksek aşınma direnci, düşük polimerizasyon büzülmesi, biyouyumluluk, çürük oluşumunu önleme gibi avantajlara sahiptir (Türkün, 2015).

2.1.4.2. Antibakteriyel kompozit rezinler

Kompozitler estetik ve direkt restore edilebilme gibi avantajları yanında daha fazla biyofilm ve plak birikimine neden olduğundan restorasyonlarda ana başarısızlık nedeni olarak görülen rekürrent çürükler gibi bir dezavantaja da sahiptir (Beyth ve ark., 2010; Cocco ve ark., 2015; Jokstad ve ark., 2001).

Sekonder çürüklerin önüne geçebilmek için antibakteriyel özellikte kompozit rezinler geliştirilmiştir. Bir kompozit rezine antibakteriyel özellik kazandırmak iki yolla mümkün olmaktadır:

- Rezin matriks yapısına çözünebilir antibakteriyellerin eklenmesi
- Antibakteriyel ajanların rezin matriks içerisinde sabit kalmasının sağlanması

Birinci yöntemde rezin matriks içerisine eklenen madde klorheksidin veya gümüştür. Bu yöntemin dezavantajı salınım süresinin kısa olmasıdır. Bu problem kovalent bağlı (hareketsiz, salınmayan) ajanlarla aşılabilmektedir. Bu da araştırıcıları ikinci yönteme

yönlendirmiştir (Imazato, 2003). İkinci yöntemde ise monomer olarak 12-methacryloyloxy- dodecyl-pyridinium bromide (MDPB) geliştirilmiştir. Bu madde restorasyon dışında salınım yapmaz, bakteri üremesini ve plak birikimini engellemede başarılıdır (Imazato, 2003; Leprince ve ark., 2010; Saku ve Kotake, 2010). Bu monomer dışında kuaterner amonyum polietilenimin nanopartikülleri, metakriloksietil setil dimetil amonyum klorür içeren adezivlerin antimikrobiyal aktiviteleri de rapor edilmiştir (Beyth, 2010; Beyth ve ark., 2006

2.1.4.3. Çok az büzülme gösteren kompozit rezinler/ Siloran esaslı kompozitler

Polimerizasyon büzülmesi doldurucu miktarına, molekül ağırlığına, monomerlerin içeriğine, üretim teknolojilerine bağlı olarak değişklik göstermektedir. Polimerizasyon büzülmesini en az seviyede tutmak için 1990 yılında polimerizasyon sırasında genleşmeyen bir monomer olan 'spiro ortokarbonat monomerleri' geliştirilmiştir. Fakat monomerlerdeki epoksi rezinlerin sertleşmesinin yavaş olması ve düşük biyouyumlulukları araştırıcıları bu materyalleri araştırma noktasından uzaklaştırmıştır (Sturdevants, 2006; Summit ve ark., 2006; Powers ve Sakaguchi, 2006; Noort, 2007; Mitchell, 2008; Lynch, 2008; Dayangaç, 2011; Craig, 2001).

Bu alanda en son geliştirilen monomer Silorane ve Oxirane monomerleridir ve Filtek Silorane (3M ESPE) ismi ile hekimlerin kullanımına sunulmuştur. Silorane esaslı kompozit rezinlerde biyouyumluluk ve mekanik özellikler artmış; 8,5-10 mm'ye kadar polimerizasyon derinliği sağlanmış, polimerizasyon büzülmesi düşürülmüştür (Weinmann ve ark., 2005; Ilie ve Hickel, 2006; Perez ve ark., 2010).



Şekil 2.8. Siloran esaslı kompozitlerin yapısı (Weinmann ve ark, 2005)

Yapıdaki siloxane kısmı siloran monomerinin hidrofobikliğinden sorumludur (Giannini ve ark., 2014). Yapılan çalışmalar sonucunda siloranlar oksiranlardan daha kararlı ve biyouyumlu bulunmuştur (Eick ve ark., 2006; Schweikl ve ark., 2004).

Siloranın rezin matriksi, üreticinin verilerine göre ağırlıkça %23 siloran rezin ve ağırlıkça %76 kuvars ve itterbiyum florür maddelerinden oluşur (Leprince ve ark., 2010).

Polimerizasyon derinliği sınırlı olduğu için bu kompozitleri özel adezivler kullanılarak yerleştirmek ve tabakalama tekniği önemlidir (Sakaguchi ve Powers, 2012).

2.1.4.4. Giomerler

Bu kompozitler tıpkı kompomerler gibi cam iyonomerlerin klink avantajlarını kullanırken, nemden etkilenme ve kötü estetik gibi olumsuz özelliklerini saf dışı bırakmak üzerine tasarlanmış kompozitlerdir (Yap ve ark., 2002; Itota ve ark., 2004). İçerisinde 'üretan dimetakrilat' ve 'hidroksietil metakrilat' monomerleri ile 'prereacted' cam partiküller bulunmaktadır. Bu cam partiküller kompozit içine ilave edilmeden önce poliakrilik asit ile muameleye tabi tutulmuşlardır. Giomerler içindeki cam partiküller cam iyonomer simanlar içindeki fluorosilikat cam partiküllerine benzer özelliklerdedir. Florür salınımları ile ilgili çalışmalar çelişkili sonuçlar vermektedir.

Giomerler ışıkla polimerize olmaktadırlar, dişe adezyonunun sağlanması için ise bağlayıcı ajanlara ihtiyaç duymaktadırlar (Forsten, 1998; Xu ve Burgess, 2003).

2.1.4.5. Bulk-fill kompozit rezinler

Kompozit materyaller yıllar boyunca altın standart olarak kabul edilen 'oblik inkremental teknik' kullanılarak uygulanmıştır (Abbas ve ark., 2003; Kwon ve ark., 2012).

Bu tabakalama tekniğinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar:

- Materyalin fiziksel özelliklerinin artması
- İyi bir kenar uyumu sağlanması
- Rezidüel monomer miktarının azalmasına bağlı sitotoksisitenin düşmesi
- Işık penetrasyonun daha iyi olması
- Materyalin daha iyi polimerize olması
- Kavite konfigürasyon faktörünün (C faktör) azalmasıdır (Lazarchik ve ark., 2007; Compodonico ve ark., 2011; Pilo ve ark., 1999; Pokus ve ark., 2004).

Bu avantajların yanı sıra inkremental teknik fazla miktarda polimerizasyon büzülme stresi oluşturması, uygulama sırasında tabakalar arasında boşluk kalabilmesi, zaman harcanması, kontaminasyon riski, küçük kavitelerin doldurulmasında görülen zorluklar gibi dezavantajlara sahiptir (Flury ve ark., 2012).

Bu dezavantajları elimine etmek için üretilen 4mm kalınlığında uygulanabilen kompozit rezinler geliştirilmiştir. Bu kompozitlere 'bulk-fill kompozitler' adı verilmiştir (Jose-Luis, 2010; Lowe, 2010). Bulk-fill kompozitlerin artmış translüsent yapısı, içerisinde bulunan inorganik doldurucu partiküllerin tipi ve dağılımı sayesinde polimerizasyonun daha derin, büzülmenin ise daha az olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür (Hatrick, 2016).

2 mm'yi aşan kalınlıklarda polimerizasyon derinliğini, mekanik özelliklerini koruması bazı mekanizmalara bağlanmaktadır. Bu mekanizmalar;

a) Daha iyi adaptasyon için akışkanlığın arttırılması
b) Polimerizasyon sırasında oluşacak stresi azaltmak için stres modülatörü olarak adlandırılan ayrılma bölgelerine sahip rezin monomerler ve yüksek molekül ağırlıklı monomerler (Ilie, 2011)
c) Kompozitten ışık penetrasyonunu destekleyen cam fiberin kulanılması ve rezin matriks ile uyumlu optik doldurucular sayesinde daha fazla yarı saydamlık sağlanması (Bucuta ve Ilie, 2014; Garoushi ve ark., 2013)
d) Benzoil germanyum ve türevleri sayesinde artan polimerizasyon hızı ve sertleşme derinliğidir (Moszner ve ark., 2008)

Bulk-fill kompozitlerin uygulanması sırasında katmanlar arası boşluk olmaması ve kontaminasyon riskinin düşmesi oksijen inhibisyon tabakasını azaltacağı için polimerizasyon dönüşüm derecesini arttıracağı düşünülmektedir (Par ve ark., 2015) Kompozitin doldurucu partikül büyüklüğü ışık geçirgenliğini etkileyebilir. SDR (Dentsply), X-tra base (VOCO) ve X-tra fil (VOCO) daha büyük doldurucu partiküller içerir. Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivodent) ise partikül şekli olara farklıdır, yuvarlak ve düzenli bir şekle sahiptir. Bu şekil saydamlığı arttırır (Arikawa ve ark., 2007). SDR ise monomer olarak Bis-GMA değil, daha esnek bir yapıya sahip olan UDMA içerir (Sideridou ve ark., 2002). (Filtek One bulk fil polimerizasyon stresini azaltan aromatik dimetakrilat (AUDMA) ve ilave fragmantasyon monomerleri (AFM) olarak adlandırılan iki yeni monomer içerir (Wang ve Wang, 2019). Bulk fill kompozitler uygulama teknikleri ve mekanik özelliklerine göre iki gruba ayrılır (Tarle ve ark., 2015; Ilie ve ark., 2013);

1. Düşük viskoziteli bulk fill kompozitler
2. Yüksek viskozitli bulk fill kompozitler

Yüksek viskoziteli bulk fill kompozitlerin üzerinin başka bir kompozit rezin ile kapatılmasına gerek yoktur, daimi restorasyon materyali olarak kullanılabilir. Düşük viskoziteli olan grup ise daha çok kaide materyali olarak tasarlanmıştır, başka bir restoratif materyal ile örtülmesi gerekmektedir. Çünkü abrazyon dirençleri okluzal kuvvetleri sağlayacak kadar güçlü değildir. Bu tip bulk fill kompozitlerde tabakalı yerleştirmeme avantajı kullanılamasa da kondensasyon zorunluluğu olmadığı için işlem süresi kısalır ve metakrilat bazlı restoratif materyallerle uyumlu olduğu için kullanım alanı oldukça geniştir (Bucuta ve Ilie, 2014; Ilie ve ark., 2013).

Tek kütle halinde uygulanabilen yeni bir kompozit türü yakın zamanlarda geliştirilmiştir. Bu kompozitler derin veya aşırı harabiyet görmüş kavitelerde kullanım için üretilmiş fiber ile güçlendirilmiş bir kompozit rezindir. Bu kompozitler de bulk-fill gibi 4 mm yerleştirilir, üzeri başka bir restoratif kompozit rezin ile örtülmesi gerekir (Türkün, 2015)

2.1.4.6. Bukalemun etkisi gösteren universal tek renk kompozitler

Eksik diş yapısının yerine konmasında estetik, uygun diş formu ve fonksiyonu sağlamak birincil amaçtır. Estetik anlamda tatmin edici sonuçlar almak için ise restoratif materyalin rengi etrafındaki diş dokusu rengiyle fark edilmeyecek kadar eşleşmesi çok önemlidir. Kompozit rezinler ticari olarak çevresindeki diş yapısına benzer renk elde etmek için geliştirilmişlerdir (Iyer ve ark., 2020).

Blending Effect (harmanlama etkisi, karıştırma etkisi), dental materyallerin bitişik yapıya benzer renk elde etme kabiliyetini tanımlar (Abdelraouf ve Habib, 2016) Bu tanımlamaya göre materyallerin diş dokusu ile bakıldığındaki renk farkı, tek tek bakıldıklardan daha küçüktür (Paravina ve ark., 2006) Harmanlama etkisi iki benzer renk yaklaştıkça artan, daha küçük restorasyonlarda ve yarı saydamlık arttıkça etkili hale gelen bir olgudur (Suh ve ark., 2017)

Eş zamanlı renk kontrastında renkler çevrenin tamamlayıcı rengine doğru kayar, genellikle geniş renkli alanlar birbirine bitişik yerleştirildiğinde ortaya çıkar. ‘Blending effect’ ise tam tersidir. Renklerin ayrı ayrı bakıldığından daha yakın algılandığı küçük renk alanlarında ortaya çıkma eğilimi olan algısal bir fenomendir. Bu optik fenomen dental seramikler ve kompozit rezinlerin estetik özelliklerinin karakterizasyonunda sıklıkla kullanılan ‘bukalemun etkisi’ olarak tanımlanır. İnternette arama yapıldığında bu tanımı sıkça görmek, bukalemun etkisinin diş hekimleri tarafından daha iyi bilindiği ve anlaşıldığı sonucuna vardırabilir. ‘Blending effect’ çok karmaşık bir fenomendir ve dental estetik materyaller söz konusu olduğunda büyüklüğünü ve yönünü etkileyebilecek birçok faktör vardır. Paravina ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre restorasyon boyutu bu faktörlerden biridir (Paravina ve ark., 2006). Bunun dışında dişin morfolojisi, restore edildiği alan, çevre yumuşak dokuların etkisi ve doğal dişlerin yapısal özellikleri (polikromatik, çok katmanlı, yarı saydam ve kavisli) ışığın yansıtma ve saçılma şeklini etkiler.

Kompozit rezinlerin doldurucu boyutu ve içeriği optik özellikler bakımından önemlidir. Dalga boylarının seçici yansıması pigmentasyondan kaynaklanmaktadır. Pigmentler kompozitler, seramik ve akrilik rezinlerin doğasında vardır. Omnichroma ise üreticiye göre pigment içermez ve renk özellikleri, kompozit rezinlerin optik

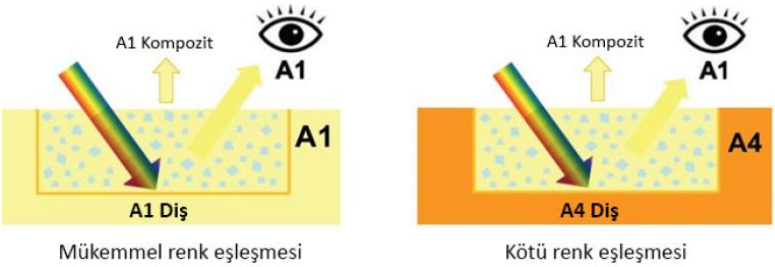
özelliklerini kontrol eden akıllı kromatik bir teknoloji olan yapısal renklere dayanır. Bu yaklaşım sayesinde bu kompozit diş renk alanı içerisindeki belirli bir dalga boyunu mükemmel bir şekilde yansıtarak, klasik VİTA A1-D4 aralığındaki bütün renkleri tek bir renk ile eşleştirebilmektedir.

Çevresindeki diş sert dokuların rengine doğru değişim gösteren dental materyaller, restorasyonun estetik görünümünü iyileştirebileceğinden, renk seçim aşamalarını azaltıp kolaylaştıracağından ve oluşabilecek renk uyumsuzluklarını çözebileceğinden klinik kullanımda bir avantaja sahip olabilir (Pereira ve ark., 2019).

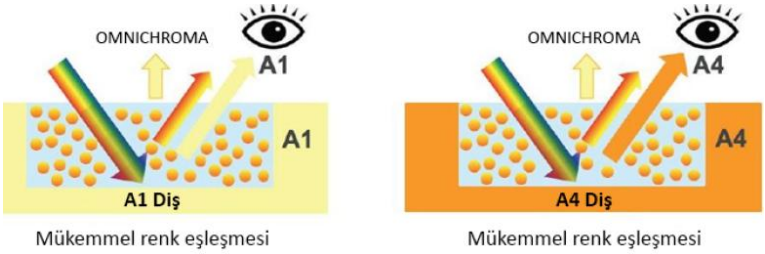
Omnichroma akıllı (smart) kromatik bir teknolojiye sahip bir kompozit rezin grubudur. Sadece tek bir renk tonuyla klasik VİTA skalasındaki bütün renkleri taklit edebilmeyi amaçlar.

Bu kompozitin sarıdan kırmızıya kadar bütün renk tonlarında doğal dişlere benzer bir yapısal renk oluşturarak başarılı bir renk eşleşmesi sağladığı düşünülmektedir.

Omnichroma içerisinde pigment veya boya içermemektedir. Kullandıkları sistem bu materyalleri gereksiz kılarak başarılı olmaktadır. Yapısal renk sadece ışığın fiziksel özellikleri (saçılma, kırılma, kırınma vs.) ile ifade edilmektedir. Bu tüm renk tonlarında yapısal bir renk meydana getirirken, eklemeli renk karışımı sürecinde yansıyan ışık ve yanındaki diş rengi birleşerek bu materyalin doğal dişlere uyum sağlama başarısını arttırmaktadır (Pereira ve ark., 2019).



Şekil 2.9. A1 renk tonu kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi (https://www.tokuyamaturkiye.com/upload/teknik/omnichroma.20.05.2020)



Şekil 2.10. Omnichroma kullanılarak restore edilen A1 ve A4 dişi

2.2. Diş Hekimliğinde Renk

Işık nanometreler ile belirtilen dalga boylarına sahip, görülebilir bir elektromanyetik enerjidir (Wee, 2006). İnsan gözü bu enerjinin 360- 780 nm aralığındaki dalga boyuna duyarlıdır (Paravina ve Powers, 2004) Renk ise görünür ışığın farklı dalga boylarının emilip, absorbe edilemeyen kısmın gözdeki reseptör hücreler tarafından algılanması ve beyinde renk olarak tanımlanması ile oluşur (Romney ve Indow, 2002). Siyah renk tüm dalga boylarını absorbe ederken, beyaz hepsini yansıtır (Wee, 2006). Diğer renkler cisimden hangi dalga boyu yansıyorsa ona göre algılanır (Romney ve Indow, 2002).

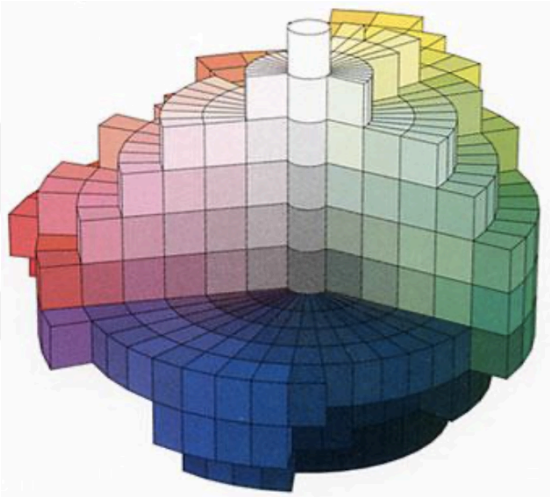
Rengin üç boyutlu tanımı 1611 yılında Sigried Forsius tarafından tanımlamıştır (Sproull, 2001). Renk algısının oluşmasını sağlayan etmenler, ışık kaynağı, gözlemci ve nesnedir. Renk algısı gözlemcinin subjektif deneyimi olarak tanımlanabilir çünkü, ışık şartları, göz yorgunluğu, zeminin etkisi gibi birçok faktörden etkilenir. Bu sübjektif durumu ortadan kaldırıp, renk tanımını sayısal verilerle standardize etmek amacıyla birçok sistem geliştirilmiştir (Zaimoğlu ve Can, 1993). Munsell ve (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) [Commission Internationale de Liéclai- raqe (CIE)] L*a*b* renk sistemleri, güvenilir ve pratik olmaları, uluslararası kabul edilebilirliği göz önünde bulundurulduğunda en çok tercih edilen sistemlerdir (Sproull, 2001; Brewer ve ark., 2004).

Renk sistemleri;

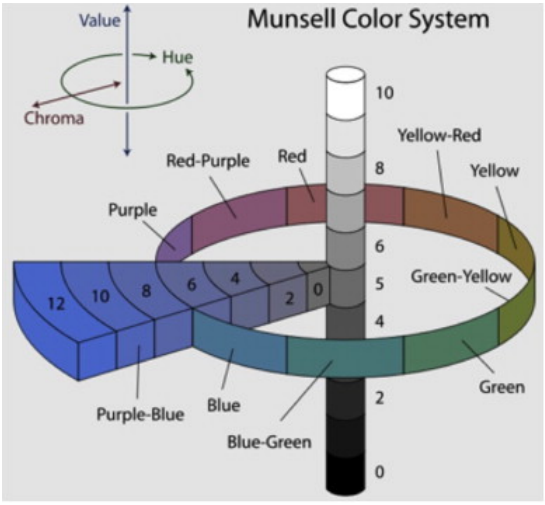
1. Munsell renk sistemi
2. CIE XYZ sistemi
3. CIE L*a*b sistemi
4. RGB (red-green-blue) renk sistemi

2.2.1. Munsell renk sistemi

Munsell sistemi 1905 ylında Albert H. Munsell tarafından geliştirilmiştir (Munsell, 1919; Nickerson, 1940**).** Munsell bu sistemi üç boyutlu silindirik bir şekil olarak tanımlamış; bu boyutların hue (renk tonu), value (parlaklık) ve chroma (yoğunluk)' dan oluştuğunu bildirmiştir. Bu sistem bu üç renk komponentini düzenli ve bağımsız olarak uzayda ayıran ilk modeldir. Diğer renk sistemleri bundan esinlenerek oluşturulmuştur (Ibraheem ve ark., 2012; Barghi ve Goldberg, 1977). Silindirin ortasından geçen dikey eksen 'value' , yatay düzlem 'chroma' etrafındaki ise 'hue'değerini gösterir (Rasras ve ark., 2007)



Şekil 2.9. Munsell renk küresi
(http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html)



Şekil 2.10. Munsell renk sistemi (Cochrane, 2014)

2.2.1.1. Value (parlaklık)

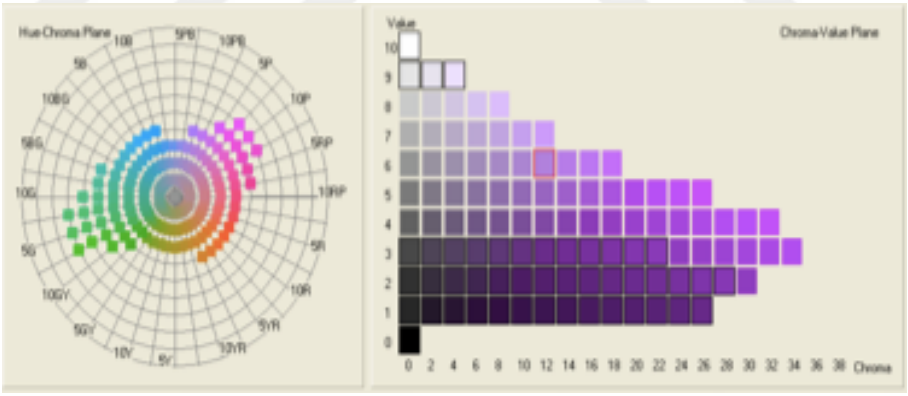
Value bir rengin açıklık-koyuluk veya saf siyah (0) ve saf beyaz (100) arasındaki parlaklık değeri olarak tanımlanabilir (Joiner, 2004). Saf siyah ile beyaz arasındaki değerler grinin tonlarıdır (Chu, 2007). Value diş rengi eşleştirilmesinde dikkat edilecek en önemli faktördür (O'Brien, 2002). Bu yüzden renk belirlemede ilk bakılan koordinanttır. Bu koordinatta bulunan 9 tekerlekte 10 değer vardır (Berns, 2000).

2.2.1.2. Hue (renk tonu)

Rengi diğer renklerden ayıran ana özellik hue'dur (kırmızı,mavi,sarı). Koordinat sisteminin yatay ekseninde dairesel olarak sıralanmıştır. Renk seçimi yaparken en son bakılan parametredir (Powers ve Sakaguchi, 2006).

2.2.1.3. Chroma (renk yoğunluğu)

Ana rengin gücünü yoğunluğu veya doygunluğu ile tanımlar. Yatay düzlemdeki chroma değerinde perifere gidildikçe renk yoğunluğu artar (Rasras ve ark., 2007).

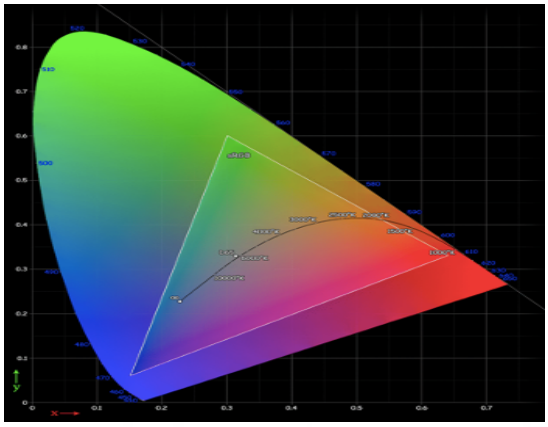


Şekil 2.11. Hue-Chroma ve Value-Chroma düzlemi (Zuffi ve ark., 2006)

2.2.2. CIE XYZ renk sistemi

'Commission Internationale de l'Eclairage' (CIE) renk konusunda standardizasyonu sağlamak amacıyla kurulan bir organizasyondur. CİE' nin 1931 yılında açıkladığı ilk sistemde görme sistemindeki tüm renkler kırmızı (X), yeşil (Y) ve mavi (Z) renklerinin belli oranlarda karışımı ile oluşur (Seghi ve ark., 1986; Paravina ve Powers, 2004).

Her bir rengin sistemde kendine özel reseptörleri bulunmaktadır. Bu sistemin özel şekline ‘gamut’ ismi verilir.

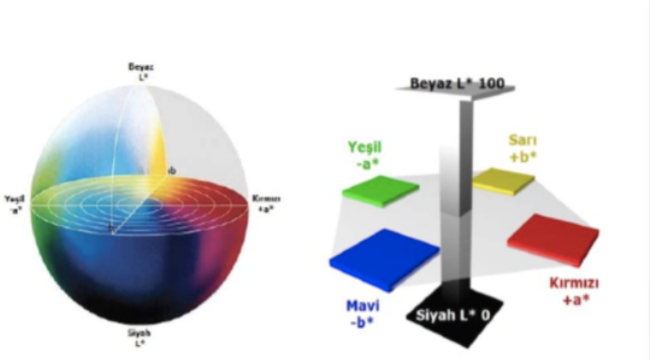


Şekil 2.12. CIE XYZ sistemi şekli ‘gamut’(Varghese, 2014)

Bu sistemde rengin görünümü ve parlaklığı belirlenemez (Turgut ve ark., 2018).

2.2.3. CIE L*a*b renk sistemi

1976 yılında CIE tarafından geliştirilmiş, diğer sistemler içerisinde daha düzgün ve anlaşılır bir dil kullandığı için renk ile ilgili araştırmalarda en çok kullanılanlardan biridir (Nayatani, 2005; Rosenstiel, 1989). Sistemde renk koordinatlarını tanımlayan üç eksen vardır. Daha önce X, Y, Z değerlerinin L*, a* ve b* değerlerine çevrilmesiyle oluşturulan renk uzayıdır (Ibraheem ve ark., 2012)



Şekil 2.13. CIE L*a*b renk modeli (Barutcigil, 2010)

L* sembolü eksende parlaklığı temsil eder, a* ve b* simgeleri ise renk ve doygunluğu gösterir. Parlaklığın simgelenmesinde ‘0’ mükemmel siyah, ‘100’ ise mükemmel beyaz olarak, ‘a*’ simgesi kırmızı (pozitif)-yeşil (negatif), ‘b*’ simgesi ise sarı

(pozitif)-yeşil (negatif) rengi tanımlar (Plataniotis ve Venetsanopoulos, 2013). Kullanılan L, a ve b harflerinin yanındaki '*' işareti sistemin diğer renk sistemleriyle karışmasını engellemek için eklenmiştir.

