



**TAMİR İÇİN KULLANILAN KOMPOZİT REZİNLERİN RENK
UYUMLARINA FARKLI AYDINLATMALARIN METAMERİK ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Nursima TOPKAYA

**UZMANLIK TEZİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

KASIM 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nursima TOPKAYA

21.11.2023

TAMİR İÇİN KULLANILAN KOMPOZİT REZİNLERİN RENK UYUMLARINA FARKLI AYDINLATMALARIN METAMERİK ETKİSİNİN İNCELENMESİ

(Uzmanlık Tezi)

Nursima TOPKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Kasım 2023

ÖZET

Bu *in vitro* çalışmada, farklı marka-aynı renk ya da bukalemun etkisi gösteren kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler ile aynı marka-aynı renk kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler arasındaki renk farkına farklı aydınlatmaların metamerik etkisinin incelenmesi amaçlandı. Çalışmada üç adet nanofil (Omnichroma, Estelite Sigma Quick, Filtek Ultimate), bir adet nanohibrit kompozit rezin (Spectra ST HV) kullanıldı. Tamir edilecek restorasyonu ve tamir kompozit rezinini taklit etmek için kullanılan kompozit rezinlerin farklı kombinasyonları kullanılarak toplam 16 grup elde edildi (n=12). Her bir kompozit rezin dış çapı 10 mm, iç çapı 4 mm, yüksekliği 2 mm olan çember şeklindeki teflon kalıplara yerleştirildi. Polimerizasyonun ardından aynı numuneler dış çapı 10mm, yüksekliği 2 mm olan disk şeklindeki farklı bir teflon kalıba alınarak, ortada bulunan boşluğa dış halkayla aynı marka-aynı renk veya farklı marka-aynı renk/bukalemun etkili kompozit rezin düzgünce yerleştirilerek polimerize edildi. Elde edilen örneklerin renk parametreleri D65, F2 ve A aydınlatması altında, spektrofotometre ile ölçüldü. Mevcut restorasyon ile aynı marka-aynı renk kompozit rezin ile tamir edilen grupların translüsensi parametresi (TP) hesaplanıp, spektral yansıma eğrileri çizildi. Mevcut restorasyonun aynı veya farklı marka kompozit rezin ile tamir edilmesini taklit eden gruplar arasındaki renk farkı (ΔE) ve metamerik indeks (MI) değeri farklı aydınlatıcılar altında hesaplandı. Grupların TP değerleri en düşük 9,79, en yüksek 13,94 olarak hesaplandı. Tüm kompozit rezinlerin spektral yansıma eğrilerinin kesişme noktaları mevcut olup, eğriler yaklaşık olarak 400-410 nm dalga boyundan itibaren yükselme eğilimindedir. Dış halkada Estelite Sigma Quick (EST) kullanılanlar hariç, gruplar en yüksek L^* değerini A aydınlatması, en düşük L^* değerini ise D65 aydınlatması altında verdi. Tüm gruplar en yüksek a^* değerlerini A aydınlatması, en yüksek b^* değerlerini ise F2 aydınlatması altında verdi. D65 aydınlatmasına göre A aydınlatması altında L^* , a^* (tüm grupların) ve b^* değerleri (bir grup hariç) değerleri arttı. D65 aydınlatmasına göre F2 aydınlatması altında L^* ve b^* değerleri arttı, a^* değerleri azaldı. Bu tez çalışmasında elde edilen ΔE ve MI değerleri için belli bir aydınlatıcıya göre belli bir dağılım görülmedi. ΔE değerleri kompozit rezine ve aydınlatıcı türüne göre değişiklik gösterdi. Sonuç olarak eski restorasyonun ve tamir için kullanılacak olan kompozit rezinin D65 aydınlatması altındaki renk parametrelerinin bilinmesi; elde edilecek restorasyonun farklı aydınlatmalar altındaki görünümünün tahmin edilmesini kolaylaştıracaktır.

Bilim Kodu : 10101.08
Anahtar Kelimeler : Estetik, Kompozit dental rezin, Metamerizm, Renk, Translüsensi
Sayfa Adedi : 90
Danışman : Prof. Dr. Hacer DENİZ ARISU

EVALUATION OF THE METAMERIC EFFECT OF DIFFERENT ILLUMINANTS ON THE COLOR MATCH OF REPAIR COMPOSITE RESINS

(Speciality Thesis)

Nursima TOPKAYA

GAZİ UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

November 2023

ABSTRACT

This in vitro study aimed to examine the metameric effect of different illumination on the color difference between composite resins that were repaired with different brands-same color/chameleon effect composite resin and the composite resins that were repaired with the same brand-same color composite resin. Three nanofiller (Omnichroma, Estelite Sigma Quick, Filtek Ultimate) and one nanohybrid (Spectra ST HV) composite resin were used in the study. A total of 16 groups were obtained using different combinations of composite resins used to mimic the restoration to be repaired and the repair composite resin (n=12). Each composite resin was placed in circular teflon molds with an outer diameter of 10 mm, an inner diameter of 4 mm and a height of 2 mm. After polymerization, the same samples were taken into a different disc-shaped teflon mold with an outer diameter of 10 mm and a height of 2 mm, and polymerized by neatly placing the same brand-same color or different brand-same color/chameleon effect composite resin with the outer ring, into the the middle gap. Color parameters of the obtained samples were measured with a spectrophotometer under D65, F2 and A illuminations. The translucency parameter (TP) of the groups repaired with the same brand-same color composite resin was calculated and spectral reflectance curves were drawn. The color difference (ΔE) and metameric index (MI) value between the groups were calculated under different illuminants, simulating the repair of the existing restoration with the same or different brand composite resin. TP values of the groups were calculated as the lowest was 9,79 and the highest was 13,94. There are intersection points and the curves tend to increase at after approximately 400-410 nm wavelength for all composite resins. Except for those using Estelite Sigma Quick (EST) in the outer ring, the groups gave the highest L^* value under A illumination and the lowest L^* value under D65 illumination. All groups gave the highest a^* values under A illumination and the highest b^* values under F2 illumination. Compared to D65 illumination, under A illumination L^* , a^* (for all groups) and b^* values (except one group) increased. Compared to D65 illumination, under F2 illumination, L^* and b^* values increased, a^* values decreased. No specific distribution was observed for ΔE and MI values for a particular illuminant. ΔE values varied depending on the composite resin and illuminant type. As a result, knowing the color parameters of the old restoration and the repair composite resin under D65 illumination will make to predict the appearance of the restoration under different illuminations easier.

Science Code : 10101.08

Key Words : Color, Composite dental resin, Esthetics, Metamerism, Translucency

Page Number : 90

Supervisor : Prof. Dr. Hacer DENİZ ARISU

TEŞEKKÜR

Öğrencilik hayatım, uzmanlık eğitimim ve tez dönemimde bilgisini, tecrübesini benimle paylaşan, öğrencisi olduğum için kendimi şanslı hissettiğim, her zaman bana yol gösterip, destek olan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Hacer DENİZ ARISU'ya,

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Mine Betül ÜÇTAŞLI, Prof. Dr. Oya BALA, Prof. Dr. Suat ÖZCAN, Dr. Öğr. Üyesi Cemile KEDİCİ ALP, Doç. Dr. Sinem AKGÜL, Doç. Dr. Hanife ALTINIŞIK, Öğr. Gör. Melike AYDOS EKİZ'e,

Her zaman yanımda olan, beraber çalışmaktan keyif aldığım, mutluluğu ve zorlukları beraber karşıladığımız çok kıymetli dostlarım Uzm. Dt. Beyza ARSLANDAŞ DİNÇTÜRK, Dt. Ayşenur ALTUĞ YILDIRIM, Dt. Güldane Kurt KAYAN'a,

Değerli çalışma arkadaşlarım Dt. Evrim KAYA, Dt. Cansu DAĞDELEN AHISHA, Dt. İlke ÇOKKEÇEÇİ ve Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda uzmanlık ve doktora eğitimi alan tüm asistan arkadaşlarıma,

Benden sevgisini, ilgisini, emeğini ve desteğini hiç esirgeyemeyen, bugünlere gelmemde sonsuz katkıları olan, emeklerini asla ödeyemeyeceğim çok değerli babam Mehmet ARSLANOĞLU, annem Serpil ARSLANOĞLU, ablam Merve ÇARDAK'a,

Tez sürecime teknik katkılar sunan, hayatımı her alanda kolaylaştıran, sevgisini her zaman hissettiğim, bu süreçteki en büyük destekçim, biricik eşim Emin Mete TOPKAYA'ya

Sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Estetik	3
2.2. Renk Kavramı	3
2.2.1. Renk sistemleri	4
2.2.2. Renk tespit yöntemleri.....	7
2.3. Metamerizm.....	9
2.4. Kompozit Resinler.....	10
2.4.1. Kompozit resinlerin genel özellikleri	10
2.4.2. Kompozit resinlerin sınıflandırılması.....	12
2.4.3. Özelleşmiş kompozit resinler	17
2.4.4. Dişlerin optik özellikleri.....	19
2.5. Çalışmanın Amacı ve Sıfır Hipotezleri	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	21
3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Resinler	21
3.2. Numunelerin Hazırlanmasında Kullanılan Kalıplar	22

	Sayfa
3.3. Gruplarının Hazırlanması ve Renk Ölçümleri	23
3.4. Translüsensi Parametresinin Hesaplanması	25
3.5. Spektral Grafiklerin Oluşturulması.....	25
3.6. Metamerik İndeksin Hesaplanması.....	27
3.7. İstatistiksel Analiz.....	28
4. BULGULAR	29
4.1. Tranlüsensi Parametresi Bulguları	29
4.2. Spektral Bulgular	29
4.3. A Gruplarının Bulguları	30
4.4. B Gruplarının Bulguları	37
4.5. C Gruplarının Bulguları	44
4.6. D Gruplarının Bulguları.....	51
5. TARTIŞMA.....	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler.....	21
Çizelge 3.2. Aynı kompozit rezin kullanılarak yapılan tamir işlemini taklit edecek kontrol grupları.....	26
Çizelge 3.3. Farklı bir kompozit rezin kullanılarak yapılan tamir işlemini taklit edecek gruplar	26
Çizelge 4.1. Kontrol gruplarının translüsensi parametreleri	29
Çizelge 4.2. D65, F2 ve A aydınlatmaları altında A_0 , A_1 , A_2 , A_3 gruplarının L^* , a^* , b^* değerleri.....	30
Çizelge 4.3. D65, F2, A aydınlatmaları altında A_1 , A_2 , A_3 gruplarının ΔL değerleri	33
Çizelge 4.4. D65, F2, A aydınlatmaları altında A_1 , A_2 , A_3 gruplarının Δa değerleri.....	34
Çizelge 4.5. D65, F2, A aydınlatmaları altında A_1 , A_2 , A_3 gruplarının Δb değerleri.....	35
Çizelge 4.6. D65, F2, A aydınlatmaları altında A_1 , A_2 , A_3 gruplarının ΔE değerleri	35
Çizelge 4.7. A_1 , A_2 , A_3 gruplarının metamerik indeks değerleri	36
Çizelge 4.8. D65, F2 ve A ışık kaynakları için B_0 , B_1 , B_2 ve B_3 gruplarının L , a , b değerleri.....	38
Çizelge 4.9. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının ΔL değerleri.....	40
Çizelge 4.10. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının Δa değerleri....	41
Çizelge 4.11. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının Δb değerleri....	41
Çizelge 4.12. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının ΔE değerleri ...	42
Çizelge 4.13. B_1 , B_2 , B_3 gruplarının metamerik indeks değerleri	43
Çizelge 4.14. D65, F2 ve A aydınlatması altında C_0 , C_1 , C_2 , C_3 gruplarının L , a , b değerleri	45
Çizelge 4.15. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının ΔL değerleri ...	47
Çizelge 4.16. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının Δa değerleri	48
Çizelge 4.17. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının Δb değerleri....	48
Çizelge 4.18. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının ΔE değerleri ...	49
Çizelge 4.19. C_1 , C_2 , C_3 gruplarının metamerik indeks değerleri	50