Bu sistemde renkler geometrik olarak düzenlenir ve matematiksel olarak hesaplanabilir. CIE L*a*b* renk sisteminde renk değişimi ΔE formülü ile ifade edilir. $\Delta E= [(L1^* -L0^*)^2 +(a1^*- a0^*)^2 +(b1^*- b0^*)^2]1/2$ formülü hesaplanarak bulunur (Yap, 1998; Rosenstiel ve ark., 1989; Ishikawa-Nagai ve ark., 2005). Materyaller test ortamına bırakıldıktan sonra renk değişimi görülmez ise ΔE=0 ve stabil kabul edilir. ΔE değeri 3,3 ve altında çıkar ise görsel olarak renk değişimi algılanmadığı ve klinik olarak kabul edildiği anlaşılabilir (Powers ve Sakaguchi, 2012).

Klinik renk eşleşmesi tolerans değerleri	
ΔE	**Klinik renk durumu**
0	Stabil
≤ 1	Değişiklik klinik olarak algılanamaz, %50 gözlemci tarafından tanımlanabilir.
1-2	Klinik olarak fark edilebilir.
2-3,7	Klinik olarak kabul edilebilir, %100 gözlemci tarafından tanımlanabilir.
> 3,3	Kabul edilemeyen renk değişimi

Tablo.2.2. Klinik renk eşleşmesi tolerans değerleri

Spektrofotometre ve kalorimetreler diş rengini CIE L*a*b* kullanarak ölçen cihazlardır (Miyasaka ve ark., 2008).

Renk farklılıklarını ayırt edebilmek, kullanılan materyalin açıklık, doygunluk ve tonuna bağlıdır. Göz ton farkı ile oluşan renk farkını daha kolay algılamaktadır. Bu neden göz önünde bulundurularak 2000 yılında uluslar arası renk bilimciler değişkenlerin eşit değerlendirildiği CIE Lab formülü yerine göz algısını etkileyen faktörlerin katsayısına göre belirleyerek algılanabilirliği ve kabul edilebilirliği daha doğru saptayacak CIEDE2000 formülünü geliştirmişlerdir (Perez ve ark., 2007; Ghinea ve ark., 2010).

Formülü aşağıdaki gibidir:

$$\sqrt{\Delta E00 = ((\Delta L'/KLSL)2 + (\Delta C'/KCSC)2 + (\Delta H'/KHSH)2 + RT(\Delta C'/KCSC)2 x (\Delta H'/KHSH)2 \quad (1/2)}$$

$\Delta L = L_2' - L_1'$

$\Delta C = C_2' - C_1'$

$\Delta H = 2\sqrt{} C_1' C_2' \sin(\Delta h'/2)$

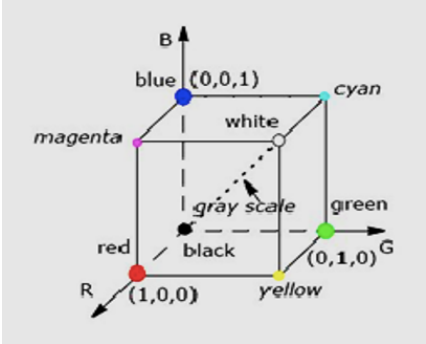
CIE Lab ve CIEDE 2000 Sistemi ile yapılan renk ölçümü sırasında ortaya çıkan ΔE değerlerinin insan gözü tarafından algılanabilirliği ve kabul edilebilirliği araştırılmıştır. CIE Lab algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{ab} = 1,2$ olarak bulunurken, kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{ab} = 2,7$ olarak bulunmuştur. Buna karşılık gelen CIEDE 2000 (ΔE_{00}) algılanabilirlik eşiği $\Delta E_{00} = 0,8$, kabul edilebilirlik eşiği $\Delta E_{00} = 1,8$ olarak tespit edilmiştir (Paravina ve ark., 2015).

Ghinea ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise bu değerler farklı olarak tespit edilmiştir. CIE Lab için algılanabilirlik eşik, 1,74 iken, kabul edilebilirlik eşik ise, 3,48 olarak bulunmuştur. Buna eşdeğer gelen CIEDE 2000 (ΔE_{00}) değerleri, algılanabilirlik eşiği $\Delta E_{00} = 1,25$ olarak bulunurken, kabul edilebilirlik eşiği $\Delta E_{00} = 2,23$ olarak tespit edilmiştir (Ghinea ve ark., 2010).

Paravina ise gözlemcilerin %50 si tarafından tespit edilemeyen değerlerin $\Delta E_{ab} = 1$, $\Delta E_{00} = 0,9$; klinik olarak başarısızlığın eşik değerlerini ise $\Delta E_{ab} = 3,7$, $\Delta E_{00} = 3,1$ kabul etmiştir (Paravina ve ark., 2005).

2.2.4. RGB renk sistemi

Kırmızı, yeşil ve mavi olan ana renklerin baş harfleri kullanılarak isimlendirilmiş renk sistemidir. Televizyon ve bilgisayar monitörleri ve tarayıcılar bu renk sistemini kullanır. Üç renk aynı karışım için eşit oranda karıştırıldığında saf beyaz elde edilir. 'Additive color' RBG sistemine dayalı ana renkleri kullanarak farklı renkler elde edilmesine denir. Her üç ana renk de parlaklık ve doygunluk açısından 0-255 arası değerler alabilir (Chu ve ark., 2004; Yap, 1998; Palataniotis ve Venetsanopoulos, 2013).



Şekil 2.14. RGB renk modelinde ana renklerin ara renkleri oluşturması (Ibraheem ve ark., 2012)

2.2.5. Diş hekimliğinde renk tespit yöntemleri

Günümüzde renk seçimi akrilik veya porselen rezin tonlarını içeren skalalar kullanılarak görsel ölçümle ya da enstrümanlar kullanılarak objektif bir şekilde yapılabilir (Eroğlu ve ark., 2007).

Görsel renk analizi için en çok Vitapan Classical, Ivoclar Chromascop, Vitapan 3D Master ve Linear Guide 3DMaster gibi üretici firmalar tarafından pazarlanan skalalar kullanılmaktadır. Bu standart skalaları doğal dişlerle karşılaştırarak yapılan görsel analiz diş hekimliği kliniğinde hala en çok kullanılan renk tespit yöntemidir. Sonuçları oldukça öznel olan bu yöntemi hekim açısından etkileyebilecek birçok faktör vardır (Paul ve ark., 2002).

Bu faktörler:

- Işık şiddeti,
- Gözlemci kaynaklı faktörler,
    1. Renk körlüğü
    2. Yorgunluk
    3. Yaş
    4. Renk reseptörlerinin yorgunluğu
    5. Duygu durumu
    6. Cinsiyet
    7. Mesleki tecrübe
    8. Hafıza ve kültürel geçmiştir (Chu ve ark., 2004)

Bu sınırlamalara rağmen insan gözü iki obje arasında küçük renk farklılıklarını ayırt edebilecek yeteneğe sahiptir (Paul ve ark., 2002). Genel olarak bir dişin temel rengini bulabilmek için hekimin odak noktası dişin orta üçlüsü olmalıdır. Öncelikle value seçimi yapılmalı, daha sonra diğer parametrelere bakılmalıdır (Okubo ve ark., 1998).

Görsel renk analizi maliyet ve zaman kazancı açısından avantajlara sahip olsa da bazı dezavantajları vardır:

1. Sonuçlar CIE renk sistemine dönüştürülemez. Bu analizde Munsell renk sistemi genellikle kullanılır (Van Der Burgt ve ark., 1990).
2. Aynı günün farklı zamanlarında, hekimler arasında renk seçiminde farklılıklar olması standardizasyonu bozar.
3. Skalada bulunan renkler doğal dişlerin tümünü kapsamaz (Keyf ve ark., 2009).

Cihazlar kullanılarak yapılan renk ölçümleri objektif ve tekrarlanabilir olması nedeniyle tercih edilmeye başlanmıştır (Joiner, 2004). Bu cihazların tamamında bir sinyal ayarlayıcı, bir dedektör ve bu sinyalleri anlaşılır verilere dönüştüren bir yazılım programı mevcuttur.

Cihazlarla yapılan renk analizlerinde, kalorimetreler, spektrofotometreler, spektroradyometreler ve dijital kameralar kullanılmaktadır (Ristic, 2009).

2.2.5.1. Kalorimetreler

Matematiksel işlem içermeden renk koordinatlarını elde edebilen cihazlardır. Kırmızı, mavi, yeşil üç adet filtreye sahiptir ve retina tabakasına benzer şekilde tasarlanmışlardır (Chen ve ark., 2012). Nesneden geçen ışınlar bu filtrelerden geçerek renk analizlerini tamamlar (Okubo ve ark., 1998).

Diş hekimliğinde renk için tasarlanan ilk cihaz 1980'li yıllarda üretilen "Chromascan" (Sterngold, Stamford, Conn) adlı kalorimetre cihazıdır. Ancak dizayn ve doğru ölçüm konusundaki soru işaretleri nedeniyle tercih edilmemiştir. Diğer kalorimetre cihazları örnek verilecek olursa; ShadeEye NCC, Shade Eye Ex'tir (Brewer ve ark., 2004; Goodkind ve ark., 1985).

Kalorimetreler, diğer cihazlar ile karşılaştırıldığında küçük boyutları nedeniyle kullanım kolaylığına ve daha uygun maliyetlere sahiptir. İlave parçaları sayesinde ağız içerisinde kullanılabilirler (Paravina ve Powers, 2001).

Kalorimetrelerin dezavantajları:

- Işık seviyeleri düştüğünde yetersiz kalabilmektedirler
- Tasarımı düz yüzeylerde kullanıma uygun olması nedeniyle, dar açıklığa sahip cihazlarda 'edge-loss' adı verilen ışığın cihaza tam olarak dönememesi gibi problemler yaşanmaktadır.
- Filtrelerin sürekli değiştirilmesi gerekmektedir, bu da cihazın sürekli kullanılabilirliğini etkilemektedir.
- Objelerin metamerizm özelliği değerlendirilememektedir.
- Translüsensi özelliğinin de değerlendirilmesinde yaşanan problemler nedeniyle spektrofotometre ve spektroradyometre cihazlarından daha az güvenlidir (Müdüroğlu ve ark., 2018).

2.2.5.2. Spektroradyometreler

Işık kaynaklarının spektral güç dağılımlarını ölçmek için üretilen bu cihazlar, toplayıcı optik, okuyucu, dedektör ve monokromatör olmak üzere dört ana bölümden oluşur (Bentham, 1997). Renk ölçümünü yayılan ışığı projektör ile beyaz ekrana göndererek ya da transparanlığı yansıtarak sağlarlar (Müdüroğlu ve ark., 2018).

Bu cihazlar adli tıp çalışmalarında diş rengini ölçerek yaş tayini sağlanması amacıyla kullanılmış ve oldukça başarılı bulunmuştur (De las Heras ve ark., 2003).

Diş hekimliğinde ise ölçüm sırasında materyale değmediği için düz olmayan diş yüzeylerinde de çalışılabilmesi, 'edge loss' etkisinin görülmemesi, rengin bütün formlarını ölçmesi gibi avantajları sayesinde sık kullanım imkanı bulmuştur. Fakat ölçüm hassasiyet gerektirmektedir (Shahabi ve ark., 2018).

2.2.5.3. Spektrofotometreler

Yüzey renklerinin ölçülmesinde en sık kullanılan cihazlar spektrofotometrelerdir. Bir ışık kaynağı, dedektör ve monokromotör olmak üzere üç bölümden oluşur (Paravina ve Powers, 2004; Turgut ve Bağış, 2012).

Objeden yansıyan ışığın, referans olarak alınan beyaz bir alandan yansıyan ışığa oranı hesaplanarak çalışır. Yansıma miktarı (%R); örnekten geçmeden önceki ışık miktarının (I_0), örnekten geçen ışık miktarına (I) oranıdır (I_0/I) (Liebermann ve ark., 2017; Ardu ve ark., 2017). Spektrometreler kalorimetrelerden farklı olarak çoklu sensör prensibiyle çalışmaktadırlar ve metamerizmi ayırt edebilmektedirler (Paravina ve Powers, 2004; Turgut ve Bağış, 2012).

Spektrofotometre ile renk ölçümü CIE L*a*b* parametreleri kullanılarak standart ışık ve beyaz arka plan ile üç boyutlu olarak yapılır. L* ışık koordinatı ifade eder, '0' değeri siyah '100' değeri ise mutlak beyazdır. Yeşil-kırmızı a*, mavi-sarı b* nin kromatik koordinatlarıdır (Liebermann ve ark., 2017; Ardu ve ark., 2017).

Spektrofotometreler ile yapılan çalışmalarda görsel renk analiz yöntemleri ile karşılaştırılmış %33 oranında daha güvenilir olduğu ve sonuçların %93,3 ünde doğru ölçümler yaptığı görülmüştür (Paul ve ark., 2002). Bu cihazlar uzun dönemde tekrarlanabilir doğru ve ayrıntılı sonuç vermelerinden dolayı bir avantaja sahiptirler. Aynı zamanda doğal çekilmiş ve canlı dişlerde ölçüm yapabilirler. Fakat spektrofotometreler pahalı cihazlardır, diğer yöntemlere göre daha komplike ve in vivo çalışmalarda kullanmak zordur (Trakyalı, 2013). Piyasada kullanılan spektrofotometrelere Easyshade Compact, Easyshade Advance, Shade X, Shade Star, SpektroShade örnek verilebilir.

SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre) dijital görüntülemeyi spektrofotometrik analizle birleştiren cihazlardan biridir. LCD ekrana sahip cihazda ölçüm yapılacağı zaman diş üzerine yerleştirilir. Munsell ve CIE L*a*b* sistemlerine göre parametreleri bulunur (Ristic, 2009). Renk değerlerini etkileyebilecek yansımayı önlemek için cihazda polarize filtre kullanılmaktadır. Polarize görüntüler daha sonra diğer görüntüler ile kıyaslanabilmekte, kaydedilebilmekte, bilgisayara

aktarılabilmektedir. Cihazın yazılımı sayesinde renk haritası da çıkarılabilmektedir (Chu ve ark., 2010). Son derece güvenilir bir cihaz olmasına rağmen, pahalı olması, taşınabilir olmaması dezavantajlarıdır (Derdilopoulou ve ark., 2007).



Resim 2.1. SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre)

2.2.5.4. Dijital kamera ve görüntüleme sistemleri

Dijital kameralar son yıllarda diş hekimliği alanında oldukça popüler hale gelen sistemlerdir. Bu sistemler tüm nesnenin görünümünün ölçümünü tek noktadan değil bütün yapıdan sağlaması gibi büyük bir avantaja sahiptir. Aynı zamanda kalibre edilmelerinin kolay olması, ulaşılabilirlikleri ve nispeten uygun maliyetleri tercih edilme sebepleri arasındadır (Wee ve ark., 2006; Turgut ve Bağış, 2012).

Doğru bir görüntüye ve doğru bir ölçüme ulaşabilmek için kamera kurulumunun birçok yönü ve doğru görüntüleme kontrol edilmelidir. Görüntü boyutu, kalitesi, ortamın aydınlanma koşulları, kamera ayarları, ilgili dişin pozisyonu gibi faktörlere bağlı olarak belirlenen renk değişebilir (McLaren ve ark., 2013).

Dijital kameralar ölçüm sistemlerinde cisimlerden aldıkları renk sinyallerini yeşil, kırmızı ve mavi (RGB) olarak almaktadır. Kamera dedektörleri CIE'nin standart gözlemcisi ile aynı duyarlılığa sahip olmadığı için kameradaki RGB değerleri CIE'deki XYZ değerleri ile uyuşmaz. Bunu uyumlu hale getirmek kamera kalibrasyonu ile gerçekleşir (Sarıkaya ve Güler, 2009; Paravina ve Powers, 2004).

Photoshop (Adobe Corb. ABD) ile renk seçimi herhangi bir renk skalası olmadan uygun rengi bulmayı hedefler. Rehber ile hedef arasındaki renk farklılığını ölçebildiği için görüntü üzerindeki iki rehber rengi bularak nesnenin kesin rengini ölçebilirler (Mclaren ve ark., 2017). Bu program ile yapılan renk seçiminde CIE L*a*b değerleri kullanılır (Wee ve ark., 2006).

Tablo 2.3. Renk seçiminde kullanılan cihazlar ve özellikleri (Goodacre ve ark., 2009; Sakaguchi ve Powers, 2012; Kurt ve ark., 2016)

CİHAZ	TİPİ	DONANIM	ÖLÇÜM ALANI	KULLANIM
ClearMatch (Clarity dental, Utah)	Yazılım/Dijital Görüntü Analizi	Dijital Kamera	Görüntü boyutu büyütmeye bağlı	Farklı skalalarla uyumlu renk seçimi
Crystal Eye (Olympus, ABD)	Dijital görüntü analizi/spektrofotometre	Dijital Kamera	CM	Kendine ait sanal renk skalasına uygun renk seçimi
SpectroShade Micro (MHT, İsviçre)	Dijital görüntü analizi/spektrofotometre	Dijital kamera LCD ekran	CM	Farklı skalalarla uyumlu renk seçimi
ShadeEye NCC (Shofu, ABD)	Kolorimetre	Kablosuz el aleti	SM -3 mm çapta	Shofu ve Vita marka porselen için renk seçimi
ShadeScan (Cynovad, Kanada)	Dijital görüntü analizi/ kalorimetre	Fiber optik kablolu LCD ekranlı el aleti	CM	Farklı skalalarla uyumlu renk seçimi
ShadeVision (X-Rite, ABD)	Dijital görüntü analizi/ kalorimetre	Kablosuz LCD ekranlı el aleti	CM	Farklı skalalarla uyumlu renk seçimi
Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Almanya)	Spektrofotometre	Kablolu el aleti	SM -5 mm çapta	Vita klasik ve 3D Master skalaları ile uyumlu renk seçimi

CM: Tam yüzey ölçümü yapan cihaz **SM:** Spot yüzey ölçümü yapan cihaz

2.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü bir materyalin elde edilme yöntemi veya özelliklerine bağlı olarak yüzey dokusunda meydana gelen düzensizliklerdir (Paravina ve Powers, 2004). Dental tedavilerde kullanılan bütün restoratif materyallerin uzun ömürlü olabilmeleri için ağız içerisindeki mekanik ve kimyasal etkilere dayanıklı olmaları gereklidir (Yanıkoğlu ve ark., 2009). Bunu sağlayabilmek için gerekli olan özelliklerden biri de yüzeyin pürüzlülük derecesinin düşük olmasıdır. Aynı zamanda ideal bir estetik görüntü yakalamak, restorasyon yüzeyinin parlak ve düzgün olması ile olur. Düzgün bir yüzey, rekürrent çürük oluşumunu engellemek, plak retansiyonunu azaltarak gingival iritasyonu engellemek, sürtünme katsayısını düşürüp aşınma oranını azaltmak gibi faydaları sayesinde restorasyonun klinik ömrünü uzatir. Yüzey özellikleri materyalin kırılma dirençlerini de etkileyebilir (Kakaboura ve ark., 2007; Atabek ve ark., 2010; Yılmaz ve Özkan, 2010; Weitman ve Eames, 1975; Neme ve ark., 2005; Bollen ve ark., 1997).

2.3.1. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemleri

Dental tedavilerde kullanılan kompozit rezinlerin pürüzlülüklerini değerlendirmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler yüzey profili analizi (Profilometre) gibi kantitatif metotlar olabileceği gibi, tarayıcı elektron mikroskopu (SEM) gibi kalitatif metotlar olabilir. Son zamanlarda ise yeni bir yöntem olan Atomik kuvvet mikroskopu (AFM) ile pürüzlülük ölçümü yapılabilmektedir (Kakaboura ve ark., 2007). Bu ölçüm yöntemleri içerisinde çalışmalara bakıldığında en çok kullanılanı profilometre ile yapılan pürüzlülük ölçümleridir.

2.3.1.1. Profilometreler

Mekanik ve optik olmak üzere iki farklı tipte üretilmişlerdir (Joniot ve ark., 2006).

2.3.1.1.1. Mekanik profilometreler

Mekanik profilometre cihazında elmas bir uç bulunmaktadır, bu uç sayesinde sabit doğrusal bir mesafe sağlanır, yüzeye temas edip gezinerek dijital ölçümler hesaplanır ve kaydedilir. Mekanik profilometreler iki boyutlu yüzey ölçümü yaparlar. Sensör X

ekseni boyunca hareket eder. Dikey eksen üzerindeki yükseklik farklarını ise makinenin dönüştürüm sistemini referans olarak hesaplar. Bu yüzden ölçüm yapılacak alanının paralelliği ve sensörün eksen dönüştürümü dikkatli ve doğru bir şekilde ayarlanmalıdır (Joniot ve ark., 2006; Jefferies, 1998).

Yüzeylerin profilometre ile incelenmesinde değerlendirilen birçok parametre vardır. En çok kullanılanlar Ra, Rz, Rpm ve Rz=Rpm oranıdır (Whitehead ve ark., 1995).

Ra; yüzeyin ortalama pürüzlülüğüdür. Profilde tüm pürüzlülük mesafesinin (yükseklik ve derinlik) merkez çizgiye göre uzaklığı ölçülerek aritmetik ortalamanın hesaplanması ile bulunur. Yüzey pürüzlülüğü çoğunlukla Ra ile ifade edilir.

- Rz; ard arda gelen 5 parçada ortalama tepe-vadi yüksekliği olarak tanımlanır.
- Rmax; belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafedir.
- Rpm; ard arda gelen 5 parçadaki ana derinlik seviyesidir. Nispeten profil şekli hakkında bilgi verir. Küçük Rpm geniş tepeli ve dar vadili yüzeyler, büyük Rpm sivri ve keskin kenarlı profili gösterir.
- Rz=Rpm; profil şekli hakkında bilgi verir. Oran 0,5 ten büyük ise keskin, küçük ise yuvarlak profili tanımlar (Whitehead ve ark., 1995; İnan ve ark., 2008).

Restoratif materyallerin ağız içerisinde kullanılabilmesi için gerekli olan pürüzlülük değeri 0,2 μm ve altıdır (Güler ve ark., 2010; Bollen ve ark., 1997).

2.3.1.1.2. Optik profilometreler

Yüzey ile mekanik bir temas kurmadan optik ışınla üç boyutlu ölçüm yapan cihazlardır. Cihaz yüzey üzerinde belirlenen referans noktaları arasında ölçüm yapmaktadır. Optik parçalar 100 μm^2' lik bir alanda birkaç nanometrelik çözünürlük sağlayabilmektedirler (Joniot ve ark., 2006).

Optik profilometreler 3 boyutlu yüzey topografisi ile uyum sağladıkları için yüzeyin doğal karakterini gösterebilmektedirler (Kakaboura ve ark., 2007).

2.3.1.2. Taramalı elektron mikroskopu (SEM)

SEM oldukça ince (10 μm) bir elektron demetinin incelenen yüzey boyunca bir noktadan bir noktaya peş peşe hareket etmesi prensibine göre çalışır (Junqueira, 1992). Yüzey üzerindeki çizikler ve bozuklukları en sık inceleyen yöntemlerden biridir. Ancak üç boyutlu görüntülenememesi, vakum veya örneklere özel işlem gerektirmesi gibi dezavantajlara sahiptir (Kakaboura ve ark., 2007).

Taramalı elektron mikroskopunun diğer ölçüm cihazlarından farklı olarak odak derinliği gibi avantajlı bir özelliği vardır. Odak derinliği dışında ayrım gücünün iyi olması, görüntü ve analiz birleştirme özelliğine sahip olması bilimsel araştırma ve incelemelerde oldukça geniş bir alanda kullanılmasını sağlamıştır. SEM mikro işlemci ve bilgisayarlarla birlikte kullanılabilmektedir. Bu sayede verilerin değerlendirilmesi kısa sürelerde tamamlanabilmektedir (Al-Nazhan, 2004; Breschi ve ark., 2003; Breschi ve ark. 2003).

2.3.1.3. Atomik kuvvet mikroskopu (AFM)

1980 yılında geliştirilen AFM, genellikle biyomalzeme ve biyolojik araştırmalarda kullanılan son yıllarda popülarite kazanmış pürüzlülük ölçüm cihazıdır (Gadegaard, 2006; Barbour ve Rees, 2004). Çalışma prensibi, yüzey üzerinde ileri geri hareket eden 40-60 nm çapında keskin bir uçtan meydana gelen taramadır. İncelenecek yüzeylerin bu tarama sayesinde topografik haritası çıkarılır (Balooch ve ark., 1998).

SEM'in aksine özel yüzey işlemlerine ihtiyaç yoktur ve ölçüm yapılacak örneklerin SEM'deki kadar kuru olmasına gerek yoktur. Üzerinde bulunan ince prob sayesinde yüzeyi zedelemeden veriler alınabilir, yüksek çözünürlükte üç boyutlu görüntüler elde edilebilir (Doğan ve ark., 2008).

Atomik kuvvet mikroskopunun örnek sayısının az, tarama hızının düşük olması ve undercutları belirleyememesi en büyük dezavantajlarıdır (Gadegaard, 2006).

2.4. Yapay Yaşlandırma yöntemleri

Ağız içerisinde meydana gelen çiğneme kuvvetleri, sıcaklık değişimleri ve kimyasal ataklar belli bir süre sonunda diş ile restorasyon arasındaki bölgede ciddi problemler oluşmasına neden olmaktadır. Restorasyonların ömrünü kısaltan en önemli durum klinik olarak kompozit restorasyonlardaki marjinal bütünlüğün bozulmasıdır. Buna bağlı olarak bir restorasyonun bozunması termal, mekanik ve kimyasal streslere bağlı olarak gerçekleştiği sonucuna varılabilir (Bedran-De-Castro ve ark., 2004).

Materyallerin performanslarını in vitro olarak incelerken bu streslerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu stresleri stimüle etmek için en çok kullanılan yöntemler ise, termal siklus, suda bekletme, mekanik yükleme olarak sayılabilir (Hung ve ark., 2001).

2.4.1. Termal siklus ile yaşlandırma

Dental malzemelerin test edilmesinde en çok kullanılan in-vitro yöntemlerden biridir (Güngör ve ark., 2016). İlk kez Nelsen tarafından materyallerin mikrosızıntı özelliklerini incelemek için geliştirilmiştir (Nelsen ve ark., 1952).

Bu yöntem sırasında örnekler belirli bir süre boyunca farklı sıcaklıklardaki su banyonlarına maruz bırakılır, bu sayede ağız içerisindeki termal, biyolojik ve fizyolojik durumu taklit eden ısısal değişim uygulanmış olur (Gale ve Darvell, 1999). Modellerin suda bekletilme süresi 10, 15, 30, 60 ve 120 saniye olabilir, kısa bekletme sürelerini kullanmak klinik anlamda daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Yapay yaşlandırma etkisi iki şekilde görülebilir. Birincisi sıcak su korumasız kollejenlerin hidrolizini hızlandırır ve yetersiz polimerize olan rezin oligomerleri açığa çıkarabilir. İkinci etki ise restoratif materyallerin termal genleşme ve büzülme katsayıları dişten yüksek olursa diş-materyal arasında tekrarlanan büzülme ve genleşme stresleri görülür, bu da diş dokusu ile restorasyon arasında marjinal boşluk oluşumuna neden olur (Stawarczyk ve ark., 2013). Bu boşluklar oral sıvıların içeri ve dışarı hareketine izin verir, bu durumda perkolasyon adı verilir (Gale ve Darvell, 1999).

Uluslararası Standardizasyon örgütü [International Organization for Standardization] İSO' nun ilk olarak 1994'te, daha sonra 2003'te tekrar düzenlediği standartlara göre termal döngü test protokolünde alt ve üst sınır sıcaklık değerleri 5-55℃, döngü sayısı 500 olarak bildirilmiştir (De Munck ve ark., 2005). Bir standardizasyon sağlanmaya çalışılsa da çalışmalarda alt ve üst limit olarak 4-58℃, 4-60℃, 5-55℃, 5-60℃, 10-50℃ değerler tercih edilebilmektedir (Amaral ve ark., 2007). Günlük ısı değişimleri ağız içerisinde 20-50 siklus olarak düşünüldüğünde, ortalama 10000 siklusun 1 yıllık dental materyalin ağız içi kullanımına eşit olduğu sonucuna varılmıştır (Gale ve Darvell, 1999).

2.4.2. Otoklavda yaşlandırma

Bu yöntemde cam kaplara alınan örnekler 134℃' de 200 kPa'lık basınçta farklı sürelerde tutularak yaşlandırılır. 30 dakikalık yaşlandırma protokolünün yaklaşık 1 yıla, 1 saatlik yaşlandırma protokolünün kabaca in vivo 2 yıla, 5 saatlik uygulamanın 10-20 yıla eş değer olduğu bildirilmiştir (Rafael ve ark., 2018; De Almeida Basilio ve ark., 2016).

2.4.3. Suda bekletme ile yaşlandırma

37 C' de sıvı içerisinde bekletildiğinde de örneklerde yaşlandırma görülebilir. Bekleme süresi değişkenlik göstermekle birlikte kısa süreli bekletmelerde bile bağlanma kuvvetinin azaldığı görülmüştür (De Munck ve ark., 2005).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya, Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 01.10.2020 tarihli 2020-438 protokol no'lu etik kurul onayı alınarak başlandı.

Çalışmada kullanılan örnekler standardizasyonun sağlanması amacı ile aynı kişi tarafından hazırlandı.

Çalışmamız materyallerin optik ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi adı altında iki bölüm olarak planlandı.

3.1. Çalışmada Kullanılan Test Metodları

- Spektrofotometre ve photoshop ile renk ölçümü
- Profilometre cihazı ile pürüzlülük ölçümü
- Termal siklus cihazı ile yaşlandırma (Tablo 3.1)

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan test metodları

Test yöntemi	Cihaz	Üretici firma	Fonksiyon
Spektrofotometre	Spectro Shade Micro	MHT, İsviçre	Renk ölçümü
Fotoğraf düzenleme programı	Adobe Photoshop	Adobe Systems Inc., ABD	Renk ölçümü
Pürüzlülük	Mekanik Profilometre	Mahr Perthometer Almanya	Pürüzlülük ölçümü
Termal siklus	THE-1100	SD Mekatronik Almanya	Yaşlandırma

3.2. Çalışmada Test Edilen Materyaller

- Universal kompozit rezinler: Omnichroma (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), X-tra fil (Voco, Guxhaven, Almanya), Essentia Universal (GC Corporation, Tokyo, Japonya)
- Nanohibrit kompozit rezin: GrandioSo (Voco, Guxhaven, Almanya)

Tablo:3.2. Omnichroma kompozisyonu

	Üretici firma	Monomer	Doldurucu	Doldurucu % W/V	Renk
 Omnichroma	Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya	UDMA, TEGDMA	Sferikal-Silika Zirkonya (260 nm SiO_2-ZrO_2)	79/68	Universal

Tablo 3.3. Xtra-fil kompozisyonu

	Üretici firma	Monomer	Doldurucu	Doldurucu % W/V	Renk
 Xtra-fil	Voco, Guxhaven, Almanya	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	Baryum-boron-alümina silikat cam (2-3 µm)	86/70	Universal

Tablo 3.4. Essentia Universal kompozisyonu

	Üretici firma	Monomer	Doldurucu	Doldurucu % W/V	Renk
 Essentia Universal	GC Corporation, Tokyo, Japonya	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA	Prepolimerize silika, baryum camı	81/65	Universal

Tablo 3.5. GrandioSo kompozisyonu

	Üretici firma	Monomer	Doldurucu	Doldurucu % W/V	Renk
 GrandioSo	Voco, Guxhaven, Almanya	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA	Cam seramik, silikon dioksit, baryum alümina borasilikat	89/73	A1, A2, A3

3.3. Çalışmada Kullanılan Universal Adeziv

Tablo 3.6. GC Solare Universal

	Üretici firma	Özellik	Kimyasal komponentler
 Solare Universal Bond	GC Corporation, Tokyo, Japan	HEMA içermez	4-methacryloxyethyltrimelliate anhidrit, fosforik ve ester monomer, dimetakrilat, distile su, aseton, silikondioksit, foto başlatıcı

3.4. Çalışmada Kullanılan Işık Cihazı



Resim 3.1. Demi^{TM} Ultra (Kerr, ABD) ışık cihazı

- 3.nesil ışık cihazıdır
- Dalga boyu 450- 470nm aralığındadır.
- Kürleme modları 5, 10, 20 saniyedir.
- Max ışık gücü 1300 mW/cm2

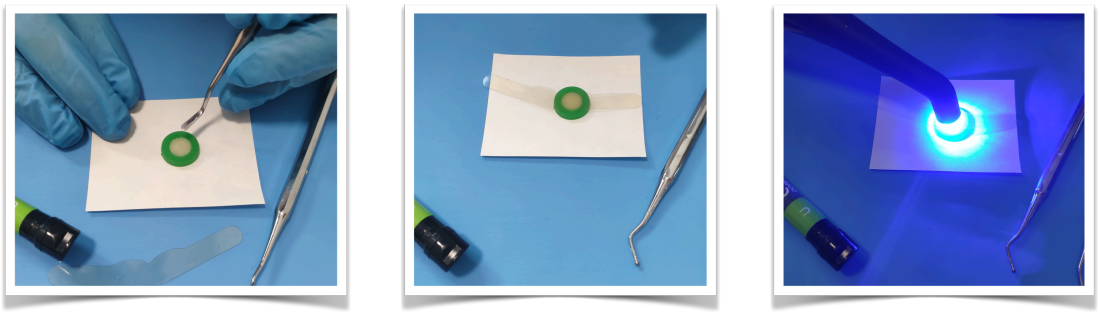
3.5. Fiziksel Özelliklerin Değerlendirilmesi



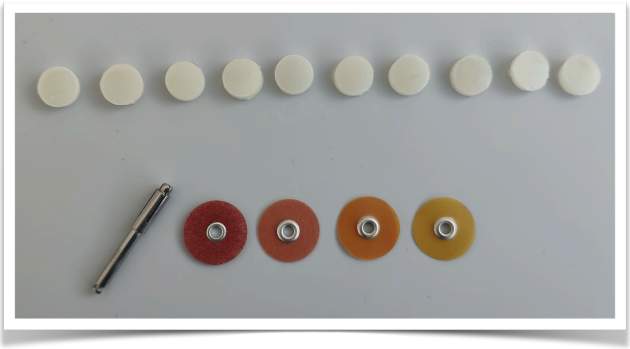
Şekil 3.1. Pürüzlülüğün değerlendirilmesi için oluşturulan akış şeması

3.5.1. Kompozit rezin örneklerin hazırlanması

Kompozit disklerin hazırlanmasında 8mm × 2mm ölçüye sahip silikon kalıplar kullanıldı. Restoratif materyaller kalıplara spatül yardımıyla yerleştirildi, üzerine konulan şeffaf bant ile düz bir yüzey olması sağlandı. LED ışıklı ışık cihazı (Demi™ Ultra, Kerr, ABD) ile kompozit diskler 20 saniye boyunca polimerize edildi. Örnek yüzeyleri su soğutması ile düşük turda, Sof-Lex diskler (3M ESPE, ABD) kullanılarak orta, ince ve çok ince diskler ile cilalandı. Her bir grup için 10 olmak üzere 40 adet örnek hazırlandı.



Resim 3.2. Disklerin hazırlanması ve polimerize edilmesi



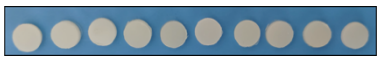
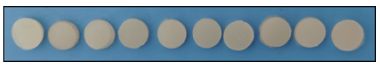
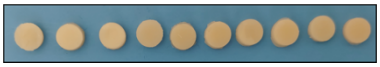


Resim 3.3. Hazırlanan kompozit diskler ve Sof-lex cila sistemi ile polisajlanması

3.5.2. Deney grupları

Çalışma grupları 4 gruba (n=10) ayrıldı. Birinci grup diskler Omnichroma (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), ikinci grup Essentia Universal (GC Corporation, Tokyo, Japonya), üçüncü grup X-tra Fil (Voco, Cuxhaven, Almanya) ve dördüncü grup GrandioSo (Voco, Cuxhaven, Almanya) ile hazırlandı. İlk aşamada, diskler 7 gün boyunca distile su (PH: 6.7) içerisinde bekletildi. Solüsyonlar düzenli olarak yenilendi

Tablo 3.7. Farklı solüsyonlar içerisinde bekletilecek deney grupları

Solüsyonlar / **Gruplar (n=10)**	Distile Su	Kahve
 Omnichroma	ODS	OK
 Essentia Universal	EDS	EK
 X-tra Fil	XDS	XK
 GrandioSo	GDS	GK

ODS: Omnichroma ile hazırlanıp distile su içerisinde bekletilecek disk grubu

OK: Omnichroma ile hazırlanıp kahve içerisinde bekletilecek disk grubu

EDS: Essentia Universal ile hazırlanıp distile su içerisinde bekletilecek disk grubu

EK: Essentia Universal ile hazırlanıp kahve içerisinde bekletilecek disk grubu

XDS: X-tra Fil ile hazırlanıp distile su içerisinde bekletilecek disk grubu

XK: X-tra Fil ile hazırlanıp kahve içerisinde bekletilecek disk grubu

GDS: GrandioSo ile hazırlanıp distile su içerisinde bekletilecek disk grubu

GK: GrandioSo ile hazırlanıp kahve içerisinde bekletilecek disk grubu

3.5.3. Örneklerin 1. pürüzlülük ölçümlerinin yapılması

Distile su içerisinde bekletilen disklerden 7 günün sonunda, pürüzlülük ölçümü için Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ar-Ge laboratuvarında bulunan mekanik profilometre (Mahr Perthometer M2, Almanya) cihazı kullanılarak ölçüm yapıldı. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmeden önce profilometre cihazı kendi kalibrasyon parçası kullanılarak kalibre edildi. Sonrasında profilometrenin okuyucu ucu ile örnek diskin değme açısı 90 derece olacak şekilde örnek tabla üzerine yerleştirildi. Çalışmamızda ölçüm uzunluğu (tracing length) 1,75 mm olarak ayarlandı. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü, örnekler üzerinde rastgele seçilen üç nokta üzerinden alındı. Örneklerin her biri için Ra değeri hesaplandı ve µm cinsinden elde edilen değerler kayıt altına alındı.



Resim 3.4. Ölçümlerde kullanılan profilometre cihazı (Perthometer M2, Mahr, Almanya)



Resim 3.5. Diskin cihazın tarayıcı ucuna yerleştirilmesi



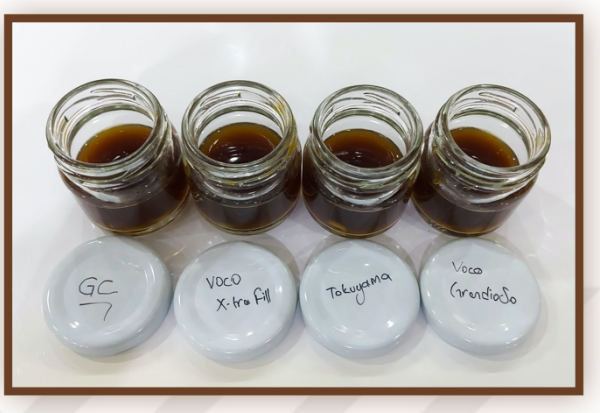
Resim 3.6. Örneklerin Ra değerlerinin hesaplanması

3.5.4. Termal siklus ile yaşlandırma ve örneklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi

İkinci aşamaya gelindiğinde hazırlanan örnekler termal siklus cihazında (THE-1100, SD Mechatronik, Almanya) yaşlandırma işlemine tabii tutuldu. Soğuk banyonun sıcaklık değeri 5±1°C, sıcak banyonunki ise 55±1°C olarak ayarlandı. Örnekler soğuk sıcak banyo içerisinde 30 sn bekletme süresi ve her bir döngüde 10 sn'lik bir transfer süresiyle toplam 5000 siklusa tabi tutuldu. 5000 siklus ağız içerisinde 6 aylık kullanıma eşdeğerdir. Daha sonra örnekler 7 gün süre ile kahvede (5 ml, pH:4.5) (Nescafe Gold, Nestle co., İsviçre) bekletildi. Solüsyonlar her gün düzenli olarak yenilendi.



Resim 3.7. Çalışmada kullanılan renklendirici



Resim 3.8. Disklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi



Resim 3.9. Termal siklus cihazı (THE-1100, SD Mechatronik, Almanya)

3.5.5. Örneklerin 2. Pürüzlülük ölçümlerinin yapılması

Termal siklus ile yaşlandırılan ve kahve içerisinde bekletilen disklerden 7 günün sonunda, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ar-Ge laboratuvarında bulunan mekanik profilometre (Mahr Perthometer M2, Almanya) cihazı ile rastgele seçilen üç noktadan 2.kez pürüzlülük ölçümü yapılarak elde edilen Ra değerleri kayıt altına alındı. Termal siklus ve renklendirici ajan önce ve sonrası pürüzlülük ölçüm değerlerinin değişimleri değerlendirildi.

3.5.6. İstatiksel analiz

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirildi. Kompozit grupları arasında yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde Oneway ANOVA test, post hoc test olarak grupların varyansları homojen olmadığından Tamhane's T2 test kullanıldı. Kompozit grupları arasında yüzey pürüzlülüğü değişiminin değerlendirilmesinde Kruskal Wallis test, post hoc test olarak grupların Dunn's testi kullanıldı. Grup içi değerlendirmelerde Paired Samples t test kullanıldı. Parametreler arasındaki korelasyonların incelenmesinde Pearson korelasyon analizi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

3.6. Optik Özelliklerin Değerlendirilmesi



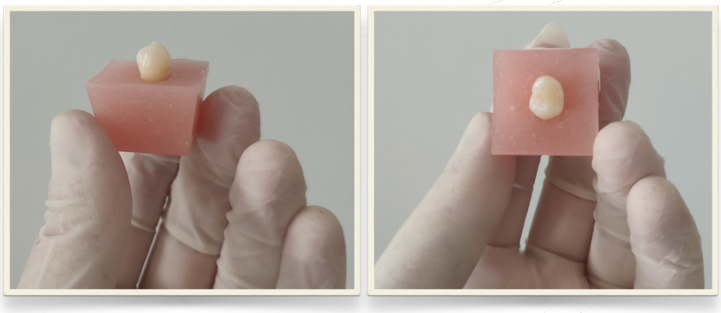
Şekil 3.2. Optik özelliklerin değerlendirilmesi için oluşturulan akış şeması

3.6.1. Doğal dişlerin toplanması ve örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda 80 adet çekilmiş, çürüksüz, boyutları birbirine yakın premolar diş kullanılması planlanlandı. Dişler seçilirken son 6 ayda çekilmiş olmasına, kırık veya çatlak olmamasına, yüzeylerinde herhangi bir periodontal doku ya da debris bulunmamasına dikkat edildi. Dişler üzerindeki tüm artıklar, ultrasonik cihazla ve ardından lekelerin ve kalan debrisin uzaklaştırılması için pomzalanarak temizlendi. Deney aşamasına kadar %0,1' lik timol içeren izotonik serum fizyolojik solüsyonunda bekletildi. Doğal dişlerin hazırlık aşamasından sonra kullanılacak her bir kompozit ile premolar dişler hazırlandı. Daha sonrasında her bir doğal diş ve rezin kompozit ile hazırlanan dişler soğuk akrilik içerisine gömüldü.



Resim 3.10. Örnekleri hazırlamak için kullanılan soğuk akril



Resim 3.11. Çalışma için hazırlanan doğal diş örneği



Resim 3.12. Çalışmada kullanılacak örnekler



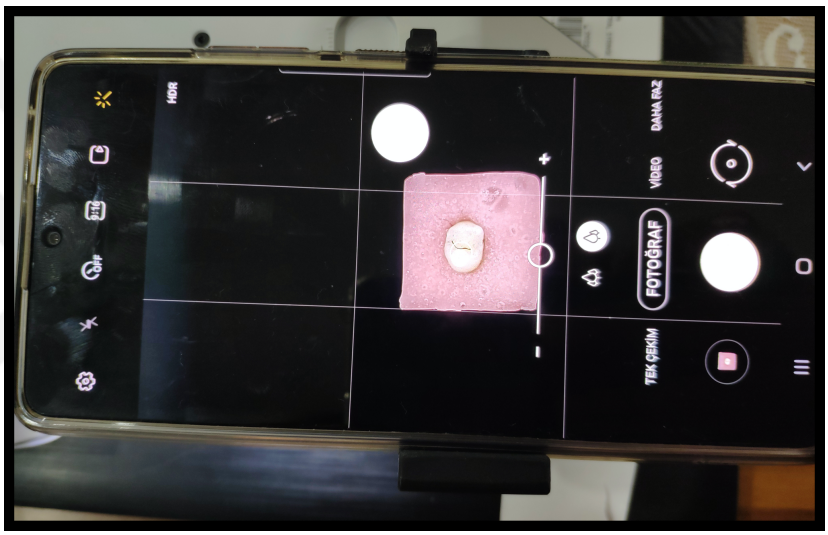
Resim 3.13. Rezin kompozitler ile hazırlanan diş örneği

3.6.2. Başlangıç renk ölçümü (Spektrofotometre ve Photoshop)

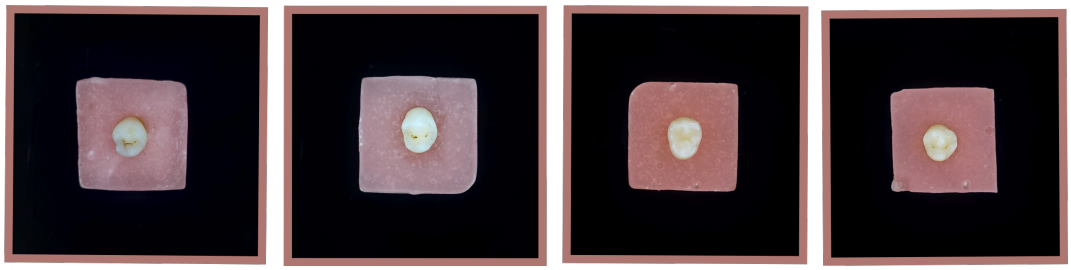
Renk değişimi testleri için her bir grup 20 adet olacak şekilde 4 grup oluşturuldu. Bütün doğal dişlere herhangi bir işlem yapılmadan spektrofotometre (SpectroShade Micro, MHT SpA, İsviçre) ve photoshop (Adobe photoshop, Adobe Systems İnc., ABD) ile başlangıç renk ölçümleri yapıldı. Photoshop ile yapılacak ölçüm için fotoğraf çekimlerinde ışık ve mesafe standardizasyonu sağlandı, cihaz olarak Mobile Dental Photography (Smile Lite MDP, Smile Line, İsviçre) ve Samsung S10 Lite (Samsung, Güney Kore) kullanıldı. Rezin kompozitler ile hazırlanan diş örnekleri için yalnızca photoshop yöntemi ile çekim yapıldı. Fotoğraflar polarize filtre kullanılarak çekildi (Resim 3.11). Ardından görüntüler bilgisayara aktarılarak L*a*b* değerleri ile ΔE_{00} hesaplandı.



Resim 3.14. Mobile Dental Photography (Smile Lite MDP, Smile Line, İsviçre)

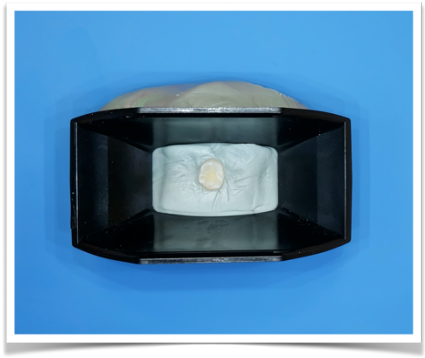


Resim 3.15. Dijital renk analizi için MDP ile fotoğraf çekimi



Resim 3.16. Çapraz polarize filtre ile çekilen fotoğraflar

Spektrofotometre cihazı ile yapılacak renk ölçümünde, öncelikle cihazın ölçüm sırasında ışık almaması için ağız kısmı ile uyumlu ve örneklerin yalnızca okluzal yüzeyleri açıkta kalacak şekilde yer oluşturularak silikon bir indeks hazırlandı (resim 3.12). Bu sayede her bir diş için standardizasyon sağlandı. Daha sonra indeks kullanılarak her bir diş için L*a*b* ölçümleri yapıldı ve değerler kayıt altına alındı.



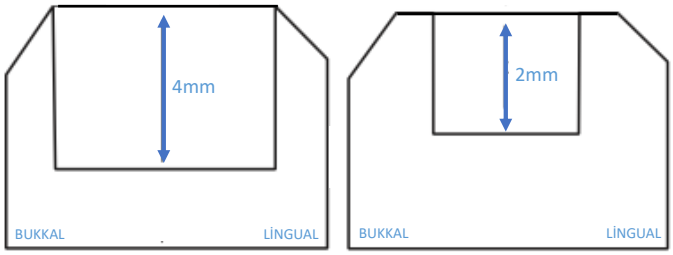
Resim 3.17. Silikon indeks hazırlanması



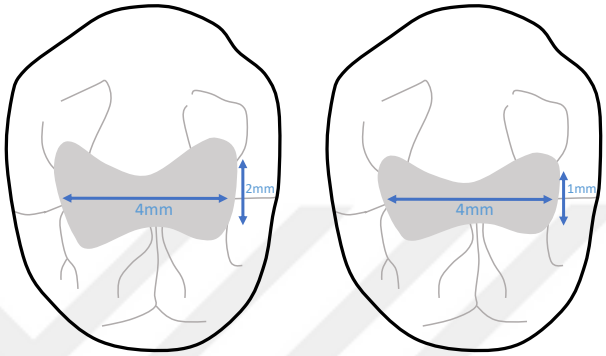
Resim 3.18. Spectroshade Micro (MHT, İsviçre) ile renk ölçümü yapılması

3.6.3. Örneklere kavite açılması

Dişler iki gruba ayrılarak, ilk gruptaki 40 dişin okluzal yüzeylerine hava ve su soğutması altında tek bir araştırmacı tarafından silindirik elmas frezlerle (Adia, Türkiye) meziodistal: 4mm, bukkolingual:1mm, derinlik:2mm olmak üzere standart black 1 kaviteler açıldı. İkinci grup ise yine aynı şartlar altında, meziodistal:4mm, bukkolingual:2mm, derinlik:4mm ölçülerinde black 1 kaviteye sahip oldu. Kavite duvarları birbirine paralel hazırlandı. Her 5 dişin preparasyonundan sonra kullanılan frez değiştirildi. Kavite sınırlarının milimetrik ölçümleri için ise periodontal sond kullandı.



Şekil 3.4. Kavite derinliği



Şekil 3.5. Kavitenin bukkolingual ve meziodistal genişliği



Resim 3.19. Restore edilecek dişlerin kavite hazırlığı

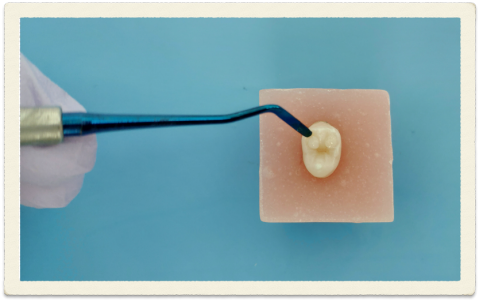


Resim 3.20. Kavite ölçülerinin periodontal sond ile kontrol edilmesi

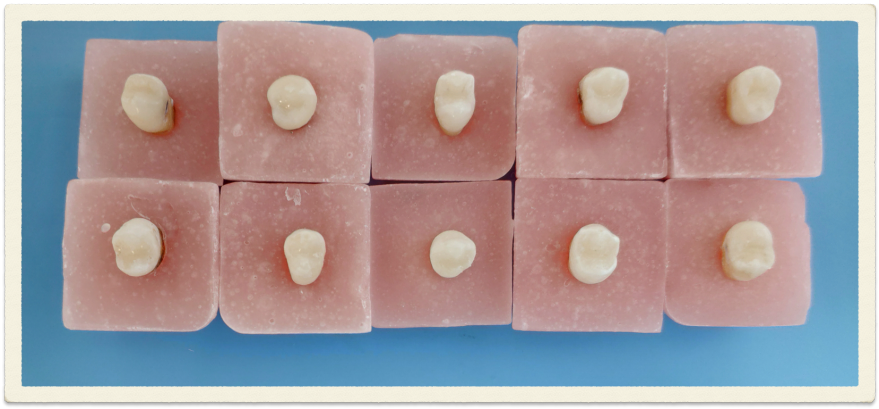
3.6.4. Örneklere restorasyon uygulanması ve 2. kez renk ölçümü analizi

- **Deney grupları**

Çalışma grupları 4 gruba (n=20) ayrıldı. Her grup kendi arasında derin ve sığ kavite restorasyonu olarak iki gruba (n=10) ayrıldı. Restorasyon yapılacak tüm dişlerin mine ve dentin yüzeylerine 20 sn boyunca Solare Universal bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) uygulandıktan sonra, dişler 20 sn LED ışıklı ışık cihazı (Demi™ Ultra, Kerr, ABD) ile polimerize edildi. Hazırlanan örneklerden birinci gruba Omnichroma (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), ikinci gruba Essentia Universal (GC Corporation, Tokyo, Japonya), üçüncü gruba X-tra Fil (Voco, Cuxhaven, Almanya) ve son olarak kontrol grubuna GrandioSo (Voco, Cuxhaven, Almanya) ile restorasyon yapıldı. Restorasyon sırasında X-tra Fil grubu hariç tabakalama yöntemi kullanıldı. Restorasyonlar 20 sn LED ışıklı ışık cihazı (Demi™ Ultra, Kerr, ABD) ile polimerize edildi. Universal olmayan GrandioSo grubundaki dişler için kavite prepasyonundan önce buton tekniği kullanılarak renk seçimi yapıldı (resim 3.16). Restorasyon yüzeyleri su soğutması ile düşük turda, Sof-Lex diskler (3M ESPE, ABD) kullanılarak orta, ince ve çok ince diskler ile cilalandı.