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.20. D ₀ , D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının L*, a*, b* değerleri	52
Çizelge 4.21. D65, F2, A aydınlatmaları altında D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının ΔL değerleri...	54
Çizelge 4.22. D65, F2, A aydınlatmaları altında D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının Δa değerleri ...	55
Çizelge 4.23. D65, F2, A aydınlatmaları altında D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının Δb değerleri...	55
Çizelge 4.24. D65, F2, A aydınlatmaları altında D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının ΔE değerleri ..	56
Çizelge 4.25. D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının metamerik indeks değerleri	58



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Kontrol gruplarının spektral yansıma eğrileri	30
Şekil 4.2. D65, F2, A aydınlatmaları altında A ₀ , A ₁ , A ₂ , A ₃ gruplarının L* değerleri	31
Şekil 4.3. A ₀ , A ₁ , A ₂ , A ₃ gruplarının a* değerleri	32
Şekil 4.4. A ₀ , A ₁ , A ₂ , A ₃ gruplarının b* değerleri	33
Şekil 4.5. A ₁ , A ₂ , A ₃ gruplarının ΔE değerleri	36
Şekil 4.6. A ₁ , A ₂ , A ₃ gruplarının MI değerleri	37
Şekil 4.7. B ₀ , B ₁ , B ₂ ve B ₃ gruplarının L değerleri	38
Şekil 4.8. B ₀ , B ₁ , B ₂ ve B ₃ gruplarının a* değerleri	39
Şekil 4.9. B ₀ , B ₁ , B ₂ ve B ₃ gruplarının b* değerleri	40
Şekil 4.10. B ₁ , B ₂ ve B ₃ gruplarının ΔE değerleri	42
Şekil 4.11. B ₁ , B ₂ ve B ₃ gruplarının MI değerleri	44
Şekil 4.12. C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃ gruplarının L* değerleri	45
Şekil 4.13. C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃ gruplarının a* değerleri	46
Şekil 4.14. C ₀ , C ₁ , C ₂ , C ₃ gruplarının b* değerleri	47
Şekil 4.15. C ₁ , C ₂ , C ₃ gruplarının ΔE değerleri	49
Şekil 4.16. C ₁ , C ₂ , C ₃ gruplarının MI değerleri	51
Şekil 4.17. D ₀ , D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının L* değerleri	52
Şekil 4.18. D ₀ , D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının a* değerleri	53
Şekil 4.19. D ₀ , D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının b* değerleri	54
Şekil 4.20. D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının ΔE değerleri	57
Şekil 4.21. D ₁ , D ₂ , D ₃ gruplarının MI değerleri	58

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Munsell renk sistemi	5
Resim 2.2. CIE L*a*b* renk sistemi.....	6
Resim 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler	22
Resim 3.2. Çalışmada kullanılan kalıp 1	22
Resim 3.3. Çalışmada kullanılan kalıp 2.....	23
Resim 3.4. Kompozit rezin halkalarının kalıp 2 içine yerleştirilmesi.....	23
Resim 3.5. Çalışmada kullanılan spektrofotometre	24
Resim 3.6. Beyaz arka fon üzerinde ölçüm yapılırken	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
Al	Alüminyum
Ba	Baryum
CQ	Kamforokinon
K	Kelvin
mm	Milimetre
nm	Nanometre
p	İstatiksel anlamlılık
Ti	Titanyum
UV	Ultraviyole
µm	Mikrometre

Kısaltmalar	Açıklamalar
4-MET	4-metakriloksi etil trimelitik asit
Bis-EMA	Etoksi bisfenol A-dimetakrilat
BisGMA	Bisfenol glisidil metakrilat
CIE	Commission International et l'Eclourage
DEGDMA	Dietilen glikol dimetakrilat
DMAEM	Dimetil amino etil metakrilat
EST	Estelite Sigma Quick
FU	Filtek Ultimate
GPDM	Gliserofosfat dimetakrilat
HEMA	2-Hidroksietil metakrilat
LED	Light Emitting Diode
Mod-MI	Modifiye metamerik indeks
OMN	Omnichroma

Kısaltmalar**Açıklamalar**

PPD	1-fenil-1,2-propanedion
QTH	Kuartz-tungsten-halojen
SCE	Aynasal bileşen hariç
SCI	Aynasal bileşen dahil
SiO₂	Silisyum oksit
SP	Spectra ST HV
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
TP	Translüsensi parametresi
UDMA	Üretan dimetakrilat
YbF₃	İterbiyum florür
ZrO₂	Zirkonyum oksit
γ-MPTS	γ -metakriloksi propil trietoksi silan
Δa	a* değerleri farkı
Δb	b* değerleri farkı
ΔE	Renk farkı
ΔL	Parlaklık farkı

1. GİRİŞ

Estetik bir görüntü kişilerin özgüvenini arttırıp, yaşam kalitesini ve psikolojisini olumlu yönde etkilemektedir. Günümüzde hastaların kliniklere başvuru nedenlerinin büyük kısmını estetik sebepler oluşturmaktadır. Hastaların beklentilerindeki bu artış; diş hekimliğinde kullanılan materyallerin mekanik, fiziksel ve estetik özelliklerinin iyileştirilmesine ve kullanım alanlarının artmasına neden olmuştur. Kompozit rezin restoratif materyallerinin kullanılmaya başladıkları tarihten itibaren geçen 70 yılı aşkın süredir doldurucu teknolojileri ve yapıları ile monomer kimyaları sürekli olarak geliştirilmektedir (1). Kompozit rezin restoratif materyaller, protetik restorasyonlara veya ortodontik tedavilere kıyasla görece düşük maliyetlidir. Kompozit rezinlerin kolayca tamir edilebilir materyaller olmaları, daha ileri invaziv tedavi gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda klinik uygulamalarının kısa sürede tamamlanabilmesi ve kolay olması, estetik özelliklerinin üstün olması, optik özelliklerinin doğal diş dokularına benzerlik göstermesi (2) gibi avantajlarından dolayı kompozit rezinler hem posterior bölgede hem de anterior bölgede sıklıkla kullanılmaktadır.

Diğer tüm dental materyaller gibi kompozit rezinlerin de üstün özelliklerine rağmen belirli bir klinik ömürleri vardır. Aşınma, mikrosızıntı, kırılma, sekonder çürük, renklenme, polimerizasyon büzülmesi gibi dezavantajlar günümüzde hala mevcuttur. Bu dezavantajlar nedeniyle zaman içerisinde restorasyonların yenilenmesine veya tamir edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. 1993 yılında Mjor, tamir edilmesi veya değiştirilmesi gereken başarısız restorasyonlarda tedavi planlamasına karar verirken, ayrıntılı kriterlerin gerekli olduğuna dikkat çekmiştir (3).

Tamir prosedürüyle tedavi edilebilecek durumda olan bir restorasyonun değiştirilmesi; diş dokularında daha fazla madde kaybına, pulpal hasarların oluşmasına ve daha ileri tedavilere ihtiyaç duyulmasına neden olabilmektedir. Aynı zamanda bu durum hekim ve hasta için daha fazla maliyet ve zaman kaybı anlamına gelmektedir. Hekim tedavi seçeneklerine karar verirken dikkatli davranmalı, eğer mümkünse restorasyonu yenilemek yerine tamirine öncelik vermelidir. Bu şekilde minimal invaziv bir tedavi seçeneği olan tamir prosedürü kullanılarak indirekt ve direkt restorasyonların ömrü uzatılabilmektedir (4).

Tamir prosedürü de dahil olmak üzere estetik bir restorasyon yaparken en önemli aşamalardan biri diş dokusuyla restorasyon arasında renk seçimini doğru yapabilmektir. Literatürde, hastaların memnuniyetsizliklerinin %38'inin renk uyumsuzluğu kaynaklı olduğu bildirilmiştir (5). Aynı sınıflamaya dahil kompozit rezinler bile; doldurucu miktarları, bileşimleri, pigmentleri, matrisleri, başlatıcıları ve bağlayıcı ajanları açısından değişiklikler sergilemektedir. Bu durum ışığın materyalin içerisinden geçmesi, saçılması ve materyalin ışığı emmesi gibi özelliklerini farklı şekillerde etkilemektedir (6). Ayrıca, aynı tondaki farklı marka kompozit rezinler, sadece renk açısından değil, aynı zamanda opalesans, floresans, saydamlık, aydınlatıcı metamerizmi gibi restorasyonun genel görünümünü etkileyen temel optik özelliklerde de farklılıklar göstermektedir (7).

Metamerizm, bir rengin farklı ışık kaynakları altında farklı ton ve renkte görünmesi olarak tanımlanmaktadır (8). Günlük yaşamda hastalar akkor ışık, floresan ışık, gün ışığı, siyah ışık gibi çeşitli aydınlatmaların olduğu ortamlarda bulunabilmektedir. Klinikte başarılı bir şekilde renk seçimi yapılarak hazırlanan bir restorasyon, farklı bir ışık kaynağının olduğu ortamda metamerik etkiyle estetik olarak başarısız görünebilir. Aynı klinikte, günün farklı saatlerinde yapılan renk seçimleri bile farklılık gösterebilmekte, bu durum hasta ve hekim için yanıltıcı olmaktadır. Hekimin, dişleri ve restorasyonları metamerik etkinin varlığı konusunda ayrıntılı olarak incelemesi ve bu duruma göre planlama yapması tedavi başarısını arttıracaktır. Yapılan bazı çalışmalarda; aynı renk tonuna sahip farklı marka kompozit rezinlerin klasik renk skalalarıyla ve birbirleriyle renk uyumsuzlukları gösterdiği bildirilmiş olmasına karşın, bu renk uyumsuzluklarının aydınlatma koşullarından ne kadar etkilendiğine dair açıklayıcı bir bilgi mevcut değildir (9).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Estetik

Estetik terimi; “güzellik duyumunun algılanması”, “güzelliği arayış” anlamlarında kullanılmaktadır (10). Kişilerin psikososyal sağlığı üzerinde dentofasiyal estetiğin önemi büyüktür (11). Dental rahatsızlarından dolayı gülümsemeyen insanların, zamanla öz saygıları ve zihinsel sağlıkları bozulabilmektedir (12). Hekimler estetik bir tedavi planlarken, hasta ile güçlü bir iletişim içerisinde olmalıdır (11). Biyolojik, fonksiyonel hedefler planlanırken, estetik unutmamalıdır (12). Tedavi öncesinde dişlerin ve dişetlerinin oranı, şekli, hizası, rengi analiz edilerek, tam bir inceleme ve planlama yapılmalıdır (13). Estetik diş tedavileri, restoratif diş hekimliğinin yanı sıra diğer uzmanlık alanlarıyla birlikte multidisipliner olarak desteklenmelidir (14).