Resim 3.21. GrandioSo kompozit için renk seçimi



Resim 3.22. Restorasyonu tamamlanan dişler

Tablo 3.8. Farklı kavite derinliklerinde uygulanacak restoratif materyaller

Kavite derinliği / **Gruplar (n=10)**	SIĞ (2mm)	DERİN (4mm)
Omnichroma	OS	OD
Essenita Universal	ES	ED
X-traFil	XS	XD
GrandioSo	GS	GD

OS: Omnichroma ile restore edilecek sığ kaviteye sahip diş grubu

OD: Omnichroma ile restore edilecek derin kaviteye sahip diş grubu

ES: Essentia Universal ile restore edilecek sığ kaviteye sahip diş grubu

ED: Essentia Universal ile restore edilecek derin kaviteye sahip diş grubu

XS: X-tra Fil ile restore edilecek sığ kaviteye sahip diş grubu

XD: X-tra Fil ile restore edilecek derin kaviteye sahip diş grubu

GS: GrandioSo ile restore edilecek sığ kaviteye sahip diş grubu

GD: GrandioSo ile restore edilecek derin kaviteye sahip diş grubu

Restore edilen dişlerde aynı standardizasyonlar sağlanıp, restorasyon ve sağlam diş dokusunun sınırları içerisine dahil edilerek tekrardan her iki yöntem (spektrofotometre ve photoshop) ile renk ölçümleri yapıldı, L*a*b* değerleri ile ΔE_{00} hesaplandı.



Resim 3.23. Restorasyonlu dişlerin renk ölçümlerinin yapılması

- **Bukalemun efekti etkisinin hesaplanması**

Başlangıç ve restorasyonlu dişlerden alınan ölçümler sonucu her bir diş için bulunan ΔE_{00} değerleri değerleri kullanılarak blending efektin değerlendirildiği CAP-I değerleri hesaplandı. CAP-I değerinin hesaplanabilmesi için, rezin kompozitler ile hazırlanan dişler ile sağlam doğal dişlerden aynı noktadan alınan ölçümlerdeki L*a*b* değerleri ile $\Delta E^*_{SINGLE,}$ restore edilen dişlerden ise rezin kompozitin olduğu bölgeden alınan ölçümlerdeki L*a*b* değerleri ve aynı hat boyunca kompozitin dış sınırından 1 mm uzaklıktaki sağlam diş bölgesinden alınan ölçümlerdeki L*a*b* değerleri ile ΔE^*_{DUAL} hesaplandı.

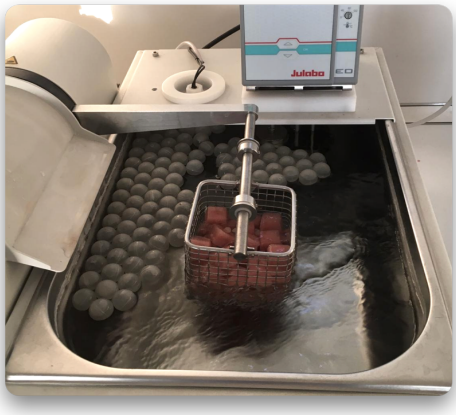
$$CAP - I = 1 - (\Delta E^*_{DUAL} / \Delta E^*_{SINGLE})$$

DUAL: Rezin kompozit ile restore edilen diş

SİNGLE: Restore edilmeyen sağlam diş

3.6.5. Örneklerin termal siklus ile yaşlandırılması ve renklendirici ajan içerisinde bekletilmesi

Hazırlanan örnekler termal siklus cihazında (THE-1100, SD Mechatronik, Almanya) yaşlandırma işlemine tabii tutuldu. Soğuk banyonun sıcaklık değeri 5±1°C, sıcak banyonunki ise 55±1°C olarak ayarlandı. Örnekler soğuk sıcak banyo içerisinde 30 sn bekletme süresi ve her bir döngüde 10 sn'lik bir transfer süresiyle toplam 5000 siklusa tabi tutuldu. 5000 siklus ağız içerisinde 6 aylık kullanıma eşdeğerdir. Daha sonra örnekler 7 gün süre ile kahvede (5 ml, pH:4.5) (Nescafe Gold, Nestle co., İsviçre) bekletildi. Solüsyonlar her gün düzenli olarak yenilendi.



Resim 3.24. Örneklerin yaşlandırılması



Resim 3.25. Örneklerin renklendirici solüsyon içerisinde bekletilmesi

3.6.6. Örneklerden 3. Kez renk ölçümü yapılması

Renklendirilen örneklerin her iki yöntemle optik değerlendirilmeleri yapıldı. Restorasyonlu ve renklendirme sonrası örneklerin spektrofotometre ve photoshop ile ölçülen L*a*b* değerlerinden elde edilen ΔE_{00} parametresi ile materyallerin renk değişimleri değerlendirildi.

- **Spektrofotometre ve photoshop ile elde edilen verilerin uyumluluğunun CIEDE2000 formülü ile değerlendirilmesi**

Spektrofotometre cihazı ile elde edilen değerler ve photoshop programı ile yapılan renk değerlendirilmesi sonucu oluşan değerler karşılaştırıldı, iki yöntemin birbirleri ile uyumu incelendi.

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^*}{K_C S_C}\right)\left(\frac{\Delta H^*}{K_H S_H}\right)}$$

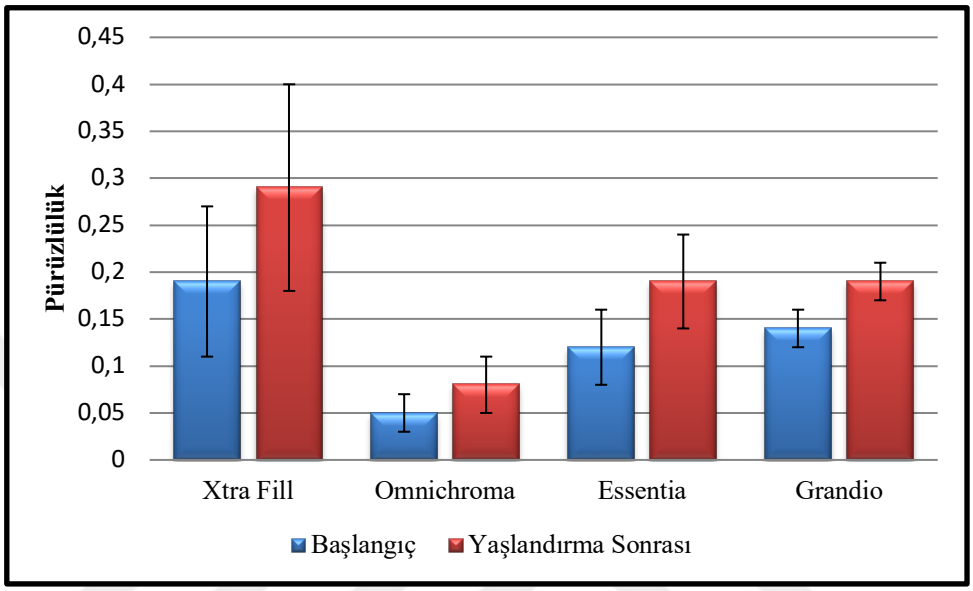
3.6.7. İstatistiksel değerlendirme

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirildi. Kompozit ve derinlik etkileşiminin CAP- I ve ΔE_{00} ölçümleri üzerindeki etkisi İki yönlü varyans analizi (2-way ANOVA testi) ile değerlendirilmiş, post hoc analizlerde Tukey HSD test kullanılmıştır. Grup içi değerlendirmelerde Paired Samples t test kullanıldı. Parametreler arasındaki korelasyonların incelenmesinde Pearson korelasyon analizi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Pürüzlülük analizi



Şekil 4.1. Gruplara ait pürüzlülük değerleri

Kompozit grupları arasında başlangıç pürüzlülük ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.001; p<0.05) (Şekil 4.1). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma kompozitinin başlangıç pürüzlülük düzeyi, X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.2).

Kompozit grupları arasında yaşlandırma sonrası pürüzlülük ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.001; p<0.05) (Tablo 4). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma kompozitinin yaşlandırma sonrası pürüzlülük düzeyi, X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.2).

Tablo 4.1: Gruplara ait pürüzlülük değerleri

	Pürüzlülük		
	Başlangıç	Yaşlandırma ve Renklendirme Sonrası	
	Ort±SS	Ort±SS	[2]p
X-tra fil	0,19±0,08	0,29±0,11	0,001*
Omnichroma	0,05±0,02	0,08±0,03	0,001*
Essentia	0,12±0,04	0,19±0,05	0,001*
GrandioSo	0,14±0,02	0,19±0,02	0,001*
[1]p	0,001*	0,001*	

[1]Oneway ANOVA Test *[2]Paired samples t test* **p<0.05*

Başlangıç pürüzlülük miktarları değerlendirildiğinde en yüksek değere sahip grup X-tra fil (0,19±0,08) ve sırasıyla GrandioSo (0,14±0,02), Essentia (0,12±0,04), en düşük pürüzlülük değerine sahip grup ise Omnichroma (0,05±0,02) olarak bulunmuştur.

Yaşlandırılıp renklendirildikten sonraki pürüzlülük değerlerine bakıldığında ise en yüksek değere sahip grup yine X-tra fil (0,29±0,11) grubu olmuştur. Diğer gruplar sırasıyla Essentia (0,19±0,05), GrandioSo (0,19±0,02) ve en düşük değer Omnichroma (0,08±0,03) grubudur (Tablo 4.1)

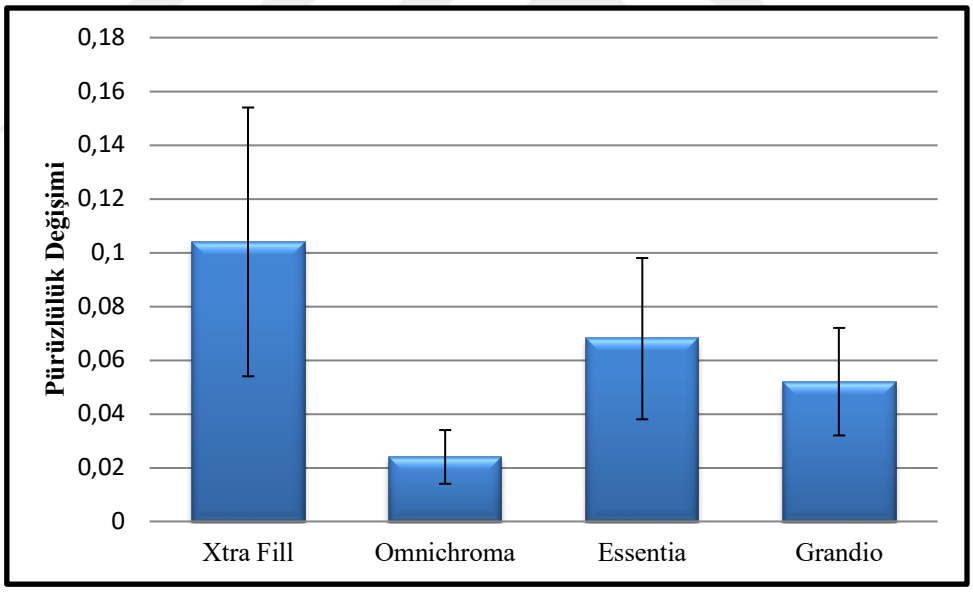
Kompozitler için klinik olarak kabul edilebilir eşik değere (0,2 μm) bakıldığında Omnichroma, Essentia ve GrandiSo kompozitlerin başlangıç ve renklendirme sonrası kabul edilebilir değerin altında kaldığı görülürken, X-tra fil kompozit grubunun renklendirme sonrası (0,29±0,11) eşik değerin üstüne çıktığı görülmüştür.

Tablo 4.2: Post hoc değerlendirme tablosu

Kompozit	Kompozit	Başlangıç Pürüzlülük	Yaşlandırma ve Renklendirme Sonrası Pürüzlülük
		p	p
X-tra fil	Omnichroma	0,003*	0,001*
	Essentia	0,174	0,105
	GrandioSo	0,564	0,135
Omnichroma	Essentia	0,005*	0,000*
	GrandioSo	0,000*	0,000*
Essentia	GrandioSo	0,537	0,996

Tamhane's T2 Test *$p<0.05$

- **Pürüzlülük değişiminin değerlendirilmesi**



Şekil 4.2. Pürüzlülük değişimi değerleri

Kompozit grupları arasında başlangıca göre yaşlandırma sonrası pürüzlülük değerlerinde görülen artış miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.001; $p<0.05$) (Tablo 4.3). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma kompozitinde başlangıca göre yaşlandırma sonrası pürüzlülük değerlerinde görülen

artış miktarı, X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). X-tra fil, Essentia ve GrandioSo kompozitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.3: Pürüzlülük değişiminin değerlendirilmesi

	Pürüzlülük Değişimi	
	Ort±SS	**Medyan**
X-tra fil	0,104±0,05	0,104
Omnichroma	0,024±0,01	0,027
Essentia	0,068±0,03	0,077
GrandioSo	0,052±0,02	0,042
p	0,001*	

Kruskal Wallis Test **p<0.05*

Başlangıç ve renklendirme sonrası yapılan ölçümler sonucundaki pürüzlülük değişiminin değerlendirilmesine bakıldığında; değişimin en az olduğu grup Omnichroma (0,024±0,01) grubudur. Diğer gruplar sırasıyla GrandioSo (0,052±0,02), Essentia (0,068±0,03) ve en yüksek değişim X-tra fil (0,104±0,05) grubudur (Tablo 4.3).

Tablo 4.4: Post hoc değerlendirme tablosu

Kompozit	**Kompozit**	**Pürüzlülük Değişimi**
		p
X-tra fil	Omnichroma	0,001*
	Essentia	1,000
	GrandioSo	0,406
Omnichroma	Essentia	0,002*
	GrandioSo	0,032*
Essentia	GrandioSo	1,000

Dunn's Test **p<0.05*

4.2. Optik Özellikler

- **Bukalemun etkisinin değerlendirildiği CAP_{00} ölçümleri**

Tablo 4.5: Kompozit ve derinliğin CAP_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Source	Tip III Kareler Toplamı	df	Ortalama Kareler	F	p
Kompozit	0,04	3	0,013	0,904	0,443
Derinlik	0,027	1	0,027	1,822	0,181
Kompozit* Derinlik	0,065	3	0,022	1,487	0,225

Two-way ANOVA Test

Kompozit grupları arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.443; p>0.05).

Derinlikler arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.181; p>0.05).

Kompozit ve derinliğin CAP_{00} üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir (p:0.225; p>0.05).

Yukarıda bahsedilen sonuçların detaylı analizleri Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'de görülmektedir.

Tablo 4.6: Kompozit ve derinlik gruplarında CAP_{00} değerlendirilmesi

		CAP_{00}	
		Ort±SS	**p**
Kompozit	X-tra fil	0,84±0,08	0,443
	Omnichroma	0,82±0,07	
	Essentia	0,80±0,15	
	GrandioSo	0,78±0,16	
Derinlik	Sığ kavite	0,82±0,13	0,181
	Derin kavite	0,79±0,12	

Two-way ANOVA Test

Kompozitlerin bukalemun etkilerinin değerlendirildiği bu bölümde her bir kompozitin CAP_{00} değerleri birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur. Sığ kaviteler içerisinde en yüksek değer Essentia kompozit grubunda (0,86±0,06), daha sonra sırasıyla X-tra fil (0,84±0,1), Omnichroma (0,84±0,09) ve GrandioSo (0,77±0,21) kompozit gruplarındadır (Tablo 4.7).

Derin kaviteler içerisinde ise en yüksek değer X-tra fil (0,84±0,06), sırasıyla Omnichroma (0,8±0,05), GrandioSo (0,79±0,12) ve Essentia (0,73±0,18) gruplarındadır.

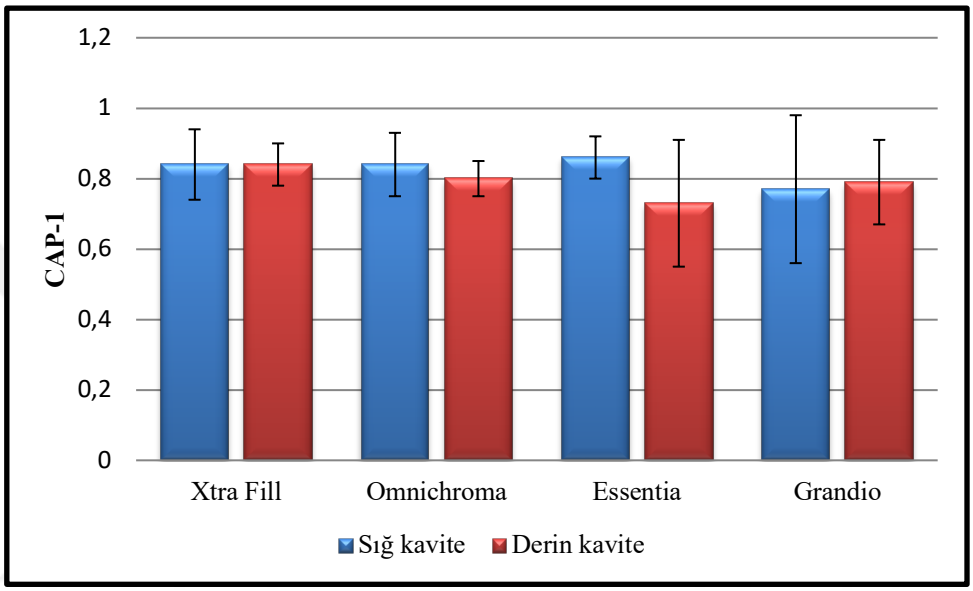
Tablo 4.7: Kompozit ve derinliğin CAP_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

	X-tra fil	**Omnichroma**	**Essentia**	**GrandioSo**	
Derinlik	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**p**
Sığ kavite	0,84±0,1	0,84±0,09	0,86±0,06	0,77±0,21	0,391
Derin kavite	0,84±0,06	0,8±0,05	0,73±0,18	0,79±0,12	0,261
p	0,974	0,243	0,060	0,779	

Two-way ANOVA Test

- Sığ Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.391; p>0.05).
- Derin Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.261; p>0.05).
- X-tra fil kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.974; p>0.05).
- Omnichroma kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.243; p>0.05).

- Essentia kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.060; p>0.05).
- GrandioSo kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında CAP_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.779; p>0.05).



Şekil 4.3. CAP_{00} değerlendirmesi

- **Restorasyon sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi**

Tablo 4.8: Spektrofometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Spektrofometre	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Kompozit	2,61	3	0,870	0,708	0,550
Derinlik	5,673	1	5,673	4,619	0,035*
Kompozit * Derinlik	4,239	3	1,413	1,15	0,335

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ölçümlerde,

Kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.550; p>0.05).

Derinlikler arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.035; p<0.05).

Kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir (p:0.335; p>0.05).

Yukarıda bahsedilen sonuçların detaylı analizleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da görülmektedir.

Tablo 4.9: Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

		ΔE_{00}	
Spektrofotometre		**Ort±SS**	**p**
Kompozit	X-tra fil	2,67±1,29	0,550
	Omnichroma	3,05±0,90	
	Essentia	2,65±0,95	
	GrandioSo	2,60±1,34	
Derinlik	Sığ kavite	2,48±1,13	0,035*
	Derin kavite	3,01±1,08	

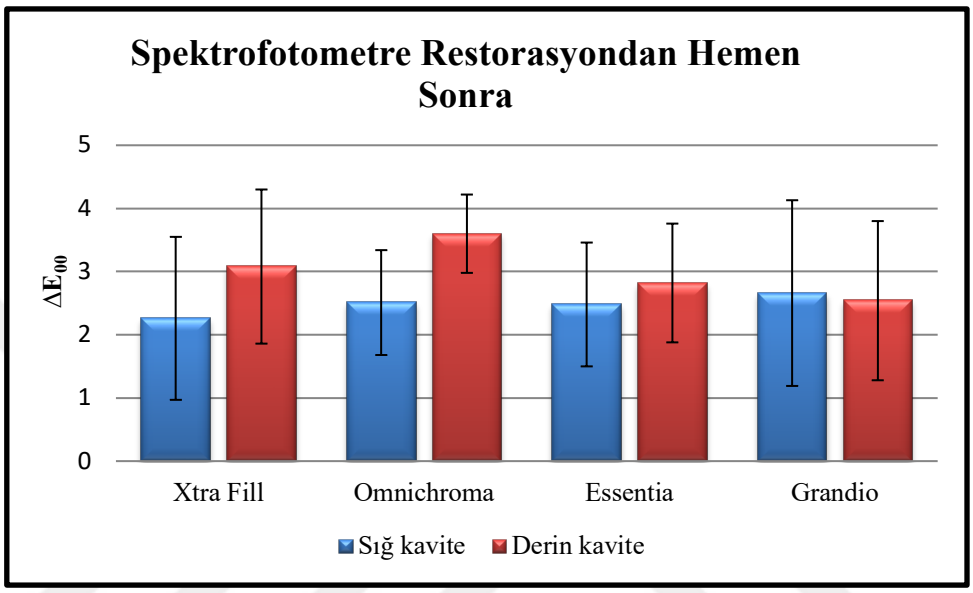
Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Tablo 4.10: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

	X-tra fil	**Omnichroma**	**Essentia**	**GrandioSo**	
Spektrofotometre	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**p**
Sığ kavite	2,26±1,29	2,51±0,83	2,48±0,98	2,66±1,47	0,894
Derin kavite	3,08±1,22	3,60±0,62	2,82±0,94	2,54±1,26	0,156
p	0,159	0,004*	0,438	0,850	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ΔE_{00} ölçümlerinde en düşük değer sığ kavitede X-tra fil kompozit grubunda (2,26±1,29), derin kavitede GrandioSo kompozit grubunda (2,54±1,26) görülmüştür. En yüksek değer ise derin kavitede Omnichroma kompozit grubunda (3,60±0,62), sığ kavitede GrandioSo kompozit grubunda (2,66±1,47) görülmüştür (Tablo 4.10).



Şekil 4.4. Restorasyondan sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ölçümlerde,

- Sığ Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.894; p>0.05).
- Derin Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.156; p>0.05).
- X-tra fil kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.159; p>0.05).
- Omnichroma kompoziti kullanıldığında; derin kavitedeki restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} ortalamaları, sığ kaviteden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir (p:0.004; p<0.05).

- Essentia kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.438; p>0.05).
- GrandioSo kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.850; p>0.05).

Tablo 4.11: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Photoshop	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Kompozit	11,365	3	3,788	5,656	0,002*
Derinlik	0,035	1	0,035	0,052	0,820
Kompozit * Derinlik	6,934	3	2,311	3,451	0,021*

Two-way ANOVA Test *$p<0.05$

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

- Kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.002; p<0.05).
- Derinlikler arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.820; p>0.05).
- Kompozit ve derinliğin restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır (p:0.021; p<0.05).

Yukarıda bahsedilen sonuçların detaylı analizleri Tablo 4.12, Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'te görülmektedir.

Tablo 4.12: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Photoshop		ΔE_{00} Ort±SS	p
Kompozit	X-tra fil	3,29±1,09	0,002*
	Omnichroma	2,28±0,50	
	Essentia	2,89±0,96	
	GrandioSo	2,57±0,75	
Derinlik	Sığ kavite	2,78±0,88	0,820
	Derin kavite	2,74±0,97	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Tablo 4.13: Post hoc değerlendirme tablosu

Kompozit	Kompozit	ΔE_{00} p
X-tra fil	Omnichroma	0,001*
	Essentia	0,428
	GrandioSo	0,034*
Omnichroma	Essentia	0,089
	GrandioSo	0,673
Essentia	GrandioSo	0,592

Tukey HSD test **p<0.05*

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

Kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.002; p<0.05) (Tablo 4.12). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; X-tra fil kompozitinin ΔE_{00} düzeyleri, Omnichroma ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0.05). Diğer kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.13).

Derinlikler arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.820; p>0.05).

Tablo 4.14: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

	X-tra fil	Omnichroma	Essentia	GrandioSo	
Photoshop	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**p**
Sığ kavite	2,95±1,04	2,12±0,57	3,33±0,88	2,71±0,52	0,012*
Derin kavite	3,62±1,08	2,43±0,39	2,45±0,85	2,43±0,93	0,006*
p	0,175	0,164	0,036*	0,425	

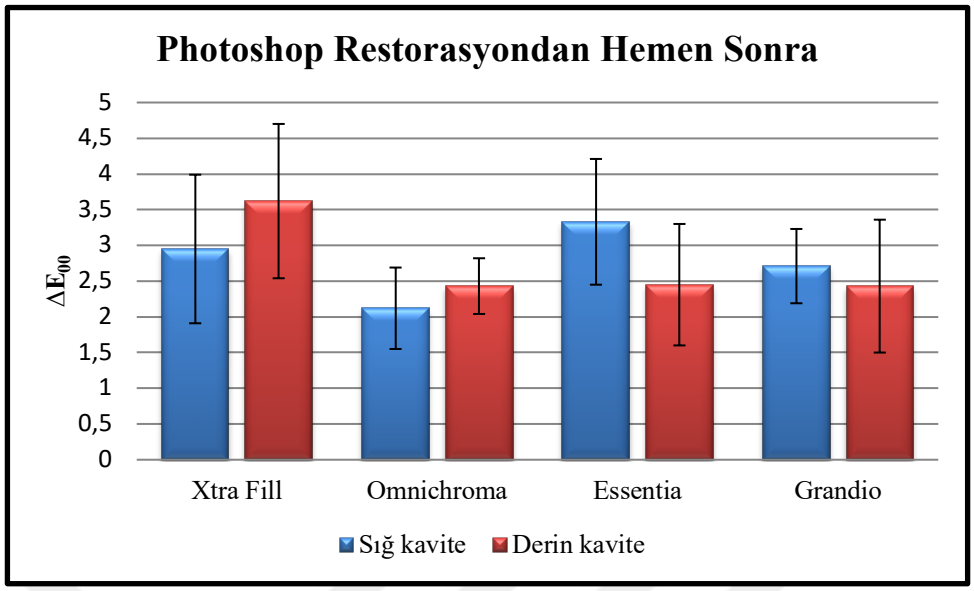
Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümlerinde en düşük değer sığ kavitede Omnichroma kompozit grubunda (2,12±0,57), derin kavitede yine Omnichroma kompozit grubunda (2,43±0,39) görülmüştür. En yüksek değer ise derin kavitede X-tra fil kompozit grubunda (3,62±1,08), sığ kavitede Essentia kompozit grubunda (3,33±0,88) görülmüştür (Tablo 4.10).