2.2. Renk Kavramı

Işığın belirli dalga boylarının, gözün retinasını uyarması ile ortaya çıkan duyum renk olarak tanımlanmaktadır (15). Nesneden yansıyan ışığın, retinadaki nöral sensörleri uyarmasıyla renk algılanabilmektedir (16). Renk algısında görevli nöral hücreler; çubuk ve koni hücreleridir (17). Koni hücreleri fotopik (orta/yüksek ışık seviyesi) görüşten, çubuk hücreleri ise skotopik (tek renkli, düşük ışık seviyesi) görüşten sorumludur (18). 1600'lerde Isaac Newton'un, ışığın spektral doğasını keşfetmesiyle modern renk anlayışı kabul görmüştür. Newton, prizmalar ile yaptığı deneylerle beyaz ışığın diğer renklere ayrılabilceğini kanıtlamıştır (19). Rengin algılanabilmesi için; gözlemci, ışık kaynağı ve nesne olmak üzere üç unsura gereksinim vardır (18).

Gözlemci

Gözlemci, rengin doğru değerlendirilmesinde etkili bir role sahiptir. Kadınlar renkleri ve tonları erkeklerden daha iyi ayırt edebiliyorken; iki cinsiyette de genç bireyler, renkleri yaşlı bireylerden daha iyi ayırt edebilmektedir. Estetik restoratif tedavilerde en önemli basamaklardan biri hekim tarafından renk seçiminin doğru şekilde yapılmasıdır. Bireylerin yorgunluğu renk seçimini etkilemektedir. Günün erken saatlerinde renk seçimi yapmak daha doğru sonuçlar verecektir. Ayrıca bireylerin kullandıkları çeşitli ilaçlar da rengin doğru bir şekilde algılanmasını etkileyebilmektedir (20).

Işık kaynağı

Renk algısının en önemli unsurlardan biri ışık kaynağıdır. Dental kliniklerde; doğal, akkor ve floresan olmak üzere üç ışık kaynağı bulunmaktadır (18). Diş rengi seçiminde doğal gün ışığı (kuzey gün ışığı), en ideal ışık kaynağıdır. Bu ışık kaynağı, diğer ışık kaynaklarını yorumlamak için standart olarak kullanılmaktadır. Ortalama renk sıcaklığı 6500 °K olan doğal ışığın, renk sıcaklığı saate, havanın nemine, kirliliğine veya bulutlu olup olmamasına göre değişebilmektedir (21). Yüksek konsantrasyonda sarı dalga boyundaki ışığın yayılmasına sebep olan akkor ışık ile yüksek konsantrasyonda mavi dalga boyundaki ışığın yayılmasına sebep olan floresan ışık, dental renk eşleştirme prosedürleri için uygun değildir (21). Doğal gün ışığı altında belirli bir renkte olan dişler; akkor ışık kaynağı altında daha sarımsı-kırmızı görünürken, floresan ışık kaynağı altında ise daha sarımsı ya da yeşilimsi görünmektedir (20). Dental ünitlerde aydınlatma amacıyla düşük oranda mavi ve yüksek oranda kırmızı-sarı ışık yayan akkor ışıklar kullanılmaktadır. Göz yorgunluğuna sebep olan bu ışıklar, dental renk eşleştirmesinde kullanılmamalıdır. Dental ünit ışığı altında uzun süre çalışıldığı zaman, dental renk eşleştirmesi öncesinde gözler dinlendirilmelidir (21).

Nesne

Nesnelerin kendilerine ait bir renkleri bulunmamaktadır (18). Nesnenin rengi, aydınlatıcıya bağlıdır (16). Nesne ışık enerjisinin bir kısmını ya da tamamını ileterek, yansıtarak, kırarak veya emerek gelen ışığın yönünü değiştirmekte ve rengin algılanması sağlamaktadır (18). Siyah olarak algılanan nesneler ışığın tüm dalga boylarını emerken, beyaz olarak algılanan nesneler yansıtmaktadır (18).

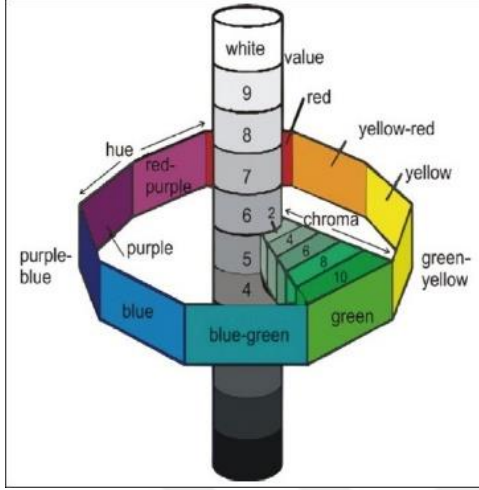
2.2.1. Renk sistemleri

Renkle alakalı olarak yapılan çalışmalarda, Munsell renk sistemi ile CIE L*a*b* renk sistemi kullanılmaktadır (22).

Munsell renk sistemi

1915 yılında Albert H. Munsell tarafından tanıtılan Munsell Renk Sistemi, en popüler ve en eski renk sistemlerinden biridir (15). Bu sistem, Munsell renk uzayında her bir rengin bir nokta olarak belirtildiği görsel algıya dayanmaktadır (23). Munsell Renk Sistemi'nde ton

(hue), doygunluk (kroma) ve değer (value) olmak üzere rengin üç özelliği tanıtılmaktadır. Rengin bu özellikleri için sayısal ölçekler oluşturulmuştur (19).



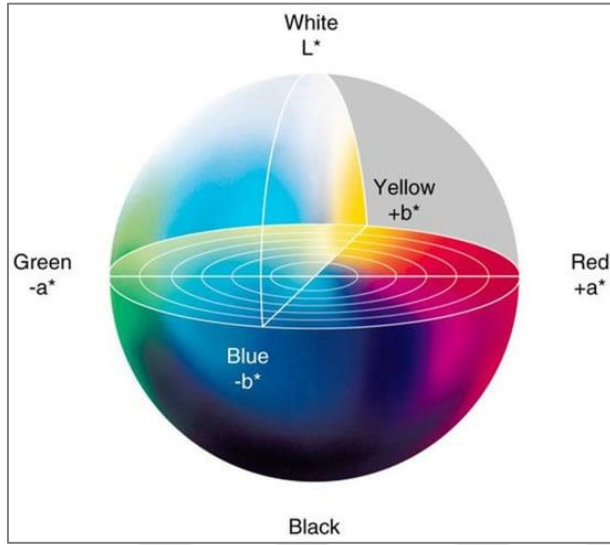
Resim 2.1. Munsell renk sistemi (24)

Ton (hue); bir nesnenin sarı, yeşil, kırmızı vb. olduğuna karar verilmesini sağlayan, belirli bir spektral dalga boyu bandına bağlı olan renk algısının niteliğidir (16). Sarı, mavi, yeşil ve mor ana tonlar olarak tanımlanırken, yeşil-sarı, sarı-kırmızı, mor-mavi, kırmızı-mor ve mavi-yeşil olarak beş tane ara ton bulunmaktadır (19). Sağlıklı ve vital bir dişin tonu sarı-kırmızı ile sarı arasındadır (19).

Doygunluk (Kroma); rengin saflığını ya da derinliğini belirtmektedir. Bir nesnenin renginin griye ne kadar yakın ya da uzak olduğunun bir ölçüsüdür (16). Dişlerin doygunluk değerlerini esas olarak dentin belirlese de, minenin kalınlığı da doygunluğu etkilemektedir (19).

Değer (value); bir cisimden yansıyan ışığın miktarı olarak tanımlanmaktadır (22). Rengin değeri 10'dan (saf beyaz) 0'a (saf siyah) kadar değişmektedir (19). Doğal dişlerde minenin kalınlığı rengin değerini etkilemektedir. Minenin kalınlığı arttıkça, değer artmaktadır (19). Rengin en önemli özelliği değerdir. Doygunluk değeri arttıkça, rengin değeri azalmaktadır (18).

CIE L*a*b* renk sistemi



Resim 2.2. CIE L*a*b* renk sistemi (25)

Commission International et l'Eclairage (CIE), 1931 senesinde renk algısının standart aydınlatıcılara ve standart gözlemci eğrilerine bağlı olarak hesaplanmasını sağlayan bir sistem geliştirmiştir (17). Gözlemcilerin ve ışık kaynaklarının renk standardizasyonuna dayanan CIE L*a*b* renk sistemi, genellikle renk araştırmalarında kullanılmaktadır (23). Bu sistemde; X, Y, Z tristimulus değerleri üretmek için aydınlatıcının spektral güç dağılımı ve spektral dağılım eğrisi birleştirilmiştir. Elde edilen tristimulus değerleri daha sonra tekdüze bir renk uzayını temsil eden L*, a* ve b* değerlerine dönüştürülebilmektedir (17). 100 (açık) ile 0 (koyu) arasında değişebilen L* değeri bir rengin parlaklık (lightness) değerini ifade etmektedir (26). a* eksenini, kırmızı/yeşil renk tonuyla ilişkilirken, b* eksenini sarı/mavi renk tonuyla ilişkilidir (13). Pozitif a* kırmızıyı, negatif a* yeşili temsil ederken, pozitif b* sarıyı, negatif b* maviyi temsil etmektedir (23). a* ve b* değerlerinin birleştirilmesi, Munsell renk sistemindeki doygunluk ve ton değerlerini vermektedir (17). Renk uzayında bulunan iki renk arasındaki mesafeyi gösteren ΔE değeri, renk değişim miktarını tanımlamaktadır (27).

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (2.1)$$

Çeşitli çalışmalarda renk farklılığının insan gözü tarafından algılanabilirliği hakkında sınır değerleri verilmiştir. Chang ve ark.'nın (23) makalesinde bildirildiği üzere kontrollü koşullarda gözün algılayabildiği en düşük ΔE değeri 1, klinik koşullarda ise renk farkının

algılanabildiği en düşük ΔE değeri 3.3'tür. ΔE değerinin 3.7'den büyük olduğu durumlarda zayıf bir renk eşleştirmesi olmakta ve gözlemlenen nesneler arasındaki renk farkı kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ruyter ve ark. (28) göre; 3.3'den büyük renk farkı klinik olarak kabul edilemez renk farkını göstermektedir. Benzer olarak Gül ve ark. (29) yaptıkları çalışmada, gözle algılanabilir ancak klinik olarak kabul edilebilir renk farklılık sınırını 3,3 olarak almışlardır.

2.2.2. Renk tespit yöntemleri

Dental renk tespit yöntemleri; renk skalalarının kullanıldığı görsel renk tespit yöntemi ile kolorimetrelerin, spektrofotometrelerin, kameraların renk ölçümü için kullanıldığı aletli renk ölçüm yöntemi olarak ikiye ayrılmaktadır.

Görsel renk tespit yöntemi

Bir nesnenin renginin, renk standartlarıyla karşılaştırılmasına görsel renk tespiti denilmektedir. Dental renk analizleri çoğunlukla skalaların kullanımıyla görsel olarak yapılmaktadır (22). 1950'lerde kullanıma sunulan 'Vitapan Classical' renk klavuzu sistemi, hala kullanılan en yaygın sistemdir. Bu sistem ile renk seçimi yapılırken, gülümseyen hastanın dişlerinin önünden 'Vitapan Classical' renk klavuzu koyu tonlardan açık tonlara doğru geçirilmektedir. En uygun renk sekmesi skaladan çıkarılarak, diş ile bitişik konuma getirilmektedir. Gingival, orta ve insizal hat için üç deneme yapılmalıdır. Uluslararası olarak ortaya çıkan ilk bilimsel temelli ve kapsamlı renk skalası 'Vitapan 3D-Master' renk kılavuzudur. Klasik sisteme göre daha hassas ve kolay olan bu sistemde, ilk olarak değer, sonra doygunluk belirlenmektedir (20). 'Vitapan Classical' renk kılavuzu A'dan D'ye olacak şekilde on altı sekme içermektedir. Renk tonuna göre A-kırmızımsı kahverengi, B-kırmızımsı sarı, C-gri ve D-kırmızımsı gri olarak renk tonuna göre dört grup oluşturulmuştur. 'Vitapan 3D-Master' renk kılavuzu altı grup, yirmi dokuz sekmeye bölünmüştür. Kromaskop ise bir başka tescilli renk kılavuzudur. Ton değeri için 100 (beyaz), 200 (sarı), 300 (turuncu), 400 (gri), 500 (kahverengi) gibi sayılar kullanılmaktadır (18). Renk skalalarının kullanımı ile görsel olarak rengin tespit edilmesi hızlı, basit ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Fakat tutarsız ve subjektif olmak gibi dezavantajları mevcuttur. Renklenme, dişlerin yüzey özellikleri, dehidratasyon, parlaklık diş rengi analizini zorlaştırmaktadır (13).

Görsel renk tespit yönteminde hekimin cinsiyeti, deneyimi, yaşı, ruh hali, yorgunluğu gibi renk algısının başarısını etkileyebilecek birçok faktör mevcuttur. Hekimin renk seçimindeki başarısını etkileyen bir diğer faktör göz yorgunluğudur. Renk skalasına veya dişe beş saniyeden uzun süre bakılması, gözün o renge alışmasına sebep olmaktadır (21). Renk tespiti yapılırken; hasta, dişleri hekimin göz hizasında olacak şekilde dik oturmalıdır. Diş ile renk skalası aynı düzlemde olmalıdır. Renk tespiti, dehidratasyona sebep olan herhangi bir intraoral işlem yapılmadan önce yapılmalıdır. Hastanın varsa ruju çıkarılmalı ve hastanın renkli kıyafetleri nötr bir örtü ile örtülmelidir (16). Kötü oral hijyen ve diş yüzeyindeki eklenti, leke veya renklenmeler renk tespitinde yanıltıcı olacağı için renk tespiti öncesi diş yüzeyi polisajlanmalıdır. Renk tespitinin yapıldığı ortamın duvar rengi, doğru tespit için önemli etkenlerden biridir. Dental kliniklerin duvar rengi %18 geri yansımali nötr gri olmalıdır. Nötr gri renk, gözde bulunan koni reseptörlerini yatıştırılmaktadır. Geçmişte duvar rengi için tavsiye edilen mavi renk, günümüzde önerilmemektedir (21).

Aletli renk ölçüm yöntemi

Nesnelerin yansıttığı ışığın, optik cihazlar yardımıyla analiz edilmesiyle renk ölçümü yapılabilmektedir (22). Renk ölçüm cihazlarının tümü; sinyal düzenleyici, dedektör ve yazılımdan meydana gelmektedir (16). Renk ölçümünde kullanılan cihazlar için bir altın standart yoktur. Tüm cihazların avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Cihazın kullanım kolaylığı, maliyeti gibi sebepler hekimlerin tercihini etkilemektedir (30). Aletli renk ölçüm yöntemi hızlı, nesnel ve sayısallaştırılabilir olmasıyla görsel renk tespit yöntemine göre bazı avantajlar sunmaktadır (26). 1980'lerde tanıtılan filtre kolorimetreler, dental klinik kullanımı için tasarlanmış en eski renk ölçüm cihazıdır. Fakat doğruluğunun ve tasarımının yetersiz olması sebebiyle kısıtlı başarı göstermiştir (16). CIE gözlemci ve CIE aydınlatıcı koşullarına göre tristimulus değerlerini ölçen kolorimetreler, nesneye gelen ışığı fotodiyot filtreler ile kontrol etmekte, daha sonra bir dedektör yansıyan ışığı ölçmektedir (31). Filtreler, RGB (kırmızı, yeşil ve mavi) değerlerini üretmektedir. Bu cihazlar spektrofotometrelere göre daha düşük maliyetlidir ve kullanımları daha kolaydır (18). Ancak metamerizimden etkilenmeleri doğruluklarını bozabilmekte, tekrarlanabilirliği filtrelerinin eskimesi sebebiyle başarısız olabilmektedir, ayrıca hassasiyetleri spektrofotometrelere göre daha düşüktür (31). Filtre kolorimetreler diferansiyel ölçümlerde hassas oldukları için çoğunlukla kalite kontrol amacıyla kullanılmaktadır (16).

Bir diğerk aletli renk ölçüm cihazı olan spektrofotometreler; “380-780 nm” görsel ışık spektrumunda 1-25 nm aralıklarla bir nesneden iletilen ve yansıyan ışık enerjisi miktarını ölçen cihazlardır (18). Bu cihazlar aydınlatma koşulları, ortam koşulları ve kullanıcı gibi değişkenlerden etkilenmeden tutarlı, tekrarlanabilir renk ölçümü yapmaktadır (20). Spektrofotometreler renk ölçümünde en doğru sonuçları veren cihazlardır (18, 30, 31). Renk analizi için 0,4 mm x 0,4 mm gibi küçük alanlarda ölçüm yapabilen spektrofotometreler, her numune için ölçülen spektral veriyi kaydedebilir, saklayabilir ve bilgisayara aktarabilirler (30). Metamerizmden etkilenmezler ve çalışma ömürleri kolorimetrelere göre daha uzundur (31).

Aletli renk ölçümünde kullanılan cihazların üçüncüsü dijital kameralar ve görüntüleme sistemleridir. Kullanımlarının kolay ve maliyetlerinin düşük olması sebebiyle dijital kameralar diş hekimliğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu cihazlar dış yüzeylerinin ayrıntılı bir görüntüsünü alıp, renk bilgilerini kaydederek, renk eşleştirmesi yapabilirler. Dijital kameralarla elde edilen görüntülerden renk verileri toplanarak, uygun bir yazılımla inceleme yapılabilmektedir (18).

2.3. Metamerizm

Bir ışık kaynağı altında aynı görünen iki rengin, başka bir ışık kaynağı kullanıldığında farklı görünmesine metamerizm denilmektedir (21). Klinikte hekim tarafından yapılan başarılı bir renk seçimi, hasta farklı bir ışık kaynağının kullanıldığı bir ortamda bulunduğu zaman metamerik etki sebebiyle başarısız olarak algılanabilmektedir. Bu durum estetik açıdan problem yaratmaktadır (32). Dental klinik ve laboratuvarlarda aydınlatmaların standardize edilmesi, metamerizmin negatif etkisinin azalmasını sağlamaktadır. Işık kaynağının değişmesi, nesneden yansıyan ışığın da değişmesine sebep olduğu için, ışığın şiddeti ve kalitesi renk seçimi için son derece önemlidir. Dental kliniklerde renk seçimi yapılırken tek tip ışık kaynağı yerine, farklı tiplerde ışık kaynakları kullanılmalıdır (21). İki nesne her dalga boyunda aynı miktarda ışığı emer ya da yansıtırsa yani aynı spektral yansıma eğrisine sahip olursa; aydınlatıcı veya gözlemci koşulları değişse bile bu iki nesne her zaman aynı spektrum değerlerini vermektedir. D65 (gün ışığı) ışık kaynağı altında bir nesnenin rengi, başka bir nesnenin rengi ile tam olarak eşleşirse (aynı tristimulus değerleri X, Y, Z için $\Delta E=0$); farklı bir ışık kaynağı altında bu iki nesnenin ΔE değeri metamerik indeksi vermektedir (32). Kompozit rezin materyallerinde açık tonlar koyu tonlardan daha az

metameriktir. Kompozit rezinlerin metamerik etkilerini, gün ışığı içerisinde bulunan ultraviyole dalga boyları arttırmaktadır (6). Metamerizmin negatif etkilerini azaltmak için farklı ışık kaynakları altında renk seçimi tekrarlanmalı ve renk seçimi farklı kişiler tarafından kontrol edilmelidir (15).

2.4. Kompozit Rezinler

2.4.1. Kompozit rezinlerin genel özellikleri

Kompozit kelimesi, iki ya da daha fazla materyalin karışımı anlamında kullanılmaktadır. Bu materyallerin her biri, kompozitin genel özelliklerine katkıda bulunmaktadır (33).

Silikat siman, 1870'li yıllarda kullanılmaya başlanan diş rengindeki ilk kompozit materyalidir. Bu ilk kompozit materyal; mekanik retansiyon gerektirip, kırılmandır. 1940'larda piyasaya sürülen diş rengindeki ilk polimerik kompozit materyal; metil metakrilat monomeri, polimetilmetakrilat tozu, n,n-dimetil paratoluidin ve benzoil peroksitten oluşmaktadır (34). Fakat yüksek polimerizasyon büzülmesi, zayıf renk stabilitesi, yüksek termal genleşme katsayısı, diş dokusuna bağlanmada zayıflık gibi dezavantajları mevcuttur. 1950'lerde piyasaya sürülen, estetik ve mekanik özellikleri iyi olan, silika doldurucu partikülleri içeren, ilk polimer matriksli kompozit materyallerin bağlanma ve polimerizasyon büzülmesi gibi sorunları mevcuttur (34). Yüksek moleköl ağırlıklı monomerlerin kullanılmasıyla polimerizasyon büzülmesi sorununu ortadan kaldırmak için 1962'de Bowen, Bisfenol A epoksi ve glisidil metakrilat kullanarak bir epoksi üretmiştir. Bowen rezini ya da BisGMA adıyla anılan vizköz yapıdaki bu yeni monomer, kullanılacak doldurucu partiküllerin miktarını sınırlandırmaktadır (34).

Bir kompozit rezin; organik polimer matriks, inorganik doldurucu partiküller, bağlayıcı ajan olmak üzere üç ana bileşenden meydana gelmektedir (35).

Organik polimer matriks

Monomerler, polimerizasyon başlatıcılar, inhibitörler ve ultraviyole stabilizatörler organik polimer matriksi meydana getirmektedir (36).

Bisfenol A diglisidilmetakrilat (BisGMA), üretan dimetakrilat (UDMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) dental kompozit rezinler içerisinde en çok kullanılan monomerlerdir. Kompozit rezinin belirli özelliklerini geliştirmek için bu monomerlerin pek çok çeşidi üretilmiştir (37). Bu dimetakrilat monomerleri; mekanik, optik ve klinik özelliklere katkıda bulunmaktadır (35). Kompozit rezinlerin büyük bir kısmı TEGDMA, 2-hidroksietil metakrilat (HEMA), dietilen glikol dimetakrilat (DEGDMA) gibi düşük molekül ağırlıklı monomerleri de içermektedir (38). Başta BisGMA olmak üzere, monomerlerin viskoziteleri yüksek olduğu için, klinik bir tutarlılığa ulaşabilmek adına TEGDMA veya etoksi bisfenolA-dimetakrilat (Bis-EMA) gibi düşük moleküler ağırlıklı bileşikler kompozit rezinin viskozitesini azaltmak ve kontrol etmek için üretici tarafından ilave edilmektedir (35). Fakat BisGMA'nın viskozitesini azaltmak, polimerizasyon büzülmesinin artmasına sebep olabilmektedir (39). Diğer bir dimetakrilat monomeri olan UDMA 1970'li yıllarda diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (40). UDMA'nın moleküler ağırlığı BisGMA'ya benzer olduğu halde, BisGMA'dan daha az visközür. UDMA, BisGMA ve TEGDMA gibi monomerlerle birlikte kullanılabilirdiği gibi, tek başına da monomer olarak kullanılabilir (39).

Kompozit rezinlerin yapısında bulunan organik monomerlerin tipi, kompozit rezinin renklenmesinde çeşitli etkilere sahiptir. UDMA monomeri görünür ışıktaki yeterli derecede polimerize olabilmekte ve düşük su emilimi göstermektedir. Bu sebeple UDMA içeren kompozit rezinlere göre, yapısında yüksek konsantrasyonda TEGDMA bulunduran kompozit rezinler renklenmeye daha yatkındır. BisGMA'ya göre UDMA monomeri renklenmeye karşı daha dirençlidir (41).