Tablo 4.15: Post hoc değerlendirme tablosu

		ΔE_{00}	
Kompozit	**Kompozit**	**Sığ Kavite**	**Derin Kavite**
		p	
X-tra fil	Omnichroma	0,098	0,018*
	Essentia	0,703	0,020*
	GrandioSo	0,893	0,017*
Omnichroma	Essentia	0,007*	1,000
	GrandioSo	0,349	1,000
Essentia	GrandioSo	0,295	1,000

Tukey HSD test **p<0.05*



Şekil 4.5. Restorasyondan sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

- Sığ Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.012; p<0.05). (Tablo 4.14). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma kompozitinin ΔE_{00} düzeyi, Essentia kompozitinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). Diğer kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.15).
- Derin Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.006; p<0.05) (Tablo 4.14). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; X-tra fil kompozitinin ΔE_{00} düzeyleri, Omnichroma, Essentia ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0.05). Omnichroma, Essentia ve GrandioSo kompozitleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.15).
- X-tra fil kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.175; p>0.05).

- Omnichroma kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.164; p>0.05).
- Essentia kompoziti kullanıldığında; sığ kavitedeki restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} ortalamaları, derin kaviteden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir (p:0.036; p<0.05).
- GrandioSo kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.425; p>0.05).

- **Yaşlandırıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi**

Tablo 4.16: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Spektrofotometre	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Kompozit	17,580	3	5,86	1,877	0,141
Derinlik	22,353	1	22,353	7,16	0,009*
Kompozit * Derinlik	16,169	3	5,39	1,726	0,169

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Spektrofotometre (SpektroShade) ile yapılan ölçümlerde,

Kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.141; p>0.05). Derinlikler arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.009; p<0.05).
Kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir (p:0.169; p>0.05).
Yukarıda bahsedilen sonuçların detaylı analizleri Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de görülmektedir.

Tablo 4.17: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Spektrofotometre		ΔE_{00} Ort±SS	p
Kompozit	X-tra fil	7,55±2,35	0,141
	Omnichroma	6,95±1,74	
	Essentia	8,26±1,77	
	GrandioSo	7,71±1,47	
Derinlik	Sığ kavite	7,09±1,78	0,009*
	Derin kavite	8,14±1,86	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

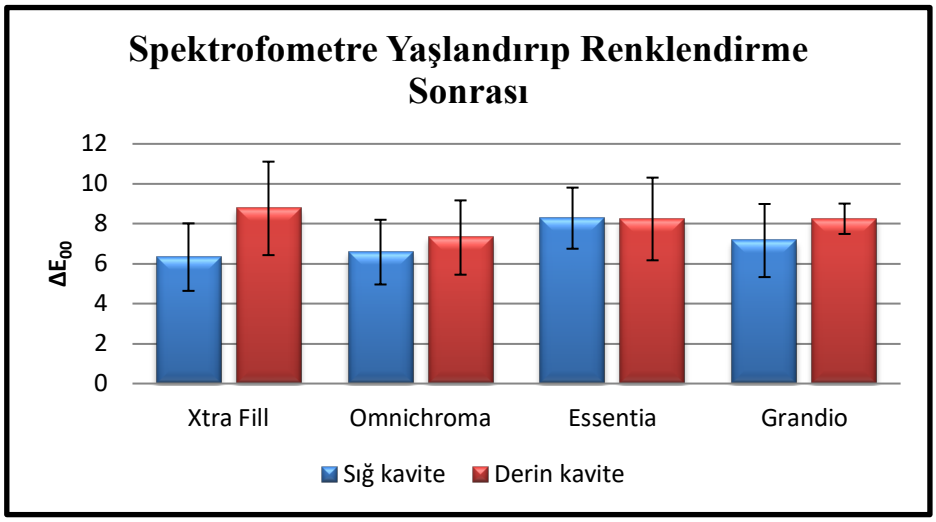
Tablo 4.18: Spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Spektrofotometre	X-tra fil Ort±SS	Omnichroma Ort±SS	Essentia Ort±SS	GrandioSo Ort±SS	p
Sığ kavite	6,33±1,69	6,58±1,62	8,28±1,53	7,16±1,83	0,059
Derin kavite	8,77±2,34	7,31±1,86	8,24±2,07	8,25±0,76	0,376
p	0,015*	0,362	0,961	0,105	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Yaşlandırıldıktan sonra kahvede bekletilen grupların ΔE_{00} değerlerine bakıldığında sığ kaviteler içerisinde en yüksek değere sahip grup Essentia (8,28±1,53), sonrasında sırasıyla GrandioSo (7,16±1,83), Omnichroma (6,58±1,62) ve en düşük X-tra fil (6,33±1,69) grubudur.

Kaviteler derinleştiğinde ise en yüksek ΔE_{00} değeri X-tra fil (8,77±2,34) grubunda, sırasıyla GrandioSo (8,25±0,76), Essentia (8,24±2,07) ve en düşük Omnichroma (7,31±1,86) grubudur.



Şekil 4.6. Yaşlandırmadan sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Spektrofometre ile yapılan ölçümlerde,

- Sığ Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.059 p>0.05).
- Derin Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.376; p>0.05).
- X-tra fil kompoziti kullanıldığında; derin kavitedeki yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} ortalamaları, sığ kaviteden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir (p:0.015; p<0.05).
- Omnichroma kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.362; p>0.05).
- Essentia kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.961; p>0.05).
- GrandioSo kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.105; p>0.05).

Tablo 4.19: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Photoshop	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Kompozit	51,476	3	17,159	5,538	0,002*
Derinlik	6,641	1	6,641	2,143	0,148
Kompozit * Derinlik	8,578	3	2,859	0,923	0,434

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

Kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.002; p<0.05).
Derinlikler arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0148; p>0.05).
Kompozit ve derinliğin yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir (p:0.434; p>0.05).
Yukarıda bahsedilen sonuçların detaylı analizleri Tablo 4.20, Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'te görülmektedir.

Tablo 4.20: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

Photoshop		ΔE_{00} Ort±SS	p
Kompozit	X-tra fil	7,55±2,35	0,002*
	Omnichroma	6,95±1,74	
	Essentia	8,26±1,77	
	GrandioSo	7,71±1,47	
Derinlik	Sığ kavite	6,64±1,88	0,148
	Derin kavite	7,22±1,93	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

Tablo 4.21: Post hoc değerlendirme tablosu

Kompozit	Kompozit	ΔE_{00}
		p
X-tra fil	Omnichroma	0,079
	Essentia	0,428
	GrandioSo	0,995
Omnichroma	Essentia	0,001*
	GrandioSo	0,044*
Essentia	GrandioSo	0,574

Tukey HSD test **p<0.05*

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

Kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.002; p<0.05) (Tablo 4.20). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma ΔE_{00} düzeyleri, Essentia ve GrandioSo kompozitlerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). Diğer kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 4.21).

Derinlikler arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.148; p>0.05).

Tablo 4.22: Photoshop ile yapılan ölçümlerde kompozit ve derinlik gruplarında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} değerlendirilmesi

	X-tra Fil	Omnichroma	Essentia	GrandioSo	
Photoshop	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**Ort±SS**	**p**
Sığ kavite	6,18±1,83	5,50±1,95	7,87±1,36	7,02±1,67	0,023*
Derin kavite	7,87±2,30	5,82±1,83	7,89±1,93	7,30±0,76	0,047*
p	0,085	0,710	0,983	0,644	

Two-way ANOVA Test **p<0.05*

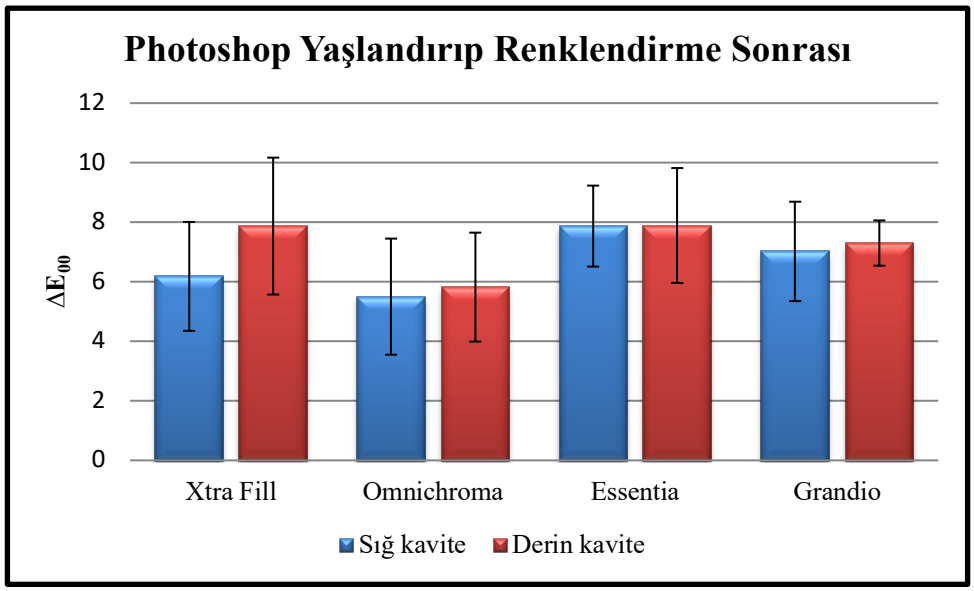
Yaşlandırıldıktan sonra kahvede bekletilen grupların ΔE_{00} değerlerine bakıldığında sığ kaviteler içerisinde en yüksek değere sahip grup Essentia (7,87±1,36), sonrasında sırasıyla GrandioSo (7,02±1,67), X-tra fil (6,18±1,83) ve en düşük Omnichroma (5,50±1,95) grubudur.

Kaviteler derinleştiğinde ise en yüksek ΔE_{00} değeri Essentia (7,89±1,93) grubunda, sırasıyla X-tra fil (7,87±2,30), GrandioSo (7,30±0,76) ve en düşük Omnichroma (5,82±1,83) grubudur.

Tablo 4.23: Post hoc değerlendirme tablosu

Kompozit	Kompozit	ΔE_{00}	
		Sığ Kavite	Derin Kavite
		p	
X-tra fil	Omnichroma	0,814	0,015*
	Essentia	0,142	0,984
	GrandioSo	0,695	0,479
Omnichroma	Essentia	0,020*	0,015*
	GrandioSo	0,215	0,075
Essentia	GrandioSo	0,688	0,468

Tukey HSD test *$p<0.05$



Şekil 4.7. Yaşlandırmadan sonraki ΔE_{00} değerlendirilmesi

Photoshop ile yapılan ölçümlerde;

- Sığ Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.023; p<0.05). (Tablo 22). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma kompozitinin ΔE_{00} düzeyi, Essentia kompozitinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). Diğer kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 23).
- Derin Kavite kullanıldığında; kompozit grupları arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p:0.047; p<0.05) (Tablo 22). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığının tespiti için yapılan post hoc testler sonucunda; Omnichroma, kompozitinin ΔE_{00} düzeyleri, X-tra fil ve Essentia kompozitlerinden anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0.05). Diğer kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05) (Tablo 23).
- X-tra fil kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.085; p>0.05).
- Omnichroma kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.710; p>0.05).
- Essentia kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.983; p>0.05).
- GrandioSo kompoziti kullanıldığında; sığ ve derin kavite arasında yaşlandırılıp renklendirme sonrası ΔE_{00} açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p:0.644; p>0.05).

- **Spektrofotometre ve photoshop yöntemlerinin karşılaştırılması**

Tablo 4.24: Spektrofotometre ve photoshop yöntemlerinin karşılaştırılması

Grup		Spektrofotometre Ort±SS	Photoshop Ort±SS	Fark Ort±SS	p
ED	Restorasyondan hemen sonra	2,82±0,94	2,45±0,85	0,36±1,08	0,314
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	8,24±2,07	7,89±1,93	0,36±2,54	0,669
ES	Restorasyondan hemen sonra	2,48±0,98	3,33±0,88	-0,85±0,95	0,019*
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	8,28±1,53	7,87±1,36	0,41±1,5	0,406
GD	Restorasyondan hemen sonra	2,54±1,26	2,43±0,93	0,11±1,13	0,757
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	8,25±0,76	7,3±0,76	0,96±1,25	0,039*
GS	Restorasyondan hemen sonra	2,66±1,47	2,71±0,52	-0,04±1,5	0,929
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	7,16±1,83	7,02±1,67	0,14±1,81	0,817
OD	Restorasyondan hemen sonra	3,6±0,62	2,43±0,39	1,16±0,5	0,001*
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	7,31±1,86	5,82±1,83	1,49±1,33	0,006*
OS	Restorasyondan hemen sonra	2,51±0,83	2,12±0,57	0,4±0,98	0,234
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	6,58±1,62	5,5±1,95	1,08±2,09	0,136
XD	Restorasyondan hemen sonra	3,08±1,22	3,62±1,08	-0,54±1,76	0,357
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	8,77±2,34	7,87±2,3	0,9±2,62	0,308
XS	Restorasyondan hemen sonra	2,26±1,29	2,95±1,04	-0,7±1,11	0,078
	Yaşlandırılıp renklendirme sonrası	6,33±1,69	6,18±1,83	0,15±1,92	0,815

Paired Samples t test **p<0.05*

ED: Essentia (derin kavite) *ES: Essentia (sığ kavite)*
GD: GrandioSo (derin kavite) *GS: GrandioSo (sığ kavite)*
OD: Omnichroma (derin kavite) *OS: Omnichroma (sığ kavite)*
XD: X-tra fil (derin kavite) *XS: X-tra fil (sığ kavite)*

Essentia (derin kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Essentia (sığ kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri, Photoshop ile yapılan ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde düşük bulunmuştur (p:0.019; p<0.05).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).

GrandioSo (derin kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri, Photoshop ile yapılan ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0.039; p<0.05).

GrandioSo (sığ kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).

Omnichroma (derin kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri, Photoshop ile yapılan ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0.001; p<0.05).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri, Photoshop ile yapılan ölçümlerden istatistiksel olarak anlamlı bir düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0.006; p<0.05).

Omnichroma (sığ kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

X-tra fil (sığ kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

X-tra fil (derin kavite) grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Spektrofotometre ile Photoshop yöntemlerinin karşılaştırılması yapıldığında grupların çoğunluğunda yöntemlerin birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

- **Pürüzlülük ile renk arasındaki korelasyonun değerlendirilmesi**

Tablo 4.25: Yaşlandırma sonrası pürüzlülük düzeyi ile ΔE_{00} korelasyonu

		Yaşlandırma Sonrası Pürüzlülük	
Grup	**ΔE_{00}**	**r**	**p**
Essentia	Spektrofotometre restorasyondan hemen sonra	-0,378	0,282
	Spektrofotometre yaşlandırılıp renklendirme sonrası	-0,162	0,655
	Photoshop restorasyondan hemen sonra	0,248	0,490
	Photoshop yaşlandırılıp renklendirme sonrası	-0,682	0,030*
GrandioSo	Spektrofotometre restorasyondan hemen sonra	-0,283	0,428
	Spektrofotometre yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,377	0,283
	Photoshop restorasyondan hemen sonra	0,028	0,939
	Photoshop yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,273	0,445
Omnichroma	Spektrofotometre restorasyondan hemen sonra	0,316	0,374
	Spektrofotometre yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,136	0,708
	Photoshop restorasyondan hemen sonra	0,269	0,453
	Photoshop yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,405	0,245
X-tra fil	Spektrofotometre restorasyondan hemen sonra	-0,226	0,529
	Spektrofotometre yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,010	0,979
	Photoshop restorasyondan hemen sonra	0,105	0,774
	Photoshop yaşlandırılıp renklendirme sonrası	0,705	0,023*

Pearson korelasyon analizi **p<0.05*

Essentia grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

- Restorasyondan hemen sonra Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında ters yönlü, iyi düzeyde (%68.2) ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p:0.030$; $p<0.05$).

GrandioSo grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Restorasyondan hemen sonra Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Omnichroma grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Restorasyondan hemen sonra Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

X-tra fil grubunda;

- Restorasyondan hemen sonra Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Spektrofotometre ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Restorasyondan hemen sonra Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).
- Yaşlandırılıp renklendirme sonrası Photoshop ile yapılan ΔE_{00} ölçümleri ile yaşlandırma sonrası pürüzlülük ölçümleri arasında pozitif yönlü, iyi düzeyde (%70.5) ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p:0.023$; $p<0.05$).

5. TARTIŞMA

- **Çalışmanın amacı**

Günümüz dental tedavilerinde hastaların en büyük beklentilerinden biri estetik görünümdür. Bu beklentiyi karşılamak, aynı zamanda biyouyumluluk, dayanıklılık gibi gerekli özellikleri sağlamak adına en önemli şart uygun materyal seçimidir. (Anusavice ve ark., 2012).

Rezin kompozitler özellikle bu estetik beklentiyi karşılamak amacıyla en çok kullanılan materyallerden biri olmuştur. (Rocha ve ark., 2017). Fakat bu restorasyonların en önemli handikapları komşu dişlerle veya restorasyonu çevreleyen diş yapısı ile oluşan yetersiz renk uyumu nedeniyle tatmin edici olmayan estetik sonuçlarıdır. Bu sorunun üstesinden gelmenin en önemli yolu, doğru renk seçimi ile tabakalama tekniği kullanmaktır. (Ardu ve ark., 2018). Renk seçiminin subjektif olması ve doğal dişlerin polikromatik yapısı ise seçim yapmayı zorlaştıran etmenlerdendir.

Estetik beklentiyi tam olarak karşılamak amacıyla çok renkli sistemler kullanırken, bu durum ofiste çok miktar renk seçeneğinin olmasını gerektirir. VITA skalası üzerindeki A ve B renkleri yoğun olarak kullanıldığı için hekimler genellikle bu ürünleri almayı tercih etmişlerdir. Hekimlerden gelen bu bildirim sayesinde üreticiler daha az sayıda renk içeren kompozit sistemleri üretmeye başlamışlardır. Az sayıda renk veya tek renk kompozit gibi seçenekler hekimlere üreticiler tarafından sunulmaktadır.

'Blending efekt' veya 'Bukalemun etkisi' bir malzemenin çevresindeki yapıya benzer bir renk elde etme kabiliyetini tanımlamaktadır. Bu etki sayesinde daha az sayıda kompozit malzemelerin kullanımı ile uygun renk sağlanarak restorasyon yapılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu özellikteki kompozitler renk seçme aşamasını elimine ettiği için hasta başında geçirilen süreyi de kısaltmışlardır (Iyer ve ark., 2021).

'Blending effect' çok karmaşık bir fenomendir ve dental estetik materyaller söz konusu olduğunda büyüklüğünü ve yönünü etkileyebilecek birçok faktör vardır.

Paravina ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre restorasyon boyutu bu faktörlerden biridir (Paravina ve ark., 2006).

Bizim çalışmamızda bukalemun etkisi gösteren, üretici firma tarafından tek bir renk seçeneği ile bütün renk uyumlarının yakalanabileceği iddia edilen 3 adet universal kompozit (Omnichroma, Essentia Universal, X-tra fil) ile kontrol grubu olarak A1, A2, A3 renklerinde nano-hibrit bir kompozit (GrandioSo) kullanılmıştır. GrandioSo geleneksel nano-hibrit kompozit, yer aldığı çok sayıda çalışma bulunması ve araştırmacılar tarafından değerlendirilmiş olması nedeniyle, çalışmamızda kontrol grubu olarak yer almıştır (Kianyash ve ark., 2016; Eltoum ve ark., 2019). Amacımız bu kompozitlerin komşu yapılarla renk uyumunu karşılaştırmak ve kavite büyüklüğüne bağlı olarak bukalemun etkisinin ne kadar değişebileceğini görmektir.

Yüzey pürüzlülüğü de restorasyonun estetik başarısını etkileyen bir diğer faktördür. Bollen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 0,2 nm üzerindeki pürüzlülük değerlerinin plak tutunması için yeterli retansiyon alanı oluşturduğunu göstermişlerdir (Bollen ve ark., 1997). Bir kompozitin yüzey pürüzlülüğü, restoratif materyale, polisaj sistemine ve kullanıcıya ilişkin faktörlere bağlı olarak değişebilir. Restoratif materyallerin doldurucu içeriği, boyut ve şekli, partiküller arası boşluğu, sertliği, monomer tipi ve polimerizasyon derecesi restorasyonun pürüzlülüğünü etkilemektedir (Watanabe ve ark., 2005). Bu çalışmadaki bir diğer amacımız universal kompozitlerin renk uyumu sağlansa bile uzun dönem kullanımda daimî estetik beklentiyi karşılamak için gerekli olan pürüzsüzlüğe sahip olup-olmadıklarını öğrenmek, bu kompozitleri başlangıç ve renklendirici ajan kullanımı sonrası pürüzlülük değerleri açısından kıyaslamaktır.

- **Materyal- Metot**

- **Disk hazırlanması ve diş seçimi**

Rezin kompozitlerin optik ve mekanik değerlendirmelerinde ölçüm yapılacak materyaller değişkenlik göstermektedir. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirildiği çalışmalarda kullanılacak cihaza uygun olarak değişkenlik gösteren ölçülerde diskler hazırlanmaktadır (Awad ve ark., 2015; Ruivo ve ark., 2019). Bizim çalışmamızda da kullanılacak cihaza uygun olarak 8 * 2 mm ölçülerinde diskler hazırlanmıştır. Hazırlanan diskler düzgün bir yüzey oluşturmak amacı ile yüzeylerine şeffaf bantlar

yerleştirilerek polimerize edilmiştir (Yap ve ark., 2002; Manhart ve ark., 2000; Saygılı ve ark., 2003; Price ve ark., 2003). Kontrol grubu olarak şeffaf bantların kullanıldığı ve kompozitlerin pürüzlülük derecelerinin değerlendirildiği birçok çalışmada, en düzgün yüzeyin bu gruplarda olduğu görülmüştür (Özgünaltay ve ark., 2003; Yap ve ark., 2004). Fakat şeffaf bant ile bitirilen kompozitlerin yüzeyindeki oksijenden zengin inhibisyon tabakasının restorasyonların sertlik değerlerini düşürebileceği rapor edilmiştir. Bu nedenle bitirme ve polisaj aşamasının rezin kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu etkileyeceği vurgulanmıştır (Pereira ve ark., 2007; Korkmaz ve ark., 2008; Erdemir ve ark., 2013). Bu nedenle tez çalışmamızda şeffaf bantlar ile polimerize edilen bütün diskler için bitirme ve polisaj diskleri (Sof-Lex TM XT, 3M ESPE, St Paul, MN, ABD) kullanılarak yüzeylerde standardizasyon sağlanmıştır.

Universal kompozitlerin bukalemun etkilerinin değerlendirildiği in vitro çalışmalar çekilmiş insan dişleri, diskler veya akrilik dişler gibi farklı materyaller üzerinde denenmiştir (Abdelraouf ve Habib, 2016; Pereira ve ark., 2019; Paravina ve ark., 2006). Doğal dişlerdeki polikromatik yapının optik özellikleri etkilediğinden dolayı biz çalışmamızda bukalemun etkisini değerlendirmek için klinik çalışmalara daha yakın sonuçlar sağlayacağını düşündüğümüz çekilmiş insan dişi kullandık.

İn vitro deneylerde yüzey açısının ve düzgünlüğünün kontrol edilebilmesi için kullanılan dişlerin, soğuk alçı veya akrilik içine yerleştirilmesi gerekmektedir. Kullanılan malzemenin polimerizasyon ısısı dişi etkileyebileceğinden dolayı aynı zamanda yavaş sertleşen bir materyal tercih edilmelidir. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda dişler mine-sement sınırından itibaren açıkta kalacak şekilde soğuk akrilik içerisine sabitlenmiştir.

Hem hazırlanan diskler hem de çekilmiş diş üzerine uygulanan restorasyonlarda, bitirme ve polisaj işlemleri için alüminyum oksit kaplı (Sof-lex System, 3M ESPE) kullanılmıştır. Farklı cila sistemlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi değerlendirildiği bir çalışmada, Sof-lex sistemlerin yüzeyde daha pürüzsüz alanlar oluşturduğu görülmüştür (Üçtaşlı ve ark., 2008).

Yüzey pürüzlülüğü açısından çeşitli cila sistemlerinin farklı birçok kompozit materyal üzerinde denendiği ve karşılaştırıldığı çok sayıda çalışmada alüminyum oksit kaplı disklerin (Sof- lex) daha pürüzsüz yüzeyler oluşturduğu gösterilmiştir (Abzal ve ark., 2016; Başeren, 2004; Lu ve ark., 2003, Pala ve ark., 2016).

- **Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi**

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirildiği birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler kantitatif bir metot olan profilometre olabileceği gibi, kalitatif bir yöntem olan tarayıcı elektron mikroskopu (SEM) veya son zamanlarda kullanılan yeni yöntem atomik elektron mikroskopu (AFM) olabilmektedir (Kakaboura ve ark., 2007). Profilometreler mekanik (iki boyutlu) veya optik (üç boyutlu) olmak üzere iki çeşittir (Brook ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, örneklerin hazırlık aşamasına gereksinim olmaması ve ölçümlerin çeşitli zaman aralıklarında tekrar yapılabilmesi nedeniyle mekanik profilometrelerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biri olduğu görülmüştür (Joniot ve ark., 1997; Jung, 1997; Neme ve ark., 2002). Kakabura ve arkadaşları yaptıkları çalışmada optik ve mekanik profilometreleri karşılaştırmış, aynı yüzey üzerinde yapılan ölçümlerde optik profilometrelerin daha yüksek pürüzlülük değerlerine sahip olduğu gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada elektron mikroskopu, atomik kuvvet mikroskopu ve profilometre cihazları karşılaştırılmış, elektron mikroskopunun pürüzlülük değerlendirme aşamasında yetersiz kaldığı görülmüştür (Kakaboura ve ark., 2007). Yapılan bir diğer çalışmada atomik kuvvet mikroskopunun bazı yüzey parametrelerinin değerlendirilmesinde yetersiz kalabileceği düşünülmüştür (Ohara ve ark., 2009). Biz tez çalışmamızda pürüzlülüğün değerlendirilmesi amacıyla literatüre uygun olarak mekanik profilometre kullandık.