Polimerizasyon reaksiyonu için başlatıcı/hızlandırıcı sistemlerin kullanılması gerekmektedir (33). Kompozit rezinlerin raf ömrünü uzatabilmek için ise %0.1 veya daha az oranlarda hidrokinon gibi bir inhibitör madde kompozit rezinin yapısına eklenerek erken polimerizasyon probleminin önüne geçilebilmektedir (33).

Kimyasal aktivasyonla polimerize olan kompozit rezinlerin polimerizasyon reaksiyonlarından sonra, artık ürünler kalabilmektedir. Kalan bu artık ürünler, ultraviyole ışığın etkisiyle kahverengi renklenmelere sebep olurlar. Renklenmelerin engellenebilmesi için kimyasal aktivasyonla polimerize olan kompozit rezinlerin organik polimer matriksine ultraviyole stabilizatörleri (2-hidroksi 4-metoksibenzofenon) eklenmelidir (36).

İnorganik doldurucu partiküller

Cam, kuartz, sol-gel yapıda seramik, nanopartiküller ve mikro boyutta silika kompozit rezinin içeriğinde bulunan inorganik dolduruculardır (42). İlk kullanılan doldurucu partikül, ortalama parçacık boyutu 70 μm 'ye kadar olan kuvarstır (33). Günümüzde kullanılan kompozit rezinlerin çoğu; lityum-alüminyum silikat cam, baryum veya stronsiyum içeren silika cam ve koloidal silika gibi silika bazlı cam doldurucu materyalleri içerir (33).

İnorganik partiküller; polimerizasyon büzülmesinin ve termal genleşme katsayısının azalmasına, aşınma ve dayanım özelliklerinin iyileşmesine katkı sağlamaktadır (33). Kompozit rezinlerin mikrosertlik, elastisite modülü, baskı ve eğilme dayanımı gibi mekanik özellikleri, ilave edilen doldurucu partiküllerin boyutuna, miktarına ve tipine bağlıdır (38). Partiküllerin boyutunun azaltılması ile kompozit rezinin polisajlanabilme ve parlaklık özellikleri iyileştirilebilmektedir. Fakat bu durumda yüzey alanı/hacim oranında artış olacağı için mekanik özelliklerde zayıflama olabilmektedir. Doldurucu partiküllerin şekli de boyutu kadar kompozit rezinlerin özelliklerini değiştirebilmektedir. Aynı boyuttaki düzensiz doldurucu partiküllere göre küresel doldurucu partiküller, kompozit rezinin içerisine daha fazla dahil edilebilirler ancak küresel doldurucu partiküllerinin varlığı daha fazla aşınmaya sebep olmaktadır (43).

Bağlayıcı ajan

Kompozit rezinlerin optimum mekanik özelliklere sahip olabilmesi için, rezin matriks ile doldurucu partiküller arasındaki bağlantı çok önemlidir. Bağlanma, organik polimer matrikse dahil edilen silan adı verilen bağlayıcı ajanlar yardımıyla olmaktadır. γ -metakriloksi propiltrietoksisilan (γ -MPTS) kuartz cam doldurucu içeren kompozit rezinlerde en çok kullanılan bağlayıcı ajandır (33). Silanların bir ucu, monomerlerle ko-polimerize olacak olan bir metakrilat çift bağını, diğer ucu inorganik doldurucu partiküllerle reaksiyona girecek olan fonksiyonel grupları içerir (35). Ayrıca silanın tipi de kompozit rezinin optimum dayanım parametreleri için çok önemlidir (38).

2.4.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler doldurucu partikül büyüklüğü ve miktarına, polimerizasyon yöntemine ve vizkozitesine göre sınıflandırılabilirler.

Doldurucu partikül büyüklüğüne göre kompozit rezinler

Kompozit rezinler, bir polimer matriks içine gömülmüş olan inorganik doldurucu partiküllerinden meydana gelmektedir (33). Doldurucu partiküllerin boyutunun azalması; kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü, polisajlanabilirliği ve estetik gibi özelliklerini geliştirmektedir (44). Doldurucu partiküllerin hacim yüzdesinin artması da, kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir (40).

Megafil kompozit rezinler 50- 100 μm boyutlarında inorganik doldurucu partiküllere sahiptir (42).

Makrofil kompozit rezinler 10-100 μm büyüklüğünde, cam ve/veya kuartz doldurucu partikülleri içermektedir. Bu kompozit rezinlerde doldurucu partiküllere göre organik matriks daha hızlı aşınarak, polisajlanabilirliği zorlaştırmakta, ayrıca renk stabilitesinin bozulmasına neden olmaktadır (42). Bu kompozit rezinlerin aşınmaya karşı dirençleri düşüktür ve oldukça opaktırlar. Piyasaya sürülen ilk kompozit rezinler makrofiledir (35).

Midifil kompozit rezinlerin doldurucu partikül boyutları 1-10 μm aralığındadır (42).

Minifil kompozit rezinlerin içeriğinde 0.1-1 μm doldurucu partikül boyutunda stronsiyum ile baryum cam partiküllerinin varlığı, bu kompozit rezinlerin polisajlanabilirliğini ve aşınma direncini iyileştirmektedir (42). Doldurucu partikül boyutunun küçülmesi sebebiyle, partikül yüzdesi ağırlıkça %75-85'lerde olmaktadır. Minifil kompozit rezinlerin polisajlanabilirliği midifil kompozit rezinlerden daha üstündür (40).

1970'lerin sonundan 1980'li yıllarda piyasaya sürülen, doldurucu partikül boyutu 0,04-0,4 μm olan mikrofil kompozit rezinler; daha yüksek konsantrasyonlarda doldurucu partikül bulunduran kompozit rezinlere kıyasla daha düşük kırılma direncine, daha düşük elastik modüle sahiptir (33). Bu kompozit rezinler küçük Sınıf I, III, V restorasyonlarda kullanılabilir iken Sınıf II ve geniş Sınıf I restorasyonlarda kullanılmamalıdır (33).

Nanofil kompozit rezinler

Çeşitli kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılarak 1-100 nm aralığında yapı ve materyallerin üretilmesine 'nanoteknoloji' denilmektedir (35). Nanoteknoloji; materyal bilimi, gıda,

kozmetik ve tıp gibi birçok alanda ciddi etkilere sahiptir (33). Günümüzde nano boyutta doldurucular kompozit rezinlerin içeriğine dahil edilmektedir (35). İnorganik doldurucu partiküllerinin boyutu 0.005-0.01 μm aralığında olan nanofil kompozit rezinler; nano kristalin mineral ve bu minerallerin kümeleşmesiyle meydana gelen nanokümelerden oluşmaktadır (42). Nanokümeler, kompozit rezinin aşınması sırasında, çevredeki matrise benzer bir oranda aşınmaktadır. Bu durum restorasyon yüzeyinin pürüzsüz olmasını sağlamaktadır (35).

Kompozit rezinlerin yapısında bulunan organik matriks ile inorganik doldurucu partiküllerin ışık iletme potansiyelini ölçen kırılma indeksleri, aynı olmadığı zaman partiküller ışığı dağıtacak ve kompozit rezin opak algılanacaktır. Nanomerik partiküllerin boyutu ise görünür ışığın dalga boyundan (400-800 nm) küçüktür, böylece kırılma indeksi ölçülemez hale gelmektedir. Uzun dalga boyundaki ışık kompozit rezinin içinden doğrudan geçip, yüksek yarı saydamlık oluşturmaktadır (35). Buna ek olarak, kompozit rezin siyah bir arka plan üzerine yerleştirildiğinde, nano parçacıklar ağırlıklı olarak mavi ışığı dağıtarak kompozite opalesan bir görünüm vermektedir. Bu durum doğal mineyle uyumlu olarak daha gerçekçi bir görünüm sağlamaktadır (35).

Nano boyutta doldurucu partiküllerin kullanılması, 0,2-70 μm boyutlarında partikül içeren makro dolduruculu kompozit rezinlere göre fonksiyonel ve dayanım özelliklerini yaklaşık %15 iyileştirmektedir (38). Nanofil kompozit rezinler, diğer kompozit rezinlerden daha üstün estetik özelliklere sahiptir (42).

Hibrit kompozit rezinler

Doldurucu boyutları farklı olan tüm kompozit rezinlerin avantajlarından yararlanabilmek için “hibrit kompozit rezinler” üretilmiştir. Hibrit kompozit rezinler farklı büyüklüklerde doldurucu partiküller içerirler. Bu kompozit rezinler hacimce yüksek oranda bulunan doldurucu partiküle göre adlandırılmaktadır (42). Aşınmaya, kırılmaya karşı olan dirençleri ve iyi polisajlanabilirlikleri sebebiyle Sınıf I, II, III ve IV restorasyonlarda tercih edilebilirler (33). Hibrit kompozit rezinlere daha küçük doldurucu partiküllerin eklenmesiyle mikrohibrit kompozit rezinler üretilmiştir. Küçük partiküller kompozit rezinin daha rahat işlenmesini (handling) ve polisajlanmasını sağlamaktadır. Fakat polisajlanabilirlikleri mikrofil kompozit rezinler kadar iyi değildir (33). Hibrit ve mikrohibrit kompozit rezinler iyi mekanik

özelliklere sahip olsa da zamanla pürüzlü hale gelebilmektedir (35). Nanohibrit kompozit rezinler ise, hibrit kompozit rezinlere nano boyutta doldurucu partiküllerin eklenmesiyle üretilmektedir (35). Nanohibrit kompozit rezinlerin içeriğinde bulunan küçük boyuttaki doldurucu partiküller sebebiyle, bu kompozit rezinler üstün polisajlanabilme özelliğine sahiptir (33).

Vizkozitesine göre kompozit rezinler

Kondanse edilebilir kompozit rezinler

Kondenzasyonun tam olarak sağlanıp, proksimal temasların iyileştirilmesi amacıyla kondanse edilebilir kompozit rezinler üretilmiştir (40). Bu materyallerin yüksek vizkoziteye sahip olması, manipülasyonunun daha kolay olmasını sağlamaktadır (45). Fakat kondanse edilebilir kompozit rezinlerin doldurucu partiküllerinin boyutunun büyük olması sebebiyle; bu kompozit rezinlerin zamanla aşınma ve yüzey pürüzlülüğünün artması gibi olumsuz özellikleri de mevcuttur (45).

Akışkan kompozit rezinler

Restoratif materyallerin kavite duvarlarına uyumunu arttırmak, kenar boşluk oluşumunu azaltmak, kompozit rezinin manipülasyonunu arttırmak amacıyla akışkan kompozit rezinler üretilmiştir (46). 1996 yılında ilk akışkan kompozit rezin piyasaya sürülmüştür (47). Akışkan kompozit rezinler düşük viskoziteye sahiptir (48). Elastisite modülleri diş dokusuna benzer olduğu için, bu kompozit rezinler stres bölgelerinde diş ile birlikte esnerler. Böylece diş iletilen stres azalmaktadır (33). Doldurucu partiküllerinin oranı azaltılan bu kompozit rezinler; küçük Sınıf I, Sınıf V restorasyonlar ile çürüksüz servikal defektlerde (33) ve Sınıf II restorasyonlarda ilk tabaka olarak kullanılabilirler (40). Doldurucu partiküllerinin oranı azaltıldığı için düşük mekanik özelliklere sahip olan akışkan kompozit rezinler, yüksek derecede polimerizasyon büzülmesi göstermektedir (47).