Dental materyallerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirildiği çalışmalarda en sık kaydedilen değer Ra değeridir (Türkün ve Türkün, 2004; Neme ve ark., 2002; Kakaboura ve ark., 2007). Ra değeri yüzeyin ortalama pürüzlülüğüdür. Bizim çalışmamızda da değerlendirme yapılırken Ra ölçüm değerleri ile hesaplama

yapılmıştır. Çalışmamızda her bir örnek yüzey için 3 farklı noktadan ölçüm yapılmış, bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

- **Optik özelliklerin değerlendirilmesi**

Diş hekimliğinde renk ölçümü görsel veya cihaz yardımıyla yapılabilmektedir. Görsel yöntemler basit, düşük maliyetli ve pratik olması gibi avantajlara sahip olmasına rağmen bu yöntem araştırmacının deneyimine ve dış faktörlere bağlı olarak değişebileceğinden dolayı objektif sonuçlara ulaşmamızı engellemektedir (Napadlek ve ark., 2018; Omar ve ark., 2010)

Standardizasyonun daha kolay sağlandığı, sonuçların objektif olarak değerlendirilebildiği renk ölçüm aletleri zamanla görsel ölçüm yöntemlerinin yerini almaya başlamıştır (Aysan ve ark., 2011). Bu cihazlar arasında en çok kullanılan spektrofotometrelerdir. Spektrofotometrelerin görsel yöntemler (Paul ve ark., 2002) ve diğer renk ölçüm cihazları ile karşılaştırıldıkları çalışmalarda (Dozic ve ark., 2007; Khaurana ve ark., 2007) bu cihazların yüksek tekrarlanabilirlikleri, daha güvenilir ve dişin tüm haritasını çıkarabilmeleri gibi avantajları görülmüştür. Kim-Pusateri ve arkadaşlarının 4 renk ölçüm cihazı (Spektrofotometre: Vita EasyShade ve SpectroShade, Dijital Kamera: ShadeVision ve ShadeScan) kullandıkları çalışmada SpectroShade cihazının güvenilirliği %96, 6 bulunmuştur (Kim-Pusateri ve ark., 2009). Bu cihaz renk değerlerini etkileyebilecek yansımayı engellemek için polarize filtre kullanmaktadır. Aynı zamanda görüntüler daha sonra kıyaslanabilmekte, kaydedilebilmekte ve bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. Cihaz ölçüm yapılacak görüntünün renk haritasını da çıkarabilmektedir (Chu ve ark., 2010). Restoratif materyallerin bukalemun etkisinin değerlendirildiği çalışmamızda ölçüm yapılacak bölge ve standardizasyon önem arz etmektedir. Öğrendiğimiz bilgiler ışığında SpectroShade cihazının renk haritası çıkarabilmesi, kaydedilip tekrar kıyaslanabilmesi ve güvenilirliği tez çalışmamızda tercih sebebimiz olmuştur. Ek olarak bu tez çalışmasında kullanılan SpectroShade cihazının çalışmayı özgün kılmasının sebebi, bukalemun etkisinin değerlendirildiği diğer çalışmalarda kullanılmamasıdır.

Cihazlar ile yapılan renk ölçümlerinin hassasiyetini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ölçüm yapılan arka plan, materyalin yüzey özellikleri, ışık yansıması, kullanılan cihazın ucu gibi sınırlamalar ölçüm standardizasyonlarını etkileyebilmektedir. İki yüzey arasında uyum sağlanmazsa 'edge loss' adı verilen ölçüm hataları görülebilmektedir. Bu nedenle cihazın ölçüm yapılacak materyal ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir (Park ve ark., 2006). Bu bilgiler ışığında kullandığımız spektrofotometre cihazı olan SpectroShade'in diş ile uyumunu sağlamak için, örneklerin yalnızca okluzal yüzeyleri açıkta kalacak ve ışık geçirmeyecek şekilde cihazın ucuna uygun olarak silikon bir indeks hazırlanmıştır.

Bilgisayar teknolojisindeki ve fotoğrafçılıktaki gelişmeler, renk seçimi için dijital fotoğrafçılığın bir araç olarak kullanılabilirliğini sağlamıştır. Bu sayede elde edilen görüntüler bir yazılım sayesinde analiz edilip, renk değerleri kaydedilebilir (Miyajiwala ve ark., 2017). McCaslin ve Hasegawa yaptıkları çalışmalarda renk değişikliklerini analiz etmek için dijital analiz kullanmışlardır (Hasegawa ve ark., 2000; Mccaslin ve ark., 1999).

Renk ölçümü için dijital programların kullanıması, diğer cihazlara göre daha uzun zaman gerektirse de görüntülerin arşivlenmesi ve dijital programlarda renk dışında diğer diş özelliklerin de bilinebiliyor olması avantajlarındandır.

Dijital fotoğraf makineleri ile çekilen görüntülerin Photoshop programında L*a*b değerleri kullanılarak yapılan renk analiz yönteminin, renk ölçüm cihazlarına alternatif olarak kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bizim çalışmamızda da bu yöntemin klinik kullanılabilirliğinin değerlendirilmek amacıyla, Photoshop ve spektrofotometre ile ölçülen değerler arasındaki uyuma bakılmıştır.

Adobe Photoshop programı ile görüntülerin renk analizleri RGB, XYZ, L*a*b formatlarında yapılabilmektedir. Birçok araştırmacı çalışmalarında Photoshop programı ile renk analizi için L*a*b değerleri kullanmıştır (Guan ve ark., 2005). Materyallerin göreceli olarak renk değişimi gösteren değer ΔE değeri değeridir ve tek tek incelenen L*a*b* değerlerinden daha anlamlı sonuçlar verir (Yannikakis ve ark., 1998; Silva ve ark., 2011).

Restoratif materyallerin renk değişimi incelenirken CIElab ya da CIEDE2000 formülasyonları kullanılmaktadır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE, Commission Internationale de l'Eclairage) tüm değişkenleri eşit kabul eden CIElab sistemi yerine, o formüldeki eksiklikleri gidererek, gözün algısını etkileyen modifikasyonlar eklenerek algılanabilir ve de kabul edilebilir renk değişimini daha doğru tespit edebilmek için CIEDE2000 formülünü geliştirmişlerdir (Ghinea ve ark., 2010).

2016 yılında yayınlanan bir çalışmada CIEDE2000 formülünün CIElab formülüne göre gözün algıladığı renk farklılıklarını daha iyi yansıttığı ve bu nedenle renk değişimi için CIEDE2000 formülünün kullanılmasının daha uygun olduğu kanısına varmışlardır. Bu nedenle çalışmamızda örneklerin renk değişimi hesaplaması yapılırken CIEDE2000 formülünden yararlanılmıştır (Gómez-Polo ve ark., 2016).

Paravina ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada CIEDE2000 formülü sonucu ortaya çıkan ΔE_{00} değerinin algılanabilirlik eşik değeri 0,8; kabul edilebilirlik eşik değeri ise 1,8 olarak belirlenmiştir. Klinik olarak başarısızlığın eşik değeri ise 3.1 olarak kabul edilmiştir (Paravina ve ark., 2015).

Günlük hayatta tüketilen ve renklendirici özelliği olan birçok içecek restoratif materyaller üzerinde etkisinin değerlendirilmesi amacıyla diş hekimliği araştırmalarına konu olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda genellikle hazır kahve, şarap, kola ve çay gibi içeceklerin en yüksek derecede restorasyonları renklendirdiği görülmüştür. Kahvenin en boyayıcı ajanlardan biri olması nedeniyle biz de çalışmamızda örnekleri renklendirmek amaçlı kahveyi kullandık (Türkün ve Türkün, 2004; Patel ve ark., 2004; Guler ve ark., 2005; Ertaş ve ark., 2006; Topcu ve ark., 2009).

Literatüre bakıldığında, örneklerin bir hafta süresince kahvenin içinde bekletilmesinin, ortalama yedi ay kahve içmeye eşdeğer olduğu bulunmuştur (Shiozawa ve ark., 2015). Bu sonuçlara bağlı kalarak biz de çalışmamızda örnekleri 1 hafta boyunca kahve içerisinde beklettik.

- **Termal siklus cihazı ile yaşlandırma**

Ağız ortamında yapılan restorasyonlar zamanla ısı, nem ve ışık gibi birçok faktörün etkisiyle etkilenip bozulmaktadır. Doğal yollardan oluşan yaşlanma olgusu ile zaman içerisinde restorasyonlarda meydana gelen bu istenmeyen değişiklikleri in vitro ortamda taklit etmek amacıyla yaşlandırma prosedürleri geliştirilmiştir (Paravina ve ark., 2004). Kompozit rezinlerin renk değişimlerinin ve pürüzlülük gibi fiziksel özelliklerin incelendiği çalışmalarda hızlandırılmış yaşlandırma yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler çoğunlukla termal siklus ve mekanik yükleme gibi yöntemlerdir (Lu ve Powers, 2004; Catelan ve ark., 2010; Lima ve ark., 2011). Araştırmacılar termal siklus işlemin yüzeyden inorganik materyallerin uzaklaşmasına neden olup, bu durum sonucunda renk değişikliği olabileceğini bildirmişlerdir. Jain ve arkadaşları kompozitlerin renk stabilitelerinin termal siklustan sonra klinik olarak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir (Jain ve ark., 2013). Bu çalışmada hem pürüzlülük hem renk değişimi için hazırlanan örnekler termal siklus yöntemi ile yaşlandırılmıştır (Paravina ve ark., 2004; Lu ve Powers, 2004; Catelan ve ark., 2010; Lima ve ark., 2011).

- **Bulgular**

- **Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bulgular**

Yaptığımız tez çalışmasında kompozit grupları (X-tra fil ‘Bulk-fill’, Omnichroma ‘Nanofil’, Essentia Unıversal ‘Mikrohibrit’, GrandioSo ‘Nanohibrit’) arasında başlangıç pürüzlülük ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Omnichroma kompozitinin başlangıç pürüzlülük değeri diğer gruplardan anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Diğer gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmasa da en yüksek pürüzlülük değeri X-tra fil grubunda, daha sonra sırasıyla GrandioSo ve Essentia grubunda görülmüştür. Yaşlandırılıp kahve içerisinde bekletilen örneklerde ise yine anlamlı bir farklılığa sahip olarak en düşük pürüzlülük değeri Omnichroma kompozit grubunda olmuştur. En yüksek pürüzlülük değeri ise istatistiksel olarak anlamlı olmasa da X-tra fil kompozit rezin grubunda görülmüştür.

Bollen ve arkadaşları 1997 yılında 0,2 μm ve daha yüksek RA değerlerinin plak birikimine neden olup periodontal problemlere yol açabileceğini çalışmasında göstermiştir. Fakat aynı çalışmada 0,3 μm ve altındaki değerlerin hastalar tarafından hissedilemeyeceği bildirilmiştir. Çalışmamızda kompozitler için periodontal problemlere neden olabilecek eşik değere (0,2 μm) bakıldığında Omnichroma, Essentia ve GrandioSo kompozitlerin başlangıç ve renklendirme sonrası kabul edilebilir değerin altında kaldığı görülürken, X-tra fil kompozit grubunun renklendirme sonrası (0,29±0,11) eşik değerin üstüne çıktığı görülmüştür. Bu da restorasyonlarda X-tra fil kompozit rezin kullanımının ağız içerisinde belli bir kullanım süresi sonrasında plak birikimine neden olabileceğini düşündürmektedir (Bollen ve ark., 1997).

Yeditepe üniversitesinde 2015 yılında yapılan bir tez çalışmasında bulk-fill kompozitler ile bir mikrohibrit kompozitin farklı cila sistemleri sonrası yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada bir bulk-fill kompozit grubu olan X-tra fil kompozit grubunda yüzey pürüzlülük değeri mikrohibrit kompozit grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu sonuç bizim çalışmamızla da uyumludur. X-tra fil kompozit rezinin dolgu hacminin ve doldurucu büyüklüğünün yüksek olması nedeniyle bu sonuçla karşılaştığımızı düşünmekteyiz (Osama, 2015).

Marghalani yüzey pürüzlülüğünü değerlendirdiği çalışmasında X-tra fil kompozit grubunu en yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olarak göstermiştir (Marghalani, 2010).

Kılıç ve Gök 2021 yılında 4 adet bulk-fill kompozit ile 1 adet nanoseramik, 1 adet nanohibrit kompozit grubunu çalışmasında kullanmıştır. Bu çalışmada farklı polisaj sistemleri kullanılarak bitirilen yüzeylerin pürüzlülük değerlendirmeleri atomik kuvvet mikroskopu ve SEM ile incelenmiştir. Test edilen kompozit gruplar içerisinde Opti-disc polisaj sistemi dışında bütün sistemlerde en yüksek yüzey pürüzlülük değeri X-tra fil kompozit grubunda görülmüştür. 2020 yılında yayınlanan başka bir çalışmada X-tra fil bulk-fill kompoziti yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesinde tıpkı bu çalışma ve bizim çalışmamızda olduğu gibi en yüksek değerlere sahip olmuştur (Kılıç ve Gök, 2021; de Fatima Alves da Costa ve Melo, 2020).

Senawongse ve Pongprueksa'nın dört adet nanofil, üçer adet mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerinin pürüzlülük değerlerinin incelendiği çalışmalarında nanohibrit kompozitlerin nanofil kompozitlerden daha yüksek pürüzlülük değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da bu sonuçlarla benzer olarak nanofil kompozit grubu nanohibrit kompozit grubundan anlamlı olarak daha düşük pürüzlülük göstermiştir. Bu sonucun sebebinin nanohibrit kompozitlerin bitirme ve cila sırasında prepolimerize partiküllerin kopmasyla birlikte matriks ara yüzün bozulması kaynaklı olduğu düşünülmüştür (Senawongse ve Pongprueksa, 2007).

Yadav ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada ise yine bizim sonuçlarımıza paralel olarak en az yüzey pürüzlülüğünü nanofil kompozit grubunda görmüşlerdir. Bunu sırasıyla mikrofil ve mikrohibrit kompozitlerin izlediğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da nanofil kompozit grubunu, nanohibrit ve mikrohibrit kompozit grubu izlemiştir (Aytaç ve ark., 2016).

2009 ve 2010 yıllarında yapılan iki çalışmada örnekler üzerine yapılan cila sonrası pürüzlülük değerleri incelendiğinde her iki çalışmada da nanohibrit kompozitlerin nanofil kompozitler kadar iyi pürüzlülük değerlerine sahip olmadığı görülmüştür. Diğer yandan Moreas ve arkadaşları, nanohibrit kompozitleri mikrohibrit kompozitlerle kıyasladıklarında onlar kadar veya onlardan daha iyi performans sergilediklerini göstermişlerdir. Çalışmamızda nanofil kompozitler anlamlı bir farkla daha iyi pürüzlülük değerlerine sahipken, mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerin pürüzlülük değerleri birbirine çok yakın çıkmış, aradaki fark anlamlı bulunmamıştır (Moraes ve ark., 2009; Endo ve ark., 2010).

Genel olarak mikrohibrit ve nanohibrit kompozitlerin birbirine yakın çeşitlikte doldurucu boyutlarına sahip olmalarından dolayı aralarındaki farkı ayırt etmek zor olmaktadır (Mitra ve ark., 2003). Bu yüzden nanohibrit ve mikrohibrit kompozit rezinlerin pürüzlülüklerinin değerlendirildiği çalışmalarda sonuçların birbirine çok yakın olduğu veya oluşan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu sonuçlar bizim çalışmamızla da uyumludur (Gönülol ve Yılmaz, 2012; Silikas ve ark., 2005).

Kocaağaoğlu ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada iki adet nanohibrit (GrandioSo ve Clearfil Majesty), birer adet hibrit ve mikrohibrit kompozitlerin farklı cila sistemleri kullanılarak renk uyumları ve pürüzlülük değerleri kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamış, GrandioSo kompozit grubunun az bir farkla en yüksek pürüzlülük değerine sahip olduğu görülmüştür. (Kocaagaoglu ve ark., 2017).

Bizim çalışmamızda da GrandioSo kompozit grubu istatistiksel olarak anlamlı olmasa da bulk-fill bir kompozit olan X-tra fil kompozit grubundan sonra en yüksek pürüzlülük değerine sahip olmuştur.

Çalışmamızda en düşük pürüzlülük değerine sahip kompozit grubu Omnichroma kompozit grubu olmuştur. Omnichroma 260 nm boyutunda, küresel tipte sferikal silika zirkonya doldurucu içeren bir kompozittir. Ruivo ve arkadaşları 2019 yılında yayınladıkları çalışmalarında düzensiz şekilli doldurucu içeren kompozitlerin, küresel şekilli olanlara göre daha fazla sürtünme kuvvetine maruz kalıp, daha yüksek pürüzlülük değerine sahip olacağını bildirmişlerdir. Ayrıca zirkonya esaslı inorganik doldurucu içeren kompozitlerin, zirkonyumun sahip olduğu sertliği ve yüksek aşınma direnci sayesinde daha az yüzey pürüzlülük değerlerine sahip olabileceğini bildirilmiştir. Küresel şekilli zirkonya içeren kompozit grubumuzun en düşük pürüzlülük değerine sahip olması bu çalışmayı destekler niteliktedir (Ruivo ve ark., 2019).

Yaşlandırma sonrası pürüzlülük değişimi bulgularına bakıldığında Omnichroma kompozit grubunda anlamlı olarak diğer gruplardan daha düşük bir değişim görülmüştür. Yani bu grupta yaşlandırma ve renklendirme işlemi kompozitin yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede arttırmamıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da en yüksek değişim değeri bulk-fill kompozit grubunda görülmüştür. Sonuçlarımız 2017 yılında yayınlanan Karadaş ve Demirbuğanın yaptığı çalışma ile uyumludur. O çalışmada dört adet bulk-fill rezin kompozitin (SonicFill, Filtek Bulk-fill Flowable, X-tra fil, Filtek Bulk-fill Posterior) ve üç adet (G-aenial Universal Flo, Herculite XRV Ultra, Filtek Ultimate) nano-kompozitin renk değişikliği ve yüzey pürüzlülüğü kıyaslanmıştır. En yüksek pürüzlülük artışı X-tra fil kompozit grubunda görülmüştür.

Çalışma bu kompozit grubunun dolgu parçacıklarının daha büyük olması ve dolgu boyutundaki heterojen dağılımlar nedeniyle daha kötü bir performans gösterdiğini bildirmiştir (Karadaş ve Demirbuğa, 2017).

- **Renk ile ilgili bulgular**

Çalışmamızda 3 adet tek renk universal kompozit olan Omnichroma (smart teknoloji), Essentia Universal (bukalemun etkisi yüksek), X-tra fil (bulk-fill) ile nanohibrit bir kompozit olan GrandioSo (A1, A2, A3) kullanılmıştır. İlk olarak örneklerden alınan renk ölçümleri sonucu hesaplanan ΔE_{00} değerleri kullanılıp bukalemun etkisinin değerlendirildiği CAP_{00} karşılaştırılması yapılmıştır. CAP_{00} değeri ne kadar yüksek ise kompozit rezinin bukalemun etkisi o kadar yüksek demektir. Bu karşılaştırma sonucunda kompozit grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte aynı zamanda birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Sayısal olarak bakıldığında bukalemun etkisi en yüksek Essentia kompozit grubunda görülmüştür. Kavite derinleştikçe CAP_{00} değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmasa da GrandioSo hariç diğer bütün gruplarda düştüğü görülmüştür. GrandioSo grubunda çok az miktarda görülen artışın o gruptaki çekilmiş insan dişlerinin A1, A2, A3 renk tonları ile daha fazla bir uyum yakaladığını bu nedenle bukalemun etkisinin sığ gruba göre daha yüksek olduğunun düşünmekteyiz.

Sanchez ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptıkları bir çalışmada akıllı smart teknolojiye sahip renk pigmenti içermeyen Omnichroma kompozit grubu ile Filtek Supreme Ultra, TPH Spectra, Herculite Ultra, Tetric EvoCeram.kompozit gruplarının CAP değerleri karşılaştırılmıştır. Bizim sonuçlarımızdan farklı olarak Omnichroma kompozit grubundaki dişlerin CAP değerleri diğer gruplardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bu sonucu Omnichromanın akıllı kromatik teknolojiye sahip olmasına bağlamışlardır. Fakat bu çalışmada diş yapısını çalışmamızdan çok farklı kılan akrilik dişler kullanılırken bizim çalışmamızda çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır. Aynı zamanda karşılaştırılan kompozit rezinler çok renkli olup çalışmada sadece bu kompozitlerin A2 renkleri kullanılmıştır. Bu da sonucun çalışmamızdan oldukça farklı olmasını açıklamaktadır (Pereira ve ark., 2019).

Gazi üniversitesinde 2022 yılında yayınlanan bir çalışmada 2 farklı derinlikte restorasyonun kompozitlerin CAP değerlerine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma akrilik dişler üzerine uygulanmıştır. Bizim tez sonucumuzun aksine bu çalışmada en yüksek CAP değeri Omnichroma kompozitinde görülmüştür. Fakat bu çalışmada kullanılan diğer kompozit grupları bizim çalışmamızdan farklı olarak çok renkli kompozit gruplarıdır ve kullanılan akrilik diş tek renk (A3) diştir. Aynı zamanda çoğu çalışmadan farklı olarak kavite derinliğin artmasıyla bu restorasyonların CAP değerleri yükselmiştir. Araştırmacı bu sonucu restorasyon boyutundan farklı olarak restorasyon kalınlığının artmasının renk özelliklerini daha iyi yansıttığına bağlamıştır. Bizim çalışmamızda kavite derinliği arttıkça tek bir grup haricinde az miktarda da olsa CAP değerlerinin düştüğü görülmüştür. Klinik koşullar altında restorasyon alanı, derinliği, kompozitlerin içerisindeki monomerler, doldurucu boyutları, foto başlatıcıların ve aktivatörlerin türü, dişin rengi gibi birçok faktör renk eşleşme özelliğini etkilemektedir. Biz de GrandioSo grubunda çıkan farklı sonucu çekilmiş dişlerdeki renk farklılıklarına bağlamaktayız (Akgül ve ark., 2022).

CIEDE2000 formülü kullanılarak renk ile ilişkili birçok faktörün incelendiği bir çalışmada Omnichroma kompoziti diğer tüm gruplardan anlamlı derecede CAP değerleri açısından üstün bulunmuştur. Bu çalışma akrilik veya çekilmiş diş ile değil; kompozit diskler hazırlanarak yapılmıştır (Durand ve ark., 2021)

Doldurucu içeriği ve boyutunun bukalemun etkisini değiştirebileceğinin değerlendirildiği çalışmada farklı doldurucu içerik ve boyutlardaki kompozitler ile örnekler hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda doldurucu içeriğinin artmasının bukalemun etkisini arttırdığı görülürken, doldurucu boyutu sonuçları etkilememiştir. Örneklerın doldurucu boyutlarının birbirine yakın olması, araştırmacılara göre bu sonucun diğer durumlarda değişebileceğini düşündürmüştür. Bizim çalışmamızda gruplar arasında sonuçları bu yönde yorumlayacak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun nedenini Omnichroma ve Essentia kompozit ile, X-tra fil ve GrandioSo kompozitlerinin doldurucu içeriklerinin birbirine yakın olması ve doldurucu boyutlarının ve şekillerinin farklı olmasına bağlamaktayız (Suh ve ark., 2018).

Çalışmamızda spektrofotometre ile yapılan renk ölçümlerinde ΔE_{00} değerleri incelendiğinde renk değişimi açısından restorasyondan sonraki değerlendirmelerde gruplar arası anlamlı bir fark bulunmamıştır. Kavite derinliklerine bakıldığında ise Omnichroma grubunda kavite derinleştiğinde ΔE_{00} değerinin anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür. Literatür incelendiğinde bukalemun etkisini kavite derinliği ile ters etkiye sahip olduğu görülmüştür (Paravina ve ark., 2006).

Omnichroma renk vermek için herhangi bir pigment içermez. Onun yerine belirli ışık dalga boylarının zayıflatıldığı veya arttırıldığı yapısal renk kavramını kullanan akıllı kromatik bir teknolojiye sahiptir. Renk uyumunu, çevreleyen diş dokusunun kompozit içerisinden yansıyan kırmızıdan sarıya değişen ışınlarla birleşmesi ile yakalar (Pereira ve ark., 2019). Bu materyalin hiç pigment içermemesi derin kavitelerde ve koyu renk dişlerde renk açısından daha başarısız olmasına neden olduğunu düşünmekteyiz.

Kavite derinliği arttıkça restorasyonun dentin dokusuna ulaşması sonucunda, dentinin daha kromatik ve opak bir yapıya sahip olması nedeniyle renk uyumunu zorlaştırdığını düşünmekteyiz. Ayrıca GrandioSo grubunda bu sonucu görmeyişimiz bukalemun etkisini değiştirecek birçok faktörün olduğunu bize göstermektedir.

Kavite derinliğinin Omnichroma kompoziti dışında bukalemun efektine etkisinin anlamlı olmaması, aynı zamanda bukalemun etkisini değiştiren en önemli faktörlerden biri olan diş renginin bizim çalışmamızda gruplara dağılımının karışık olmasından kaynaklı olduğunun düşünmekteyiz.

Iyer ve arkadaşları diş rengi tonuna göre tek renkli ve çok renkli kompozitlerde yaptıkları ΔE_{00} kıyaslamasında, gri tonlu dişlerde (VITA C ve D) bu değerin sarı ve kırmızı tonlu dişlere (VITA A ve B) daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Çalışmamızda bukalemun etkisinin kavite derinliğine etkisinin az olmasını gruplarda renk tonu ayrımını yapmamamıza bağlamaktayız (Iyer ve ark., 2021).

Abreu ve arkadaşları 2020 yılında tek renk kompozit ile çok renkli kompozitlerin renk eşleşme özelliklerini kıyaslayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada ΔE değerlerini ölçmek için photoshop yöntemini kullanmış ve aynı zamanda görsel skorlama yapmışlardır. Akrilik dişler üzerine yaptıkları sınıf III restorasyonlarda en yüksek ΔE

değeri Omnichroma kompozit grubunda görülmüştür. Bizim çalışmamızda spektrofotometre ile yapılan ölçümlerde gruplar arası anlamlı bir fark olmasa da Omnichroma kompozit grubunun ortalama ΔE_{00} değerleri diğer gruplardan yüksek çıkmıştır (de Abreu ve ark., 2021).

Kompozit restorasyonların renklenmeye karşı dayanıklılıkları materyalin yapısı, içerisinde bulunan doldurucunun içeriği ve oranı, monomer dönüşüm derecesi, su emilim miktarı, cila-bitim işlemleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle restorasyonların başarısı farklı kompozitlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Kaizer ve ark., 2014; Lee ve ark., 2005)

Reis ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kompozitlerin renklenmesinin rezin kısmı ile alakalı olduğu sonucuna varmışlardır (Reis ve ark., 2003).

Genel olarak düşük doldurucu içeriğine sahip kompozitlerde renk değişimi daha fazla olmaktadır. Lu ve arkadaşlarının çalışması bu sonucu destekler niteliktedir. 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 (Lu ve ark., 2005).

Doldurucu miktarının yüksek olması polimer yapı içerisine diffüz olacak su molekülleri miktarını azaltarak renklenmenin daha az olacağı bilinmektedir (Ferracane, 2006).