Polimerizasyon yöntemine göre kompozit rezinler

Monomerlerin sürekli olarak bir araya gelmesiyle oluşan daha büyük moleküle polimer denmektedir. Polimer elde etmek için monomerlerin birbirine bağlanmasına polimerizasyon denir. Polimerizasyon ile katı hale dönen monomerler genellikle sıvıdır (39).

Polimerizasyon; ışık aktivasyonu ile, kimyasal aktivasyon ile veya dual olarak gerçekleşmektedir (35).

Kimyasal aktivasyon ile polimerize olan kompozit rezinler

Kimyasal olarak gerçekleşen polimerizasyonda; başlatıcı olarak benzoil peroksit veya sülfürik asit, aktivatör olarak da tersiyer amin kullanılmaktadır. İki ayrı patın karıştırılmasıyla başlatıcı ve aktivatör temas edip, polimerizasyon başlamaktadır (40). Organik peroksit (başlatıcı) ile organik amin (aktivatör) arasında oluşan reaksiyon ile polimerizasyona sebep olan serbest radikallerin açığa çıkmasıyla kimyasal aktivasyon gerçekleşmektedir (35). Kimyasal aktivasyon ile polimerize olan monomerlerin, depolama sürecinde polimerize olmasını engellemek için kompozit rezinlerin yapısına inhibitörler eklenmektedir. İnhibitörlerin bu özelliği sayesinde, kompozit rezinler yeterli çalışma süresine sahip olmaktadır. Kimyasal aktivasyon ile polimerize olan kompozit rezinler günümüzde daha çok kor materyali veya yapıştırma simanı olarak kullanılmaktadır (49).

Işık aktivasyonu ile polimerize olan kompozit rezinler

Kompozit rezinlerin manipülasyonlarının daha kontrollü şekilde yapılabilmesi amacıyla, ışık aktivasyonu ile polimerize olan kompozit rezinler geliştirilmiştir (49). Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler 1980'li yıllarda tek pat olarak kullanıma sunulmuştur (40). Hızlandırıcı/katalizör sistemiyle bir foto başlatıcı içeren kompozit rezinler serbest radikal polimerizasyonu ile polimerleşmektedir. Foto başlatıcı, hızlandırıcı/katalizör (ör. dimetilamino etilmetakrilat—DMAEM) ile görünür ışıkla etkinleşmekte ve ışık cihazından çıkan ışık enerjisini emerek polimerizasyonu başlatmaktadır (40).

Kompozit rezinler yapılarında fotobaşlatıcı olarak; kamforokinon (CQ), Lucirin TPO (monoasilfosfin oksit), Irgacure 819 (bisasilfosfin oksit) veya PPD (1-fenil-1,2-propanedion) içermektedir (50). Kompozit rezinler bu fotobaşlatıcılar sayesinde belirli dalga boylarında görünür ışıkla polimerize olmaktadır (35). En sık kullanılan fotobaşlatıcı kamforokinondur (CQ) (50). Kamforokinon, 468 nm'de maksimum absorpsiyon spektrumuna sahiptir (40). CQ; kromofor grubuna sahip kararlı sarı bir bileşik olduğu için, CQ içeren kompozit rezinlerde polimerizasyon sonrasında istenmeyen sarımsı bir görüntü oluşabilmektedir. Foto-sararma etkisini ve polimerizasyon kinetiğini iyileştirmek için başka

bir fotobaşlatıcı olan Lucirin TPO tanıtılmıştır. Amin grubu elimine edilen Lucirin TPO ile renk stabilitesi arttırılmıştır (51). Lucirin TPO'nun maksimum absorpsiyon spektrumu 390 nm'ye yakındır (52). 410 nm maksimum absorpsiyon spektrumuna sahip olan bir diğer fotobaşlatıcı ise PPD'dir. Yapısında PPD bulunduran polimerler, CQ bulunduranlara göre polimerizasyon sonrasında daha az sarı renkte görünmektedir (53). CQ'a alternatif olarak kullanılabilecek olan Ivocerin isimli farklı bir fotobaşlatıcı da mevcuttur. Ivocerin de sararma etkisinin azalmasını sağlamaktadır (54). Kompozit rezinin ışıqla polimerize olması; hekimin polimerizasyon sürecini rahatlıkla kontrol etmesini sağlamaktadır. Işıqla polimerize olan kompozit rezinler kimyasal yolla polimerize olan kompozit rezinlere göre; daha yüksek dayanım değerleri, daha iyi renk stabilitesi ve daha başarılı renk seçimi ile daha yüksek kırılma dayanımı değerleri, daha az boşluk oluşumu göstermektedir (40). Ayrıca bu kompozit rezinler kimyasal yolla polimerize olan kompozit rezinlerden daha yüksek polimerizasyon dönüşüm değerleri göstermektedir (44).

Kimyasal ve ışık aktivasyonu ile polimerize olan kompozit rezinler (dual-cure kompozit rezinler)

Dual-cure kompozit rezinlerde polimerizasyon, kimyasal ve ışık aktivasyonu yolu ile gerçekleşir. Işık varlığında başlayan polimerizasyon kimyasal olarak devam etmektedir (36). Kimyasal ve ışık aktivasyonu ile polimerize olan kompozit rezinlerde, kimyasal yolla polimerizasyon için bulunan amin grubu başlatıcıya ek olarak, ışık ile polimerizasyon için kamforokinon gibi bir fotobaşlatıcı bulunmaktadır (49).

2.4.3. Özelleşmiş kompozit rezinler

Ormocer

Geleneksel kompozit rezinlerin özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla üretilen ormocer, organik olarak modifiye edilmiş seramik materyalinin kısaltması olarak isimlendirilmektedir (55). Ormocer; organik, inorganik ve polisiloksan bileşenlerinden oluşmaktadır. Ormocer materyalinin matriksinin geleneksel kompozit rezinlerden farklı olarak, hem organik hem de inorganik olması sebebiyle, monomerler matrikse daha başarılı şekilde gömülebilmektedir (56). Aşınmaya karşı dirençli olan ormocerler, aynı zamanda biyouyumlu ve antikariojenik özelliktedir (55).

Giomer

Önceden reaksiyona girmiş cam partiküllerin rezin matriksine eklenmesiyle meydana gelen giomerler, servikal bölgedeki lezyonların tedavi edilmesi amacıyla piyasaya sunulmuştur. Resin modifiye cam iyonomer simandan daha başarılı yüzey morfolojisi gösteren bu materyal, resin modifiye cam iyonomer simanla eşit derecede retansiyon kabiliyetine sahiptir (57).

Siloran

Polimerizasyon b         ve b         kaynaklı oluşan stresi azalmak için siloran isimli yeni bir monomer sistemi tanıtılmıştır. Piyasaya s         siloran; yapı taşı olan siloksan ve oksirandan (epoksi) meydana gelmektedir. Yapısında bulunan oksiran, katyonik polimerizasyon yoluyla halka a  ma çapraz ba  lanmasına uğramaktadır. Siloksan ise, materyalin hidrofobik karakterinden sorumludur. Siloranların polimerizasyon reaksiyonları için özel başlatıcı sistemlere ihtiyaç vardır (35).

Bulk-fill kompozit resin

Bulk-fill kompozit rezinler, posteriordaki b       kavitelere kompozit rezinlerin kolay ve hızlı bir şekilde yerleştirilebilmesi amacıyla piyasaya sunulmuştur (58). Bulk-fill kompozit resin teknolojesi ile, 4 mm kalınlığa kadar tek seferde kompozit resin kaviteye yerleştirilebilmektedir (46). Daha b       k         kompozit rezinlerin yerleştirilmesiyle hasta başında geçirilen s     azalırken, teknik hassasiyet azalmaktadır (58). Kamforokinona alternatif olarak farklı foto başlatıcıların kullanılması ve doldurucu partik     konsantrasyonlarının, boyutunun değiştirilmesiyle; bulk-fil kompozit rezinlerin transl  sensli  i arttırılmakta, bu şekilde daha derin b         ışık iletimi m         olmaktadır (46).

Self-adeziv kompozit resin

Adeziv sisteme gereksinimi ortadan kaldırarak, hasta başında geçirilen s    y  i kısaltmak amacıyla piyasaya s         bir diğer        self adeziv kompozit rezinlerdir. Self adeziv kompozit rezinler; 4-MET (4-metakriloksietil trimelitik asit) gibi monomerler içermektedir. Ayrıca yapısında bulunan GPDM (gliserofosfat dimetakrilat), mineyi ve dentini

demineralize edip, hidroksiapatit ile kimyasal bir bağ kurabilen asidik yan gruplar içermektedir (46). Kolay ve hızlı bir uygulama sağlaması, bu kompozit rezinlerin en büyük avantajıdır (59).

Fiberle güçlendirilmiş kompozit rezin

Posterior bölgedeki büyük Sınıf II kavitelere indirekt restorasyon ihtiyacını ortadan kaldırıp, dentinin stres absorbe edici özelliğini direkt restorasyonlarda taklit edebilmek amacıyla kısa fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler üretilmiştir. Cam fiberler yaklaşık 30 yıldır, polimerleri güçlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Karbon ve aramid fiberlere göre, cam fiberlerin estetik ve güçlendirici özellikleri daha yüksektir (60).

Üniversal kompozit rezin

Dental tedavilerde teknik hassasiyeti azaltmak ve hasta başında geçirilen süreyi en aza indirmek için geliştirilen, basitleştirilmiş tedavi protokollerinin uygulanmasına izin veren kompozit rezinler ve restoratif teknikler hekimler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Estetik restoratif tedavilerin zorlu basamaklarından biri olan, çevresel faktörlerden etkilenen renk seçimi prosedürünü kolaylaştırmak için üniversal kompozit rezinler piyasaya sürülmüştür (61). Hatalı renk seçimi yapılmasına engel olan üniversal, kromatik veya tek renkli kompozit rezinler, renk seçimi sürecini tamamen ortadan kaldırmaktadır (62).

Kompozit rezinlerin, çevre mine ve dentin dokusunun rengini yansıtarak benzer renk algısı yaratmasına "bukalemun etkisi" denilmektedir (63).

2.4.4. Dişlerin optik özellikleri

Floresans: Nesnenin gelen ışık enerjisini emdikten sonra, bu enerjiyi görünür spektruma geri yaymasıyla floresans özellik ortaya çıkmaktadır (19). Doğal bir dişte dentin dokusu, yapısında bulunan organik içerik sebebiyle floresans özellik göstermektedir. Dişin yoğunluk (kroma) değeri azaldıkça, dentinin floresans özelliği artmaktadır. Porselen kronlarda yoğunluğu azaltmak için, porselenin yapısına floresans özelliği olan tozlar eklenebilmektedir (24).

Opalesans: Nesnenin ışığı ilettiğinde veya yansıttığında farklı renklerde görünmesidir. Minede bulunan hidroksiapatit kristalleri prizma görevi görmektedir (24). Hidroksiapatit kristallerinin dişe gelen ışığı dağıtmasıyla, dişte opalesans özellik oluşmaktadır. Opalesans etki sebebiyle; kısa dalga boylu ışınlar yansıtılıp, uzun dalga boylu ışınlar diğ tarafından iletilerek dişte mavimsi bir ışıltı oluşmaktadır (19). Minenin opalesans etkileri sayesinde, diğ canlı, aydınlık ve optik olarak derin görünmektedir (24).

Opaklık: Dişe gelen ışınlarının, diğın yoğun partikül içermesi sebebiyle diğ tarafından yansıtılması veya emilmesi ile opak özellik oluşmaktadır (19).

Saydamlık: Diğın yoğun partikül içermeyen kısımlarına gelen ışığın iletilmesiyle saydamlık (transparansi) oluşmaktadır (19).

Yarı saydamlık: Diğın küçük partikül bulunan kısımlarına gelen ışınların hem yansıtılıp, hem iletilmesiyle translüsensi özellik meydana gelmektedir (19). Bir diğın translüsensi özelliğı arttığı zaman, renk değeri düşmektedir. Translüsensinin artması ile, dişe gelen ışık diğın yüzeyinden geçip, dişte bulunan restorasyon içinde dağılmaktadır. Diğın translüsensi özelliğı; ışığın geliş açısına, dalga boyuna, diğın dehidratasyonuna, minenin şeffaflığına, diğın yüzey özelliklerine bağlıdır (24).

2.5. Çalışmanın Amacı ve Sıfır Hipotezleri

Bu *in vitro* çalışmada, farklı marka-aynı renk ya da bukalemun etkisi gösteren kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler ile aynı marka-aynı renk kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler arasındaki renk farkına farklı aydınlatmaların metamerik etkisinin incelenmesi amaçlandı.

Çalışmanın birinci sıfır hipotezi, kompozit rezinlerin tamiri için kullanılan tamir kompozit rezinlerinin metamerizme etkisi olmadığı; ikinci sıfır hipotezi ise, tamir uygulanmış kompozit rezinlerde oluşan metamerizmin aydınlatıcıya bağlı olmadığı yönündedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada renk ölçümü, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Reziner

Çalışmada 3 adet nanodolduruculu ve 1 adet nanohibrit olmak üzere ışıqla polimerize olan toplam 4 farklı kompozit rezin kullanıldı. Kullanılan kompozit rezinlerin marka, üretici firma, renk, içerik ve seri numarası bilgileri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler

Kompozit Resin	Renk	Üretici Firma	Seri Numarası	Organik İçerik	Doldurucu İçerik	Doldurucu Oranı
Omnichroma (Nanofil)	---	Tokuyama Dental Co., Japonya	145S1	UDMA, TEGDMA	Küresel SiO ₂ -ZrO ₂	%79 (Ağırlıkça)
Estelite Sigma Quick (Nanofil)	A2	Tokuyama Dental Co., Japonya	E8261	Bis-GMA, TEGDMA	Küresel Si-Zr, Si-Ti	%82 (Ağırlıkça)
Specktra ST HV (Nanohibrit)	A2	Dentsply Sirona, Almanya	2112000696	UDMA, TEGDMA, BIS-EMA	Küresel Ba-Al-borosilikat cam, YbF ₃	%78–80 (Ağırlıkça)
Filtek Ultimate (Nanofill)	A2	3M, ESPE St Paul, ABD	NA65295	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA	Silika, Zr	%78,5 (Ağırlıkça)



Resim 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler

3.2. Numunelerin Hazırlanmasında Kullanılan Kalıplar

Kalıp 1: Çalışmada tamir edilecek orijinal restorasyonu taklit etmek için dış çapı 10 mm, iç çapı 4 mm, yüksekliği 2 mm olan halka şeklinde hazırlanmış olan teflon kalıplar kullanıldı (Resim 3.2).



Resim 3.2. Çalışmada kullanılan kalıp 1

Kalıp 2: Tamir kompozitinin yerleştirilmesinin taklit edilmesi için çapı 10 mm, yüksekliği 2 mm olan teflon kalıplar (Resim 3.3), orijinal restorasyonu taklit eden kompozit rezin halkaları içerisine yerleştirildikten sonra (Resim 3.4) kullanıldı.



Resim 3.3. Çalışmada kullanılan kalıp 2



Resim 3.4. Kompozit rezin halkalarının kalıp 2 içine yerleştirilmesi

3.3. Gruplarının Hazırlanması ve Renk Ölçümleri

Her bir kompozit rezin; kalıp 1'e temiz el aletleriyle hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirildi. Kompozit rezinlerin üzerine sırasıyla şeffaf selüloit bant ve siman camı konup, kısa süreli bastırılarak fazla materyal uzaklaştırıldı. Daha sonra polimerizasyon cihazı (VALO (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)) siman camı üzerinden, cama temas edecek şekilde, dik açıyla kullanılarak üreticilerin tavsiyelerine göre polimerizasyon gerçekleştirildi. Polimerizasyon öncesinde ışık cihazının ışık yoğunluğu bir radyometre (Bluephase meter, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) kullanılarak ölçüldü. Omnichroma ve Estelite Sigma Quick 15 sn, Spectra ST ve Filtek Ultimate 20 sn süreyle polimerize edildi.

Elde edilen kompozit rezin halkaları; teflon kalıptan dikkatlice çıkarılarak, kalıp 2'ye yerleştirildi. Kalıp 1'de hazırlanmış olan kompozit rezin halkaların merkezinde bulunan 4 mm çapında, 2 mm yüksekliğinde disk şeklindeki boşluğa aynı kompozit rezin ile tamir işlemini taklit edecek kontrol gruplarında (n=12) (A₀, B₀, C₀, D₀), dış halkada kullanılan

kompozit rezin ile aynı kompozit rezin; farklı bir kompozit rezin ile tamir işlemini taklit edecek diğer gruplarda (n=12) (A₁₋₃, B₁₋₃, C₁₋₃, D₁₋₃) dış halkada kullanılan kompozit rezinden farklı bir kompozit rezin temiz el aletleriyle hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirildi (Çizelge 3.2, Çizelge 3.3.). Kompozit rezinlerin üzerine sırasıyla şeffaf selüloit bant ve siman camı konup, kısa süreli bastırılarak fazla materyal uzaklaştırıldı. Daha sonra siman camı üzerinden, cama temas edecek şekilde, dik açıyla aynı şekilde polimerize edildi. Hazırlanan numuneler 24 saat 37°C’de distile su içerisinde etüvde bekletildi. 24 saatin sonunda etüvden çıkarılan numunelere, su soğutması altında 30 sn süreyle disk şekilli parlatıcılar (Super Snap, Shofu, Kyoto, Japonya) kullanılarak bitirme ve parlatma işlemleri yapıldı. Kurulama kağıdıyla kurulan numunelerin her birinin renk parametreleri temaslı bir spektrofotometre (Color Spectrophotometer 3600d, Konica Minolta, Japonya) kullanılarak ölçüldü (Resim 3.5). Ölçüm sırasında; spektrofotometrenin gözlemci açısı 10⁰, Aynasal Bileşen Hariç ((SCE (Specular Component Excluded)) modunda sırasıyla D65 (kuzey gün ışığı), F2 (soğuk beyaz floresan), A (tungsten veya akkor ışık) aydınlatmaları kullanılacak şekilde, standart beyaz bir arka plan üzerinde (L: 92,7; a: 0,67; b: -4,86), her aydınlatma için 3 er kez ölçüm yapıldı. Bu 3 ölçümden elde edilen ortalama CIE L*, a*, b* değerleri kaydedildi.



Resim 3.5. Çalışmada kullanılan spektrofotometre



Resim 3.6. Beyaz arka fon üzerinde ölçüm yapılırken

Standardizasyon sağlanması amacıyla, renk ölçümleri günün aynı saatinde ve aynı ortamda yapıldı. Ölçümlerden önce spektrofotometrenin kendine ait olan seramik blok kullanılarak cihaz kalibre edildi.

3.4. Translüsensi Parametresinin Hesaplanması

Translüsensi parametresinin hesaplanması için hazırlanan kontrol gruplarında bulunan numunelerin (A_0 , B_0 , C_0 , D_0) ölçümleri, standart bir siyah arka plan (L : 29,62; a : 1,41; b : -0,89) üzerinde, D65 aydınlatıcı modunda tekrarlandı. Translüsensi parametresi, numunelerin siyah ve beyaz arka plan üzerinde yapılan ölçümlerinden elde edilen $L^*a^*b^*$ renk değerleri kullanılarak, aşağıdaki formülle hesaplandı (Denklem 3.1):

$$TP = ([L^*_s - L^*_b]^2 + [a^*_s - a^*_b]^2 + [b^*_s - b^*_b]^2)^{1/2} \quad (3.1)$$

(s : siyah arka plan üzerinde yapılan ölçümler, b : beyaz arka plan üzerinde yapılan ölçümler)

3.5. Spektral Grafiklerin Oluşturulması

Spektrofotometre spektral grafik modunda ve UV ayarları %0 iken, kontrol gruplarında bulunan numunelerinin (A_0 , B_0 , C_0 , D_0) ölçümleri D65 aydınlatıcısı altında, standart bir beyaz arka plan (L : 92,7; a : 0,67; b : -4,86) üzerinde tekrarlandı. 360 ile 740 nm aralığında her 10 nm'de bir ölçüm yapılarak numunelerin spektral grafikleri oluşturuldu.

Çizelge 3.2. Aynı kompozit rezin kullanılarak yapılan tamir işlemini taklit edecek kontrol grupları

Kontrol Grupları	Dış halka	İç silindir
Grup A₀ (n=12)	Omnichroma	Omnichroma
Grup B₀ (n=12)	Estelite Sigma Quick	Estelite Sigma Quick
Grup C₀ (n=12)	Specktra ST HV	Specktra ST HV
Grup D₀ (n=12)	Filtek Ultimate	Filtek Ultimate

Çizelge 3.3. Farklı bir kompozit rezin kullanılarak yapılan tamir işlemini taklit edecek gruplar

	Gruplar	Dış Halka	İç silindir
Grup A (Omnichroma)	Grup A ₁ (n=12)	Omnichroma	Estelite Sigma Quick
	Grup A ₂ (n=12)	Omnichroma	Specktra ST HV
	Grup A ₃ (n=12)	Omnichroma	Filtek Ultimate
Grup B (Estelite Sigma Quick)	Grup B ₁ (n=12)	Estelite Sigma Quick	Omnichroma
	Grup B ₂ (n=12)	Estelite Sigma Quick	Specktra ST HV
	Grup B ₃ (n=12)	Estelite Sigma Quick	Filtek Ultimate
Grup C (Spektra ST HV)	Grup C ₁ (n=12)	Specktra ST HV	Estelite Sigma Quick
	Grup C ₂ (n=12)	Specktra ST HV	Omnichroma
	Grup C ₃ (n=12)	Specktra ST HV	Filtek Ultimate
Grup D (Filtek Ultimate)	Grup D ₁ (n=12)	Filtek Ultimate	Estelite Sigma Quick
	Grup D ₂ (n=12)	Filtek Ultimate	Specktra ST HV
	Grup D ₃ (n=12)	Filtek Ultimate	Omnichroma

Buna göre A gruplarını dış halkada Omnichroma kullanılarak hazırlanmış kompozit rezin diskler; B gruplarını dış halkada Estelite Sigma Quick kullanılarak hazırlanmış kompozit rezin diskler; C gruplarını dış halkada Spektra ST HV kullanılarak hazırlanmış kompozit rezin diskler; D gruplarını dış halkada Filtek Ultimate kullanılarak hazırlanmış kompozit rezin diskler oluşturmaktadır (Çizelge 3.2).

Dış halkada Omnichroma, iç silindirde Estelite Sigma Quick kullanılan numuneler A₁ grubunu; dış halkada Omnichroma, iç silindirde Spektra ST HV kullanılan numuneler A₂ grubunu; dış halkada Omnichroma, iç silindirde Filtek Ultimate kullanılan numuneler A₃ grubunu oluşturmaktadır.

Dış halkada Estelite Sigma Quick, iç silindirde Omnichroma kullanılan numuneler B₁ grubunu; dış halkada Estelite Sigma Quick, iç silindirde Spektra ST HV kullanılan

numuneler B₂ grubunu; dış halkada Estelite Sigma Quick, iç silindirde Filtek Ultimate kullanılan numuneler B₃ grubunu oluşturmaktadır.