Çalışmamızda doldurucu içeriği en az olan Omnichromadan (%79) sonra Essentia (%81) kompozit grubudur. Renklenme gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmasa da Essentia kompozit grubunda daha yüksek görülmüştür. Renklendirmeden sonraki en düşük ΔE değeri ise Omnichroma kompozit grubunda görülmüştür. Doldurucu içeriğinin Omnichroma dışında diğer gruplardan daha düşük olması nedeniyle renklenmenin Essentia grubunda daha fazla olması yapılan çalışmaları destekler niteliktedir. Fakat Omnichroma grubunda düşük doldurucu içeriğine rağmen renklenmenin en düşük olması monomer tipine ve içerisinde bulunan, diğer gruplardan

farklı olan supra-nanosferikal yapıdaki doldurucularına bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Kompozitlerin monomer tiplerine baktığımızda Bis-GMA ve TEGDMA hidrofilik ve su emilimleri yüksektir. Bis-EMA ise hidrofobik, su emilimi düşüktür. TEGDMA diğerlerine oranla en yüksek su emilimi gösteren monomer tipidir. UDMA monomeri ise Bis-GMA ya oranla daha az renklenmektedir (Khokhar ve ark., 1991).

Çalışmamızda bütün kompozitler TEGDMA monomeri içermektedir. TEGMA ile yalnızca UDMA monomeri içeren Omnichroma kompoziti en düşük ortalama ΔE_{00} değerine sahiptir. Fakat sonuçların anlamlı bir fark oluşturmaması renklenmenin monomer tipi dışında, materyallerin içeriklerine, doldurucu boyutlarındaki farklılığa, içerdiği TEGDMA yüzdesi gibi faktörlere de bağlı olmasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Aydın ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma bizim sonuçlarımızdan farklıdır. Çalışmalarında tek renkli kompozit ile çok renkli kompozitlerin renk ve pürüzlülük değerleri kıyaslanmış, bütün zamanlarda Omnichroma kompozitinde renklenmenin daha fazla olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmamızın renk değerlendirmesinde gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Sonuçların farklı olmasını karşılaştırma yaptığımız materyallerin farklı olmasına; dolayısıyla materyale bağlı olarak birçok faktörün de farklı olmasına bağlamaktayız (Aydın ve ark., 2021).

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi arasında bir korelasyon olup olmadığı incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Literatür incelendiğinde ise bu iki faktörün ilişkili olduğunu bildiren sonuçlar bulunmuştur (Bezgin ve ark., 2015; Morgan, 2004; Checketts ve ark., 2014; Kocaoğlu ve ark., 2017).

Lu ve arkadaşları çalışmalarında yüzey pürüzlülüğü ve renklenme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuç olarak pürüzlülük değerinin 0.1 μm'nin altında olduğu durumlarda renklenmeyi etkilemediği beyan etmişlerdir (Chung, 1994). Bizim çalışmamız da bu çalışmaya benzer sonuçlanmıştır. Fakat bizim çalışmamızda örneklerin hepsinde pürüzlülük değeri 0.1 μm'nin altında değildir. Öztürk ve Güder de, bizim çalışmamıza benzer şekilde iki faktör arasında anlamlı bir ilişki kuramamıştır (Öztürk ve Güder, 2015). Sonuçların anlamlı bir ilişkiye sahip

olmamasını pürüzlülük ölçümü yaptığımız örneklerin disk şeklinde olmasına, renk ölçümü yaptığımız örneklerin ise çekilmiş diş üzerinde olmasına bağlamaktayız. Aynı zamanda çalışmada kullanılan kompozitler rezin matriks tipi, doldurucu tipi ve boyutu açısından farklılıklar göstermektedir. Faktörlerden biri pürüzlülüğü etkilerken, bir başka faktör renklenmeyi daha çok etkilemektedir. Bu nedenle pürüzlülüğün renklenme üzerine etkisini daha doğru değerlendirmek için pürüzlülük değerleri farklı olan benzer yapıdaki kompozitlerle bir çalışma yapılmasının daha uygun olacağı kanaatindeyiz.

Çalışmamızda son olarak renk ölçüm yöntemlerinin kıyaslaması yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde bazı gruplarda anlamlı farklılar bulunmuştur. Essentia sığ kavite grubunda restorasyondan hemen sonraki ΔE_{00} değerleri Photoshop grubundan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. GrandioSo derin kavite grubunda ise tam tersi Spektroshade ile yapılan ölçümler anlamlı derecede daha yüksek çıkmıştır. Omnichroma derin kavite gruplarında hem restorasyon sonrası hem renklendirme sonrası Spektroshade grubu anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Kalan gruplar arasında yöntemlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Renk seçiminde dijital algının değerlendirildiği bir tez çalışmasında dijital fotoğraf makinelerinin spektrofotometreye göre renkleri daha koyu, daha kırmızı ölçerken; spektrofotometrede sarı değerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda kıyaslama, yalnızca materyallerin göreceli renk değişimini gösteren ΔE değerleri üzerinden yapılmıştır (Kara, 2018).

2019 yılında yapılan bir çalışmada polarize filtre kullanarak ve kullanmadan yapılan renk ölçümleri, Spektroshade standart olarak kabul edilerek kıyaslanmıştır. Polarize filtrenin dental renk ölçümlerinde kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda Spektroshade yöntemi diğer spektrofotometre cihazlarına göre, non-kontakt olması, dijital bir kamerayla kullanılması, güvenilirliğinin yüksek olması gibi avantajlarından dolayı çalışmada standart olarak kullanılmıştır (Lazar ve ark., 2019).

Bizim çalışmamızda da polarize filtre kullanılarak yapılan çekimlerin renk ölçümü photoshop yöntemi ile yapılmıştır. Çoğu gruplarda, standart olarak kabul edilen ve güvenli bir yöntem olduğu belirtilen spektroshade cihazı ile uyumlu bulunmuştur.

Sonuçlardaki farklılıklar photoshop yöntemindeki standardizasyonu sağlamadaki zorluklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Aynı zamanda photoshop yönteminde çok renkli bir yapıya sahip olan insan dişlerinde çok kısa mesafelerde bile çok farklı L*a*b* değerlerini bulunabilmektedir. Her ne kadar standardizasyon amaçlı eşit uzaklıktaki noktalardan 3 farklı ölçüm ile ortalama değerler alsak da sonuçlar ufak milimetrik oynamalarda dahi oldukça değişkenlik göstermektedir. Bu durumun sonuçlarımızdaki farklılıklara neden olduğunu düşünmekteyiz.

In vitro çalışmalar ağız içi şartlarını tam olarak yansıtamadıkları için, yalnızca materyallerin ve yöntemlerin klinik performansları hakkında yorum yapmamızı sağlarlar. Çünkü incelediğimiz yöntem veya materyaller, ağız içerisindeki sıcaklık, nem, mikroorganizma, pH, tükürük yapısı, kişinin beslenme koşulları, dil-yanak fonksiyonu gibi birçok durumundan etkilenme dışında kaldığı için sonuçlar bize kesin bir bilgi verememektedir.

Literatür incelendiğinde akıllı kromatik teknolojiye sahip olan bu yeni kompozit ile ilgili hem in-vivo hem in-vitro çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle çalışmamızda test ettiğimiz renk değişimi ve pürüzlülük değerlerinin yayınlanmış çalışmalarla tartışılması oldukça sınırlı olmaktadır. Bukalemun etkisi veya yeni bir teknoloji ile üretilen tek renk kompozitlerin hem mekanik hem görsel özelliklerinin daha net anlaşılabilmesi, ayrıca birbirlerine olan üstünlüklerinin var olup olmadığını bilebilmek için daha fazla sayıda klinik ve laboratuvar çalışmalarına ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde şu sonuçlara ulaşabiliriz;

1. Çalışmada kullandığımız kompozit grupları arasında başlangıç ve renklendirildikten sonraki pürüzlülük değerleri ile pürüzlülük değerlerinde görülen artış miktarları açısından Omnichroma kompoziti en düşük pürüzlülük değerine ve artış miktarına sahip olmuştur.
2. Pürüzlülük için önemli bir sınır olan 0,2 μm değerine bakıldığında X-tra fil kompozit grubunun ortalama pürüzlülüğünün (0,29±0,11) renklendirmeden sonra bu değerin üstüne çıktığı görülmüştür.
3. Kompozit gruplarının bukalemun etkisinin değerlendirildiği CAP ölçümlerine bakıldığında gruplar ve derinlikler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Kavite derinliği arttığında CAP değerleri GrandioSo grubu haricinde düşüş göstermiştir.
4. Restorasyondan hemen sonra ve renklendirmeden sonraki ΔE_{00} değerleri kıyaslandığında; restorasyondan sonra Omnichroma kompozit grubunda kavite derinliği arttığında ΔE_{00} değeri yüksek çıkmıştır. Renklendirmeden sonra ise X-tra fil grubunda derinlik arttıkça ΔE_{00} değeri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.
5. Spektrofotometre ve Photoshop yöntemlerinin uyumunun değerlendirilmesinde dört grup haricinde uyumlu bulunmuştur.
6. Pürüzlülük ve renk değişim faktörleri arasında bir korelasyon görülmemiştir.
7. Omnichroma kompozit grubunun derin kavitelerde renk uyumunun düştüğü görülmüştür, materyalin bu yönde bir gelişime ihtiyacı vardır.
8. X-tra fil kompozit grubunun hem daha pürüzlü hem de boyayıcı ajanlarla derin kavitelerde daha fazla renklendiği görülmüştür.

7. KAYNAKLAR

- Abbas G., Fleming G. J, Harrington E., Shortall A. C., Burke F. J. Cuspal Movement and Microleakage in Premolar Teeth Restored with a Packable Composite Cured in Bulk or in Increments. J Dent. 2003; 31(6): 436-444.
- Abdelraouf RM, Habib NA. Color-Matching and Blending-Effect of Universal Shade Bulk-Fill-Resin-Composite in Resin-Composite-Models and Natural Teeth. Biomed Res Int. 2016; 1-8
- Abzal, M. S., Rathakrishnan, M., Prakash, V., Vivekanandhan, P., Subbiya, A., & Sukumaran, V. G. Evaluation of surface roughness of three different composite resins with three different polishing systems. J Conserv Dent. 2016; 19(2): 171.
- Akgül, S., Gündoğdu, C., & Bala, O. Effects of storage time and restoration depth on instrumental color adjustment potential of universal resin composites. J Oral Sci. 2022; 64(1): 49-52.
- Al Sunbul H, Silikas N, Watts DC. Polymerization Shrinkage Kinetics and Shrinkage-stress in Dental Resin-composites. Dent Mater. 2016; 32: 998–1006.
- Al-Nazhan S. SEM Observations of The Attachment of Human Periodontal Ligament Fibroblasts to Non-demineralized Dentin Surface in Vitro. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004; 97(3): 393-397.
- Amaral FLB, Colucci V, Palma-Dıbb RG, Corona SAM. Assessment of in Vitro Methods Used to Promote Adhesive Interface Degradation: a Critical Review. J Esthet Restor Dent. 2007; 19(6): 340-353.
- Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' Science of Dental Materials: Elsevier Health Sciences; 2012
- Anusavice, Kenneth J., Phillips, R. W. Dental Ceramics. Science of Dental Materials. St Louis: WB Saunders, 2003, 655-719.
- Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I. Color Stability of Recent Composite Resins. Odontology. 2017; 105(1): 29-35.
- Ardu, S., Rossier, I., di Bella, E., Krejci, I., & Dietschi, D. Resin Composite Thickness' Influence on L*a*b* Coordinates and Translucency. Clin Oral Investig. 2018; 23: 1583-1586

- Arenholt-Bindslev D. and Horsted-Bindslev P. in Biocompatibility of Dental Materials, ed. G. Schmalz and D. Arenholt-Bindslev, Springer-Verlag, Berlin, 2009; 4: 59-98
- Arikawa H., Kanie T., Fujii K., Takahashi H., Ban S. Effect of Filler Properties in Composite Resins on Light Transmittance Characteristics and Color. Dent Mater J. 2007; 26(1): 38-44.
- Atabek D, Sıllelıoglu H, Olmez A. The Efficiency of a New Polishing Material: Nanotechnology Liquid Polish. Oper Dent. 2010; 35(3): 362-369.
- Awad, D., Stawarczyk, B., Liebermann, A., & Ilie, N. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. J Prosthet Dent. 2015; 113(6): 534-540.
- Aydın, N., S. Karaoğlanoğlu, E. A. Oktay, B. Ersöz. İnvestigation of single shade composite resin surface roughness and color stability. Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg. 2021; 31(2): 207-214.
- Aysan Dİ, Yurdanur U, Üşümez A. Üç Farklı Kaıde Materyalının Farklı Solüsyonlardakı Renk Stabılıtesının Karşılaştırılması. Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg. 2011; (3): 219-225.
- Aytac, F., Karaarslan, E. S., 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): 247-261.
- Balooch M, Wu-Magidi IC, Balazs A, Lundkvist A, Marshall S, Marshall G, Siekhaus W, Kinney J. Viscoelastic properties of demineralized human dentin measured in water with atomic force microscope (AFM)-based indentation. J Biomed Mater Res. 1998; 40: 539-544.
- Barbour M, Rees J. The laboratory assessment of enamel erosion: a review. J Dent. 2004; 32: 591-602.
- Barghi N, Goldberg J. Porcelain shade stability after repeated firing. J Prosthet Dent. 1977; 37(2): 173-175.
- Barutcigil Ç. Estetik Restoratif Materyallerin Çeşitli İçecekler Karşısında Renk Değişikliklerinin İncelenmesi Doktora Tezi. 2010

- Başeren, M. Surface roughness of nanofill and nanohybrid composite resin and ormocer-based tooth-colored restorative materials after several finishing and polishing procedures. J Biomater Appl. 2004; 19(2): 121-134.
- Baumann F., Geck M., Schmidt M., Deubzer B. Monodisperse soluble organo-polysiloxane particles, US 5,854,369, Wacker Chemie GmbH. In: Moszner N., Klapdohr S. 2004.
- Bayne SC, Herman HO, Edward J. Update on dental composites restorations. J Am Dent Assoc. 1994; 125: 687-701.
- Bedran-De-Castro A, Pereıra P, Pımenta L, Thompson J. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. Oper Dent. 2004; 29: 150-156.
- Bentham Instruments. A guide to spectroradiometry. 1997; 2.
- Berns RS. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, Third Ed. Wiley, New York. 2000.
- Beun S., Glorieux T., Devaux J., Vreven J., Leloup G. Characterization of nano-filled compared with universal and microfilled composites. Dent. Mater. J. 2007; 23(1): 51- 59.
- Beyth N, Yudovin-Farber I, Bahir R, Domb AJ, Weiss EI. Antibacterial activity of dental composites containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles against Streptococcus mutans. Biomaterials 2006; 27: 3995-4002.
- Beyth N, Yudovin-Farber I, Perez-Davidi M, Domb AJ, Weiss EI. Polyethyleneimine nanoparticles incorporated into resin composite cause cell death and trigger biofilm stress in vivo. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010; 21; 107(51): 22038-22043.
- Bezgin, T., L. Özer, F. Tulga Öz, and P. Özkan. Effect of toothbrushing on color changes of esthetic restorative materials. J Esthet Restor Dent. 2015; 27: 65-73.
- Brook AH, Smith RN, Lath DJ. The clinical measurement of tooth colour and stain. Int Dent J 2007; 57: 324-330.
- Boaro L. C., Goncalves F., Guimaraes T. C., Ferracane J. L., Versluis A., Braga R. R. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. Dent Mater. 2010; 26(12): 1144-1150.

- Bollen CML, Lambrechts P, Quirynen M, Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent. Mater. 1997; 13(4): 258-269.
- Bowen RL. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of Bis-phenol and glycidyl acrylate. United States, 1962; 3066112
- Bowen RL. Silica-resin direct filling material and method of preparation. United States, 1965; 3194783-3194784
- Brackett WW, Covey D. Resistance to Condensation of Condensable' Resin Composites as Evaluated by a Mechanical Test. Oper Dent. 2000; 25: 424-426.
- Breschi L, Gobbi P, Chersoni S, Mazzotti G, Prati C. Effects of different acid and sodium hypochlorite treatments on dentin collagen: a FEISEM analysis. Am J Dent. 2003; 16: 77-81.
- Breschi L, Gobbi P, Falconi M, Ruggeri A, Mazzotti G, Di Lenarda R, Prati C. Effect of dentinal pretreatments on coronal dentin primary carious lesions: a field emission SEM study. Clin Oral Investig. 2003; 7: 140-147.
- Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. Dent Clin North Am 2004; 48(2): 341-358.
- Bucuta S., Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Investig. 2014;18(8): 1991–2000.
- Burgess J, Walker R, Davidson J. Posterior resin-based composite: review of the literature. Pediatr Dent. 2002; 24: 465-479.
- Campodonico C. E., Tantbirojn D., Olin P. S., Versluis A. Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. J. Am. 2011; 142(10): 1176-1182
- Catelan, A., Briso, A. L. F., Sundfeld, R. H., & Dos Santos, P. H. Effect of artificial aging on the roughness and microhardness of sealed composites. J Esthet Restor Dent. 2010; 22(5): 324-330.

- Checketts, M. R., I. Turkyilmaz, and N. V. Asar. An investigation of the effect of scaling-induced surface roughness on bacterial adhesion in common fixed dental restorative materials. J Prosthet Dent. 2014; 112(5): 1265-1270.
- Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, Lu E. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. Quintessence Int. 2012; 43(8): 649-659
- Chu S.J., Devigus A., Mieleszko A. Fundamentals of Color, Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry, Quintessence Pub. Co., Inc., Chicago, 2004; 14-85
- Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. J Dent 2010; 38(2): 2-16.
- Chu SJ. Clinical steps to predictable color management in aesthetic restorative dentistry. Dent Clin North Am. 2007; 51(2): 473-485.
- Chung, K.-h. Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. Dent Mater. 1994; 10(5): 325-330.
- Cocco AR., da Rosa WLdO., da Silva AF., Lund RG., Piva E. A systematic review about antibacterial monomers used in dental adhesive systems: Current status and further prospects. Dent Mater. 2015; 31: 1345-1362.
- Cochrane, S. The Munsell Color System: A scientific compromise from the world of art. Stud Hist Philos Sci. 2014; 47: 26-41.
- Craig RG. Restorative Dental Materials, ed 11, St Louis 2001, Mosby.
- Cramer N.B., Stansbury J.W., Bowman C.N. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. J. Dent. Res. 2011; 90(4): 402-416.
- Curtis A. R., Palin W. M., Fleming G. J., Shortall A. C., Marquis P. M. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: Characterizing discrete filler particles and agglomerates using a micromanipulation technique. Dent Mater. 2009; 25(2): 180- 187.
- Curtis A., Palin W., Fleming G., Shortall A., Marquis P. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: The impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. Dent Mater J. 2009; 25(2): 188-197.
- Dayangaç B. Kompozit Rezin Restorasyonlar. Ankara, Güneş Kitabevi LTD. Şti. 2000; 1(20): 74-84.

- Dayangaç B. Kompozit rezinler. Kompozit Restorasyonlar. Ankara, Quintessence Yayıncılık; 2011; 2-24.
- De Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. J Esthet Restor Dent. 2021; 33(2): 269-276
- De Almeida Basílio M, Cardoso KV, Antonio SG, Rizkalla AS, Junior GCS, Arioli Filho JN. Effects of artificial aging conditions on yttria-stabilized zirconia implant abutments. J Prosthet Dent. 2016; 116(2): 277-285.
- De Fatima Alves da Costa G, Melo A, de Assuncao I. V, & Borges B. C. D. Impact of additional polishing method on physical, micromorphological, and microtopographical properties of conventional composites and bulk fill. Microsc Res Tech. 2020; 83(3): 211–222.
- De las Heras SM, Valenzuela A, Bellini R, Salas C, Rubino M, Garcia J.A. Objective measurement of dental color for age estimationby spectroradiometry. Forensic Sci Int Genet. 2003; 132: 57-62
- De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res. 2005; 84: 118-132.
- Derdilopoulou FV, Zantner C, Neumann K, Kielbassa A. Evaluation of visual and spectrophotometric shade analyses: a clinical comparison of 3,758 teeth. Int J of Prosthodont. 2007; 20: 414-416.
- Dogan A, Ozcelik S, Dogan OM, Hubbezoglu I, Cakmak M, Bolayir G. Effect of bleaching on roughness of dental composite resins. J Adhes. 2008; 84: 897-914.
- Dozić A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. J Prosthodont 2007; 16(2): 93-100.
- Durand L. B, Ruiz-López J, Perez B. G, Ionescu A. M, Carrillo-Pérez F, Ghinea R, & Pérez M. M. Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. J Esthet Restor Dent. 2021; 33(6): 836-843.
- Eick J. D, Smith R. E, Pinzino C. S, Kostoryz E. L. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. J Dent. 2006; 34(6): 405-410.

- Eltoum N., Bakry N., Talaat D., Elshabrawy S. Microleakage evaluation of bulk-fill composite in class II restorations of primary molars. Alexandria Dent J. 2019; 44(1): 111-116.
- Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M.Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. Dent Mater J. 2010; 29(2): 213-223.
- Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozel S. Surface hardness evaluation of different composite resin materials: influence of sports and energy drinks immersion after a short-term period. J Appl Oral Sci. 2013; 21: 124-131.
- Eroglu E, Küçükesmen HC, Uluhan B. S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi kliniğine müracaat eden hastaların diş rengi dağılımının saptanması. Süleyman Demirel Üni Tıp Fak Derg. 2007; 14(2): 28-32.
- Ertas E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. Dent Mater J. 2006; 25 (2): 371-376.
- Ferracane JL. Current trends in dental composites. Crit Rev Oral Biol Med. 1995; 6(4): 302-318.
- Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater. 2006; 211-222.
- Ferracane JL. Resin composite state of the art. Dent mater. 2011; 27: 29-38.
- Ferracane J. L. Resin-based composite performance: Are there some things we can't predict? Dent Mater. 2013; 29(1): 51-58
- Ferracane J. L., Pfeifer C. S., Hilton T. J. Microstructural features of current resin composite materials. Curr Oral Health Rep. 2014; 1: 205-212.
- Flury S., Hayoz S., Peutzfeldt A., Husler J., Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials. Dent Mater. 2012; 28(5): 521-528.
- Forsten L. Fluoride release and uptake by glass-ionomers and related materials and its clinical effect. Biomaterials 1998; 19: 503-508.
- Gadegaard N. Atomic force microscopy in biology: technology and techniques. Biotech& Histochem. 2006; 81: 87-97.

- Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent. 1999; 27(2): 89-99.
- García AH, Lozano MAM, Vila JC, Escribano AB, Galve PF. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2006; 11: 215- 220.
- Garoushi S, Mangoush E, Vallittu M, Lassila L. Short fiber reinforced composite: A new alternative for directonlay restorations. Open Dent J. 2013; 30: 181-185.
- Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. J Dent. 2010; 38(2): 57-64.
- Giannini M, Di Francescantonio M, Pacheco R. R, Cidreira Boaro L. C, Braga R. R. Characterization of water sorption, solubility, and roughness of silorane and methacrylate-based composite resins. Oper Dent. 2014; 39(3): 264-272.
- Gladwin M. and Bagby M. Clinical Aspects of Dental Materials: Theory, Practice, and Cases, 3rd edn, Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore, 2009
- Gmelin L, Watts H. Hand-book of chemistry. London; Harrison and Sons. 1885; 368-371
- Godoy Fróes-Salgado NR, Gajewski V, Ornaghi BP, Pfeifer CSC, Meier MM, Xavier TA, Braga RR. Influence of the base and diluent monomer on network characteristics and mechanical properties of neat resin and composite materials. Odontology. 2015; 103(2): 160-168.
- Goodacre C, Paravina R, Bergen S, Preston J. A contemporary guide to color and shade selection for prosthodontics. American College of Prosthodontists. 2009.
- Goodkind RJ, Keenan K, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spec- trophotometric color measurements of 100 natural teeth. J Prosthet Dent. 1985; 53(1): 105-109.
- Gómez-Polo C, Muñoz M. P, Lorenzo Luengo M. C, Vicente P, Galindo P, & Martín Casado A. M. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. J Prosthet Dent. 2016; 115(1): 65-70.
- Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. J Dent. 2012; 40: 64-70.

- Guan YH, Lath DL, Lilley T, Willmot D, Marlow I, Brook A. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. J Oral Rehabil. 2005; 32(1): 7-15.
- Guler Au, Duran I, Yücel Ac, Ozkan P. Effects of air-polishing powders on the surface roughness of composite resins. J Dent Sci, 2010; 5(3): 136-143.
- Gungor MB, Nemli SK, Bal BT, Unver S, Dogan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. J Adv Prosthodont. 2016; 8(4): 259-266.
- Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of in vivo natural central incisors. J Prosthet Dent. 2000; 83(4): 418-423.
- Hatrick CD, Eakle WS. Dental Materials: Clinical Applications for Dental Assistants and Dental Hygienists. Saunders, Elsevier, St. Louis Missouri, USA, 2016; 64-95
- http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html
- https://www.tokuyamaturkiye.com/upload/teknik/omnichroma.20.05.2020
- Hung T, Chıang S, Huang C, Lee C, Chıang K. Thermal–mechanical behavior of the bonding wire for a power module subjected to the power cycling test. Microelectron Reliab. 2001; 51: 1819-1823.
- Ibraheem NA, Hasan MM, Khan RZ, Mishra PK. Understanding color models: a review. ARPN J Sci Tec. 2012; 2(3): 265-275.
- Ikejima I, Nomoto R, McCabe JF. Shear punch strength and flexural strength of model composites with varying filler volume fraction, particle size and silanation. Dent Mater. 2003; 19: 206-211.
- Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. Oper Dent. 2013; 38: 618-625
- Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and abilities. Dent Mater 2006; 25: 445-454.
- Ilie N., Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. Dent Mater. 2011; 27(4): 348-355.
- Imazato S. Antibacterial properties of resin composites and dentin bonding systems. Dent Mater. 2003; 19: 449-457.

- Ishikawa-Nagai S., Ishibashi K., Tsuruta O., Weber H.P.: Reproducibility of Tooth Color Gradation Using a Computer Color-Matching Technique Applied to Ceramic Restorations. J. Prosthet. Dent., 2005; 93: 129-137.
- Itota T, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. Dent Mater. 2004; 20: 789-795.
- Iyer RS, Babani VR, Yaman P, Dennison J. Color match using instrumental and visual methods for single, group, and multi-shade composite resins. J Esthet Restor Dent. 2021; 33(2): 394-400
- İnan H, Tamam E, Bağış B. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. Selçuk Üniv Dişhek Fak Derg 2008; 17: 171- 176.
- Jain V, Platt JA, Moore K, Spohr AM, Borges GA. Color stability, gloss, and surface roughness of indirect composite resins. J Oral Sci. 2013; 55(1): 9-15.
- Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. Dent Clin North Am. 1998; 42: 613-627.
- Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. J Dent. 2004; 32(1): 3-12.
- Jokstad A, Bayne S, Blunck U, Tyas M, Wilson N. Quality of dental restorations FDI Commission Project 2–95. Int Dent J. 2001; 51: 117-158.
- Joniot S, Salomon J, 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: 39-46.
- Jose-Luis R. Dental technique-restorations with resin-based, bulk fill composites. AEGIS Communications. 2010; 31
- Jung M. Surface roughness and cutting efficiency of composite finishing instruments. Oper Dent. 1997; 22(3): 98-104
- Junqueira, L. C. Study Designs In: Junqueira, L. C., Carneiro, J., Kelly, R. O. Basic Histology. Seventh Edition, Appleton& Lange, Lange, 1992; 1-17.
- 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. Dent Mater. 2014; 41-78.

- Kakaboura A, Fragoulı M, Rahıotıs C, Sılıkas N. Evaluation of surface characteristics of dental composite using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. J Mater Sci Mater Med, 2007; 18(1): 155-163.
- Kara A. Renk seçiminde dijital algının değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, 2018.
- Karadaş M, & Demirbuğa S. Evaluation of color stability and surface roughness of bulk-fill resin composites and nanocomposites. Meandros Med Dent J. 2017; 18(3): 199.
- Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. [Choice of color in dentistry]. Hacettepe Diş Hek Fak Derg. 2009; 33(4): 52-58.
- Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. Quintessence Int. 1991; 733-737.
- Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. Br Dent J 2007; 203(12): 675-80
- Kılıç V, Gök A. Effect of different polishing systems on the surface roughness of various bulk-fill and nano-filled resin-based composites: An atomic force microscopy and scanning electron microscopy study. Microsc Res Tech. 2021; 84(9): 2058-2067.
- Kianvash Rad N., Javid B., Panahandeh N., Ghasemi A., Kamali A., Mohammadi G. Microleakage of bulk-fill composites at two different time points. J Dent Sch. 2016; 34(4): 225-234.
- Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. J Prosthet Dent 2009; 101(3): 193-199.
- Kocaagaoglu H, Aslan T, Gürbulak A, Albayrak H, Taşdemir Z, Gumus H. Efficacy of polishing kits on the surface roughness and color stability of different composite resins. Niger J Clin Pract. 2017; 20(5): 557-565
- 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: 44-50.

- Kurt M, Turhan Bal B, Bal C.Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. Turkiye Klinikleri J Dental Sci. 2016; 22(2): 130-146.
- Kwon Y., Ferracane J., Lee I. B. Effect of layering methods, composite type, and flowable liner on the polymerization shrinkage stress of light cured composites. Dent Mater. 2012; 28(7): 801-809.
- Lazar R, Culic B, Gasparik C, Lazar C, & Dudea D. The accuracy of dental shade matching using cross-polarization photography. Int J Comput Dent. 2019; 22(4): 343-51.
- Lazarchik D. A, Hammond B. D, Sikes C. L, Looney S. W, Rueggeberg F. A. Hardness comparison of bulk-filled/transtooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. J Prosthet Dent. 2007; 98(2): 129-140.
- Lee Y-K, Lu H, Powers JM. Measurement of opalescence of resin composites. Dent Mater. 2005; 21(11): 1068-1074.
- Leinfelder K. F, Bayne S. C, Swift E. J. Jr. Packable composites: Overview and technical considerations. J Esthet Dent. 1999; 11(5): 234-249.
- Leprince J, Palin W. M, Mullier T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. J Oral Rehabil. 2010; 37(5): 364-376.
- Liebermann A, Roos M, Stawarczyk B. The Effect of Different Storage Media on Color Stability of Self-Adhesive Composite Resin Cements for up to One Year. Materials (Basel). 2017; 10(3): 300
- Lima A. F, Soares G. P, Vasconcellos P. H, Ambrosano G. M, Marchi G. M, Lovadino J. R, & Aguiar F. H. Effect of surface sealants on microleakage of Class II restorations after thermocycling and long-term water storage. J Adhes Dent. 2011; 13(3): 249-254.
- Lowe RA. The search for a low-shrinkage direct composite. Oral Health J. 2010; 6: 78-82.
- Lu, H, Roeder L. B, Powers J. M. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. J Esthet Restor Dent. 2003; 15(5): 297-303.
- 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.

- Lu H, & Powers J. M. Color stability of resin cements after accelerated aging. Am J Dent. 2004; 17(5): 354–358.
- Lutz F, Phillips R. W. A classification and evaluation of composite resin systems. J Prosthet Dent. 1983; 50(4): 480-488.
- Lynch CD. Successful Posterior Composites 2008, QuintEssential.
- Manhart J., Kunzelmann K. H., Chen H. Y., Hickel R. Mechanical properties and wear behaviour of light-cured packable composite resins. Dent Mater. 2000; 16(1): 33-40.
- Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. J Biomed Mater Res. 2000; 53(4): 353-361.
- Marghalani HY. Effect of finishing/polishing systems on the surface roughness of novel posterior composites. J Esthet Restor Dent. 2010; 22(2): 127–138.
- McCabe JF, Walls AWG. Applied dental materials. 8th Ed. Oxford, England: Blackwell Scientific Pub, 2000; 87-178.
- Mccaslin AJ, Haywood VB, Potter BJ, Dickinson GL, Russell CM. Assessing dentin color changes from nightguard vital bleaching. J Am Dent Assoc. 1999; 130(10): 1485-1490.
- McLaren EA, Figueira J, Goldstein RE. A technique using calibrated photography and photoshop for accurate shade analysis and communication. Compendium of continuing education in dentistry. 2017; 38(2): 106-113.
- McLaren EA, Garber DA, Figueira J. The Photoshop Smile Design technique (part 1): digital dental photography. Compend Contin Educ Dent. 2013; 34(10): 772-776.
- Miletic V. Development of dental composites. In: Dental composite materials for direct restorations. Springer; 2018; 3-9.
- Mitchell C. Dental Materials in Operative Dentistry, QuintEssential, 2008
- Mitra S. B., Wu D., Holmes B. N. An application of nanotechnology in advanced dental materials. J Am Dent Assoc. 2003; 134(10): 1382-1390.
- Miyajiwala JS, Kheur MG, Patankar AH, Lakha TA. Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. J Indian Prosthodont Soc. 2017; 17(3): 273.

- Miyasaka M, Miura H, Nagatomi H, Yoshimine M. The effects of various finishing materials on the gloss and the color change of indirect prosthetic resin composites. J Med Dent Sci. 2008; 55(1): 1-6.
- Moraes RR, Gonçalves LS, Lancellotti AC, Consani S, Correr- Sobrinho L, Sinhoretti MA. Nanohybrid resin composites: Nanofiller loaded materials of traditional microhybrid resins? Oper Dent. 2009; 34: 551-557.
- Morgan M. Finishing and polishing of direct posterior resin restorations. Pract Proced Aesthet Dent. 2004; 16(3): 211-234.
- Moszner N, Salsz U. Composites for Dental Restoratives. In: Shalaby SW, Salsz U, editors. Polymers for Dental and Orthopedic Applications. NW, USA: Taylor & Francis Group. 2007; 14-58
- Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. Progress in polymer science 2001; 26: 535-576.
- Moszner N., Fischer U. K., Ganster B., Liska R., Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. Dent Mater. 2008; 24(7): 901-907.
- Moszner N., Ulrich S. New developments of polymeric dental composites. Prog Polym Sci. 2001; 26: 535-576.
- Munsell AH. A Color Notation, 1905; 1907; With New Preface, 1913; 1916. Boston, MA: Geo. H. Ellis Co.; 1919.
- Müdüroğlu R, Çongara Kivrak T, Nalçaci A. Methods and devices used in color determination. Cumhur Dent J. 2018; 21(1): 61–69.
- Nahsan FP,Mondelli RF,Franco EB,Naufel FS,Ueda JK, Schmitt VL, et al. Clinical strategies for esthetic excellence in anterior tooth restorations: understanding color and composite resin selection. J Appl Oral Sci 2012; 20: 151-156.
- Napadłek, P, Bogucki, Z. A, & Dąbrowa, T. Clinical aspects of comparative spectrophotometric analysis in the selection of the colour of acrylic teeth in removable dentures. J Stomatol. 2018; 71(6): 497-501.
- Nayatani Y. Why Two Kinds of Color Order Systems Are Necessary?. Color Research and Application, 2005; 30: 295-303.

- Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC. Fluid exchange at the margins of dental restorations. J Am Dent Assoc. 1952; 44(3): 288-295.
- Neme A, Frazier KB, Roeder L, Debner T. Effect of prophylactic polishing protocols on the surface roughness of esthetic restorative materials. Oper Dent. 2002; 27: 50-58.
- Neme AL. Polymeric Restorative Materials. In: O'Brien WJ, editor. Dental Materials and Their Selection. 3rd. ed. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co Inc, 2002; 113-132
- Nickerson D. History of the Munsell color system and its scientific application. J Opt Soc Am. 1940; 30: 575.
- Noort vR. Introduction to dental materials, ed 3, St Louis 2007, Mosby.
- O'Brien WJ. Dental Materials and Their Selection. 3th Ed., Kanada, Quintessence Publishing Co Inc. 2002; 90-110
- Ohara N, Koizumi H, Matsumoto Y, Nakayama D, Ogino T, & Matsumura, H. Surface roughness and gloss of indirect composites etched with acidulated phosphate fluoride solution. Odontol Acta. 2009; 67(5): 313-320
- Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. J Prosthet Dent. 1998; 80(6): 642-648.
- Oliveira G, Mondelli R, Charantola Rodrigues M, Franco E, Ishikirama S, Wang L. Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. J Appl Oral Sci. 2012; 20(5): 510-516.
- Omar H, Atta O, El-Mowafy O, Khan S. Effect of CAD–CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. J Dent 2010; 38(1): 95-99.
- Osama F.S, Evaluatıon Of The Surface Roughness And Mıcrohardness Of Three Bulk Fıll Nonflowable Resın Composıtes In Comparıson To One Conventıonal Resın Composıte After Polıshıng Wıth Dıfferent Polıshıng Systems (Doktora Tezi, Yeditepe Üniversitesi), 2015; 38-47
- Öztürk E. ve Güder G., Correlation between three-dimentional surface topography and color stability of different nanofilled composites. Scanning. 2015; 37(6): 438-445.

- Pala K, Tekçe N, Tuncer S, Serim M. E, & Demirci M. Evaluation of the surface hardness, roughness, gloss and color of composites after different finishing/polishing treatments and thermocycling using a multitechnique approach. Dent Mater J. 2016; 35(2): 278-289.
- Par M., Gamulin O., Marovic D., Klaric E., Tarle Z. Raman spectroscopic assessment of degree of conversion of bulk-fill resin composites changes at 24 hours post cure. Oper Dent. 2015; 40(3): 92-101.
- Paravina R.D, Westland S, H.Imani F, Kimura M, Powers J.M. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. Dent Mater. 2006; 22 (4) 299-307.
- Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez Mdel M. Color difference thresholds in dentistry. J Esthet Restor Dent. 2015; 27(1): 1-9.
- Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. Odontology. 2005; 93: 46-51.
- Paravina RD, Powers JM FR. Dental color standards: shade tab arrangement. J Esthet Restor Dent. 2001; 13(4): 254-263.
- Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. 1st ed. St Louis: Elsevier Mosby. 2004; 3-170.
- Paravina, R. D., Westland, S., Kimura, M., Powers, J. M., & Imai, F. H. Color interaction of dental materials: Blending effect of layered composites. Dent Mater. 2006; 22(10): 903–908.
- Paravina R. D, Ontiveros J. C, & Powers J. M. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites. J Esthet Restor Dent 2004; 16(2): 117.
- Park J-H, Lee Y-K, Lim B-S. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. J Prosthet Dent. 2006; 96(6): 402-411.
- Parker S, Braden M. Water absorption of methacrylate soft lining materials. Biomaterials 1989; 10: 91-95.

- Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, Shen C. The effect of surface finishing and storage solutionson the color stability of resin-based composites. J Am Dent Assoc 2004; 135(5): 587-594.
- Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle C.H. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res, 2002; 81: 578-582.
- Payne J. H. 4th. The marginal seal of class II restorations: Flowable composite resin compared to injectable glass ionomer. J Clin Pediatr Dent. 1999; 23(2): 123-130.
- 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.
- Pereira SG, Osorio R, Toledano M, Cabrerizo-Vílchez MA, Nunes TG, Kalachandra S. Novel light-cured resins and composites with improved physicochemical properties. Dent Mater. 2007; 23: 1189-1198.
- Perez MM, Ghinea R, Ugarte-Alvan LI, Pulgar R, Paravina RD. Color and translucency in siorane-based resin composite compared to universal and nanofilled composites. J Dent. 2010; 38: 110-116.
- Perez MM, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIE Lab ΔE CIEDE 2000 color differences of resin composites. Dent Mater.; 26(1); 21- 28, 2007.
- Peşkersoy C., Yıldırım G., Özata F., Önal B. Üç farklı akışkan kompozitin ve bir kendinden adezivli akışkan kompozitin sınıf V restorasyonlardaki mikrosızıntı değerlerinin in vitro olarak incelenmesi. EU Dişhek Fak Derg. 2013; 34: 99-104.
- Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. Eur J Oral Sci1 1997; 105(2): 97-116
- Phillips RW, Avery DR, Mehra R, Swartz ML, McCune RJ. Observations on a composite resin for class II restorations: three-year report. J Prosthet Dent. 1973; 30: 891-897.
- Pilo R, Oelgiesser D, Cardash HS. A survey of output intensity and potentiel of depth of cure amoung light-curing units in clinical use. J Dent 1999; 27: 235-241.
- Plataniotis KN, Venetsanopoulos AN. Color Image Processing and Applications: Springer Science & Business Media. 2013.

- Price RB, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a second-generation LED curing light. J Can Den Assoc. 2003; 69: 666
- Pokus LT, Placido E, Cardoso PEC. Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of Class II composite resin restorations. Dent Mater. 2004; 20: 726-732**.**
- Powers J, Sakaguchi R. Craigs. Restorative dental materials. 12th ed. St. Louis: Mosby 2006: 236-240.
- Powers JM, Sakaguchi RL. Optical, Thermal, and Electrical Properties, In: Craig's Restorative Dental Materials, Twelfth Edition, Mosby, Missouri. 2006; 28-50.
- Powers JM, Sakaguchi RL. Resin Composite Restorative Materials, In:Craig's Restorative Dental Materials, Twelfth Edition, Mosby, Missouri. 2006; 190-212.
- Powers JM, Sakaguchi RL. Resin Composite Restorative Materials, In:Craig's Restorative Dental Materials, Twelfth Edition, Mosby, Missouri. 2012; 147-190
- Prasad and N. Sarkar, in Contemporary Dental Materials, ed. V. B. Dhuru, Oxford University Press, Oxford, 2004
- Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. Dent clin North Am. 2007; 51(3): 659-675.
- Rafael CF, Cesar PF, Fredel M, de Souza Magini R, Liebermann A, Volpato CAM. Impact of laboratory treatment with coloring and fluorescent liquids on the optical properties of zirconia before and after accelerated aging. J Prosthet Dent. 2018; 120(2): 276-281.
- Rasras RJ, El Emary IM, Skopin DE. Developing a new color model for image analysis and processing. Comput. Sci. Inf. Syst. 2007;4(1): 43-55.
- Rebholz-Zaribaf N., Özcan M. Adhesion to zirconia as a function of primers/ silane coupling agents, luting cement types, aging and test methods. J Adhes Sci Technol. 2017; 31: 1408-1421.
- 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
- Ristic I, P.R. Color measuring instruments. Acta Stomatologica Naissi 2009; 25: 925-932.

- Roberson TM, Heymann HO, Ritter AV. Introduction to Composite Restorations, In: Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, Eds; Roberson, T. M., Heymann H. O., Swift E. J., Fourth Edition., Mosby Inc, Missouri. 2002; 488-499
- Roberson TM, Heymann HO. Ritter AV. Introduction to composite restorations. Sturdevant"s Art&Science of Operative Dentistry. St. Louis: Mosby, 2002; 473-499.
- Roberson TM, Heymann OH, Swift EJ Jr. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. 5th ed. St. Louis Missouri: Mosby, 2006; 67-134.
- Rocha RS, Oliveira AC, Caneppele TMF, Bresciani E. Effect of Artificial Aging Protocols on Surface Gloss of Resin Composites. Int J Dent. 2017; 1-6.
- Romney AK, Indow T. Estimating physical reflectance spectra from human color-matching experiments. Proc Natl Acad Sci U S A. 2002; 99(22): 14607-14610
- Rosenstiel S.F., Porter S.S., Johnston W.M. Colour Measuruments of All Ceramic Crown System. J Oral Rehab. 1989; 16: 491-501.
- Ruivo M. A, Pacheco R. R, Sebold M, & Giannini M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. Microsc Res Tech. 2019; 82(10): 1756–1767.
- Özgünaltay G, Yazici A, Görücü J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. J Oral Rehabil. 2003; 30: 218-224.
- Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials e-book: Elsevier Health Sciences; 2012.
- Saku S, Kotake H et al. Antibacterial activity of composite resin with glass-ionomer filler particules. Dent Mater 2010; 29: 193-198.
- Salerno M., Derchi G., Thorat S., Ceseracciu L., Ruffilli R., Barone A. C. Surface morphology and mechanical properties of new-generation flowable resin composites for dental restoration. Dent Mater. 2011; 27(12): 1221-1228.
- Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. Crit Rev Oral Biol Med. 2001;12(2):136-51
- Santini A., Gallegos I. T., Felix C. M. Photoinitiators in dentistry: A review. Prim Dent J. 2013; 2(4): 30-33.

- Sarıkaya I, Güler AU. Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. Türkiye Klinikler J Dental Sci. 2009; 15(2): 118-29.
- Saygılı G, Şahmalı S, Demirel F. Changes in the mechanical properties of tooth-colored direct restorative materials in relation to time. Polym Adv Technol. 2003; 14: 616-622.
- Saunders S. A. Current practicality of nanotechnology in dentistry. Part 1: Focus on nanocomposite restoratives and biomimetics. Clin Cosmet Investig Dent. 2009; 1: 47- 61.
- Schweikl H., Schmalz G., Weinmann W. The induction of gene mutations and micronuclei by oxiranes and siloranes in mammalian cells in vitro. J Dent Res. 2004; 83(1): 17-21.
- Seghi RR, Johnston WM, O'Brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. J Prosthet Dent 1986; 56(1): 35-40.
- Senawongse, P, & Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. J Esthet Restor Dent. 2007; 19(5): 265-273.
- Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. Journal of lasers in medical sciences. 2018; 9(1): 27.
- Shiozawa M, Takahashi H, Asakawa Y, Iwasaki N. Color stability of adhesive resin cements after immersion in coffee. Clin Oral Investig. 2015; 19(2): 309-317.
- Sideridou I., Tserki V., Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. Biomaterials. 2002; 23(8): 1819-1829.
- Silikas N, Kavvadia K, Eliades G, Watts D. Surface characterization of modern resin composites: A multitechnique approach. Am J Dent. 2005; 18: 95–100.
- Silva PM, Acosta EJ, Jacobina M, Pinto LR, Porto VC. Effect of repeated immersion solution cycles on the color stability of denture tooth acrylic resins. J Appl Oral Sci. 2011; 19(6): 623-627.
- Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. J Prosthet Dent 2001; 86(5): 453-457.

- Stawarczyk B, Ozcan M, Trottmann A, Schmutz F, Roos M, Hammerle C. Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. J Prosthet Dent. 2013; 109(5): 325-332.
- Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO & Sturdevant JR. The Art and Science of Operative Dentistry. 3rd edition, St. Louis: Mosby-Year Book Inc, 1995; 252-263.
- Sturdevants CM et al. The art and science of operative dentsitry, ed 5, St Louis, Missouri 2006, Mosby.
- Suh YR, Ahn JS, Ju SW, Kim KM. Erratum to: Influences of filler content and size on the color adjustment potential of non-layered resin composites Influences of filler content and size on the color adjustment potential of nonlayered resin composites. Dent Mater J. 2018; 37(6): 1023.
- Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS. Fundamentals of operative dentistry. A contemporary approach, ed 3, Illinois 2006, Quintessence Publishing Co. Inc.
- Swift EJ. Ask the experts: Nanocomposites. J Esthet Restor Dent. 2005; 17(1): 3-4
- Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. Clin Oral Investig. 2015; 19: 831-840.
- 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.
- Torry S, Campbell A, Cunliffe A, Tod D. Kinetic analysis of organosilane hydrolysis and condensation. International journal of adhesion and adhesives 2006; 26: 40-49.
- Trakyalı G. Diş Rengi Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler Methods Used For Tooth Color Determination. 2013; 34(1): 1-10.
- Turgut S, Bağış B. [Color in dentistry and color measuring methods]. J Dent Fac Atatürk Uni 2012; 5: 65-75.

- Turgut S, Kılınç H, Ulusoy KU, Bagis B. The Effect of Desensitizing Toothpastes and Coffee Staining on the Optical Properties of Natural Teeth and Microhybrid Resin Composites: An In-Vitro Study. Biomed Res Int. 2018; 23: 9673562
- Turssi C. P., Ferracane J. L., Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. Biomaterials. 2005; 26(24): 4932-4937.
- Türkün Ş. Dünden bugüne kompozit rezinler. Research Gate 2015; 14-22
- Türkün LS, Türkün M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. Oper Dent. 2004; 29(2): 203-211
- Üçtaşli M. B, Eligüzeloğlu E, Arisu H. D, Özcan S, Ömürlü, H, & Çinar, S. İki Farklı Bitirme ve Parlatma Sisteminin Farklı Viskozitedeki Akışkan ve Mikrodolduruculu Kompozit Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. Turkiye Klinikleri J Den Sci, 2008; 14(2): 75-79.
- Van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. J Prosthet Dent. 1990; 63(2): 155-162
- Van Noort R. Introduction to dental materials. 4th ed. China: Mosby Elsevier; 2013; 73-75.
- Vancso J, Schön P, Duvigneau J. What's New in Atomic Force Microscopy of Polymers An Update, Microscopy and Analysis, 2009; 120: 5-11.
- Varghese D. Color Calibrated High Dynamic Ranged Timelapse Video using Remote Capture. 2014.
- Wakefield CW, Kofford KR. Advances in restorative materials. Dent Clin North Am. 2001; 45: 7-29.
- Wang R., Wang Y. Depth-dependence of Degree of Conversion and Microhardness for Dual-cure and Light-cure Composites. Oper Dent. 2020; 1(45): 396-406.
- Watanabe T, Miyazaki M, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, Ando S. Influence of polishing duration on surface roughness of resin composites. J Oral Sci**.** 2005; 47: 21-25.

- Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. Dent Mater. 2006; 22(6): 553–559.
- Wee AG. Description of Color, Color Replication Process, and Esthetics. In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J, eds. Contemporary Fixed Prosthodontics. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2006; 709-739.
- Weinmann W, Thalacker C, Guggenberg R. Silorane an dental composites. Dent Mater 2005; 21: 68-74.
- Weitman RT, Eames WB. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J Am Dental Assoc. 1975; 91: 101-106.
- Whıtehead Sa, Shearer Ac, Watts Dc, Wılson Nh. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. J. Oral Rehabil. 1995; 22(6): 421-427.
- Wolter H., Storch W., Ott H. New inorganic/organic copolymers (ORMOCERs) for dental applications. Mater Res Soc Symp Proc. 1994; 346: 143-149.
- Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. Biomaterials 2003; 24: 2451-2461.
- Yanıkoglu N, Duymus Z, Yılmaz B. Effects of different solutions on the hardness of composite resin materials. Dent Mater J, 2009; 28(3): 344-351.
- Yannikakis SA, Zissiz AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. J Prosthet Dent. 1998; 80(5): 533-539.
- Yap A, Tham S, Zhu L, Lee H. Short-term fluoride release from various aesthetic restorative materials. Oper Dent. 2002; 27: 259-265.
- Yap A, Color Attributes and Accuracy of Vita-based Manufacturers' Shade Guides. Oper. Dent., 1998; 23: 266-271.
- Yap A, Chew C, Ong L, Teoh S. Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives. J Oral Rehabil. 2002; 29: 87-97.
- Yap A, Yap S, Teo C, Ng J. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. Oper Dent- University of Washıngton. 2004; 29: 275-279.
- Yazici AR, Celik C, Ozgünaltay G. Microleakage of different resin composite types. Quintessence Int. 2004; 35(10): 790-794.

- Yılmaz K, Ozkan P. Profilometer evaluation of the effect of various polishing methods on the surface roughness in dental ceramics of different structures subjected to repeated firings. Quintessence Int, 2010; 41(7): 41-47.
- Zaimoglu A, Can G. Dis Hekimliginde Maddeler Bilgisi, Ankara. 1993
- Zhou X., Huang X., Li, M., Peng, X., Wang, S., Zhou, X., & Cheng, L. Development and status of resin composite as dental restorative materials. J Appl Polym Sci. 2019; 48180.
- Zuffi S, Beretta G, Brambilla C. A color selection tool for the readability of textual information on Web pages. Paper presented at: Internet Imaging VII, 2006.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

İsim Soyisim: Emine Betül YAVUZ

Doğum Tarihi:

Doğum Yeri:

Eğitim Bilgileri

	Mezun olduğu kurumun adı	Mezuniyet yılı
Uzmanlık	Marmara Üniversitesi	2022
Lisans	Hacettepe Üniversitesi	2014
Lise	Tokat Anadolu Öğretmen Lisesi	2008

Çalışma Bilgileri

	Kurum	Yıl
Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi	2018-Devam Ediyor
Diş Hekimi	Sultangazi A.D.S.M	2017-2018
Diş Hekimi	Özel Naturadent Diş Polik.	2016-2017

Yabancı Dilleri

	Okuduğunu anlama	Konuşma	Yazma
İngilizce	İyi	Orta	İyi

Üyelikleri

Kurum	Tarih
İstanbul Diş Hekimleri Odası (İDO)	2016-
Restoratif Diş Hekimliği Derneği (RDD)	2019-

Uluslararası Kongre Bildirileri

Hakemli Kongre/Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar:

1. 13-14 Kasım 2020, 3.Çürümeden Koru Sempozyumu; Recontoure and diastema closure in maxillary lateral teeth with direct composite restorations: case report. Emine Betül YAVUZ, Cafer TÜRKMEN (Sözel Bildiri)

2. 6-8 Aralık 2019, Restoratif Diş Hekimliği Derneği 23. Uluslararası Bilimsel Kongresi; Anterior bölgede görülen diastema tedavisinin kompozit rezin ile restorasyonu, olgu sunumu. Emine Betül YAVUZ, Cafer TÜRKMEN (Poster Sunumu)

Katıldığı Kongre, Sempozyumlar ve Kurslar

1. Estetik Diş Hekimleri Derneği 22. Uluslararası Kongresi (2018 İstanbul)
2. Restoratif Diş hekimleri Derneği 23. Uluslararası Kongresi (2019 Antalya)
3. III. Çürümeden Koru Sempozyumu (2020 Online-International)
4. Prof. Dr. Erhan ÇÖMLEKOĞLU eğitmenliğinde ‘’Gülme Tasarımı ve Lamine Venerler’’ (2021 İstanbul)