Dış halkada Spektra ST HV, iç silindirde Estelite Sigma Quick kullanılan numuneler C₁ grubunu; dış halkada Spektra ST HV, iç silindirde Omnichroma kullanılan numuneler C₂ grubunu; dış halkada Spektra ST HV, iç silindirde Filtek Ultimate kullanılan numuneler C₃ grubunu oluşturmaktadır.

Dış halkada Filtek Ultimate, iç silindirde Estelite Sigma Quick kullanılan numuneler D₁ grubunu; dış halkada Filtek Ultimate, iç silindirde Spektra ST HV kullanılan numuneler D₂ grubunu; dış halkada Filtek Ultimate, iç silindirde Omnichroma kullanılan numuneler D₃ grubunu oluşturmaktadır (Çizelge 3.3).

Her grubun kendi kontrol grubu ile arasındaki renk farkı CIE L*a*b renk değerleri kullanılarak aşağıdaki denklem ile hesaplandı (Denklem 3.2.);

$$\Delta E^*ab = [(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2]^{1/2} \quad (3.2)$$

(1: Farklı kompozit ile tamir grupları, 2: Kontrol grupları)

3.6. Metamerik İndeksin Hesaplanması

Farklı ışık kaynakları kullanılarak yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak metamerik indeks hesaplandı. D65 aydınlatması altında herhangi bir grup, kendi kontrol grubu ile aynı tristimulus değerlerini vermediğinden çalışmada standart CIE metamerik indeks kullanılamadı. Standart CIE metamerik indeks yerine; F2 ve A aydınlatmaları altında yapılan ölçümler ile D65 aydınlatması altında yapılan ölçümlerin karşılaştırıldığı modifiye metamerik indeks (Mod-M) kullanıldı.

A aydınlatması ile D65 aydınlatması arasındaki metamerik indeks, A aydınlatması altında kontrol grupları ve diğer gruplar arasındaki ΔE^*ab ile D65 aydınlatması altında kontrol grupları ve diğer gruplar arasındaki ΔE^*ab değerlerinin oranı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı (Denklem 3.3):

$$\text{Mod-M}_A = \frac{\text{A aydınlatması altında } \Delta E^*_{ab}}{\text{D65 aydınlatması altında } \Delta E^*_{ab}} \quad (3.3)$$

Denklem 3.3. A aydınlatması ile D65 aydınlatması arasındaki metamerik indeksin hesaplanması

F2 aydınlatması ile D65 aydınlatması arasındaki metamerik indeks, F2 aydınlatması altında kontrol grupları ve diğer gruplar arasındaki ΔE^*_{ab} ile D65 aydınlatması altında kontrol grupları ve diğer gruplar arasındaki ΔE^*_{ab} değerlerinin oranı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplandı (Denklem 3.4):

$$\text{Mod-M}_{F2} = \frac{\text{F2 aydınlatması altında } \Delta E^*_{ab}}{\text{D65 aydınlatması altında } \Delta E^*_{ab}} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4. F2 aydınlatması ile D65 aydınlatması arasındaki metamerik indeksin hesaplanması

3.7. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi için IBM SPSS 25.0 (SPSS Inc; Chicago; IL, ABD) paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmagorov-Smirnov ve Shapiro Wilk's testi kullanılarak; varyans homojenliği ise Levene testi kullanılarak değerlendirildi. Verilerin normallik varsayımını karşılaması ve varyansların homojen olması sebebiyle istatistiksel analiz parametrik testler kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirildi. Çalışmada test edilen grupların istatistiksel karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA), çoklu karşılaştırmalarda ise Tukey HSD testi kullanıldı. Aynı grubun farklı ışık kaynakları altındaki renk değerlerinin karşılaştırılmasında eşleştirilmiş örneklem t-testi kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Tranlüsensi Parametresi Bulguları

Dış halkada ve iç silindirde aynı kompozit rezinlerin kullanılmasıyla elde edilen kontrol gruplarının siyah ve beyaz arka zemin üzerinde, D65 aydınlatması altında ölçülen L^* , a^* , b^* değerleri kullanılarak hesaplanan TP'lerinin ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.1'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Kontrol gruplarının translüsensi parametreleri

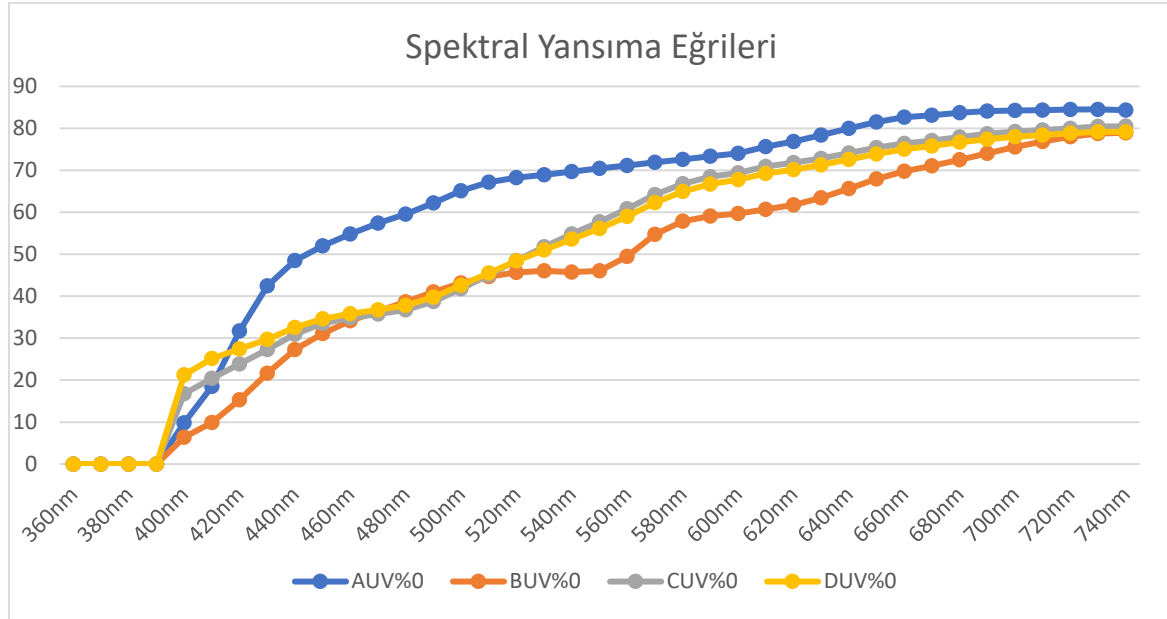
Grup	TP
A ₀	13,94±0,35 ^a
B ₀	9,79±0,36 ^b
C ₀	11,44±0,20 ^c
D ₀	11,04±0,23 ^d
ANOVA(p)	0,000

*yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler kompozit rezinler arasındaki TP farkını göstermektedir (Tukey HSD).

Tukey testi sonuçlarından elde edilen verilere göre A₀, B₀, C₀, D₀ gruplarının TP değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p=0,000). En büyük TP değerini A₀ grubu gösterirken, en düşük TP değerini B₀ grubu göstermiştir.

4.2. Spektral Bulgular

Spektrofotometre 'spektral grafik', UV %0 modunda iken, D65 aydınlatıcı altında, standart beyaz arka plan üzerinde; dış halkada ve iç silindirde aynı kompozit rezinlerin kullanılmasıyla elde edilen kontrol gruplarının 360 ile 740 nm aralığında her 10 nm'de üçer ölçüm yapılarak ve bu ölçümlerin ortalama değerleri esas alınarak çizilen spektral yansıma eğrisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kontrol gruplarının spektral yansımaya eğrileri

C₀ ve D₀ gruplarının spektral eğrilerinin birbirlerine çok yakın seyrettiği ve A₀ grubunun spektral eğrisinin diğer tüm gruplardan uzak seyrettiği görüldü.

4.3. A Gruplarının Bulguları

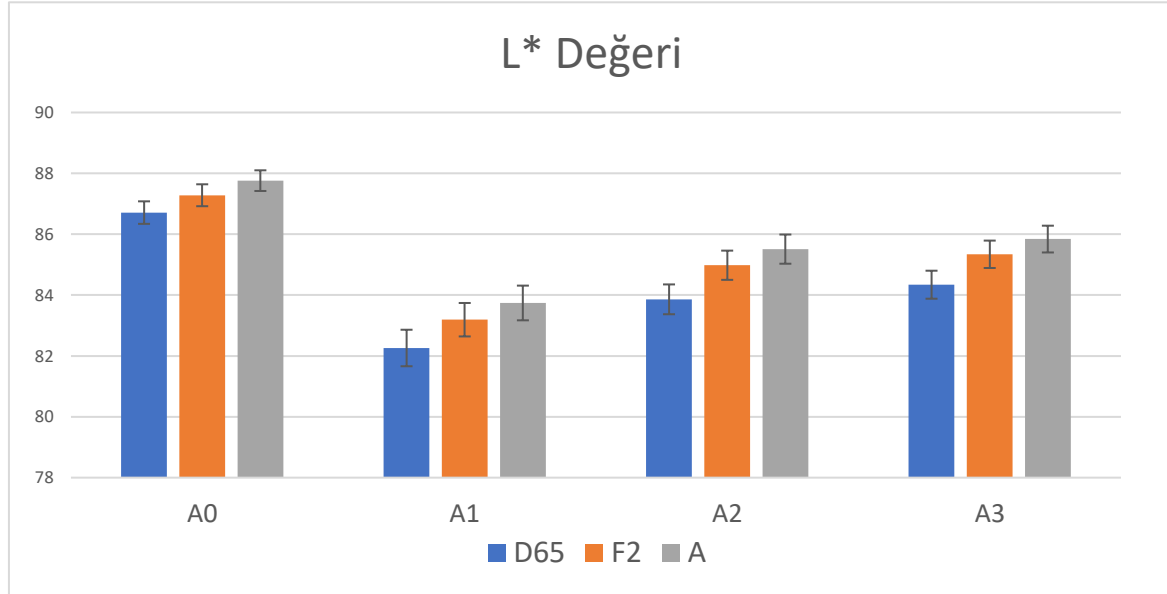
A₀, A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki renk ölçümlerinden elde edilen L*, a*, b* koordinatlarının ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. D65, F2 ve A aydınlatmaları altında A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının L*, a*, b* değerleri

		A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	ANOVA (p)
D65	L*	86,71±0,37 ^c	82,26±0,60 ^a	83,86±0,49 ^b	84,34±0,46 ^b	0,000
	a*	-1,35±0,15 ^a	1,33±0,20 ^b	1,92±0,11 ^d	1,65±0,15 ^c	0,000
	b*	18,68±0,63 ^a	21,01±0,68 ^b	22,95±0,49 ^c	20,95±0,44 ^b	0,000
F2	L*	87,28±0,36 ^c	83,19±0,55 ^a	84,98±0,48 ^b	85,34±0,45 ^b	0,000
	a*	-0,90±0,11 ^a	1,22±0,15 ^c	1,11±0,08 ^c	0,97±0,10 ^b	0,000
	b*	20,53±0,71 ^a	23,57±0,72 ^b	25,85±0,52 ^c	23,56±0,48 ^b	0,000
A	L*	87,76±0,34 ^c	83,74±0,57 ^a	85,51±0,48 ^b	85,84±0,44 ^b	0,000
	a*	3,82±0,19 ^a	6,65±0,26 ^c	6,78±0,11 ^c	6,25±0,15 ^b	0,000
	b*	18,27±0,69 ^a	21,19±0,78 ^b	23,75±0,45 ^c	21,64±0,45 ^b	0,000

*Soldan sağa farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında, gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD).

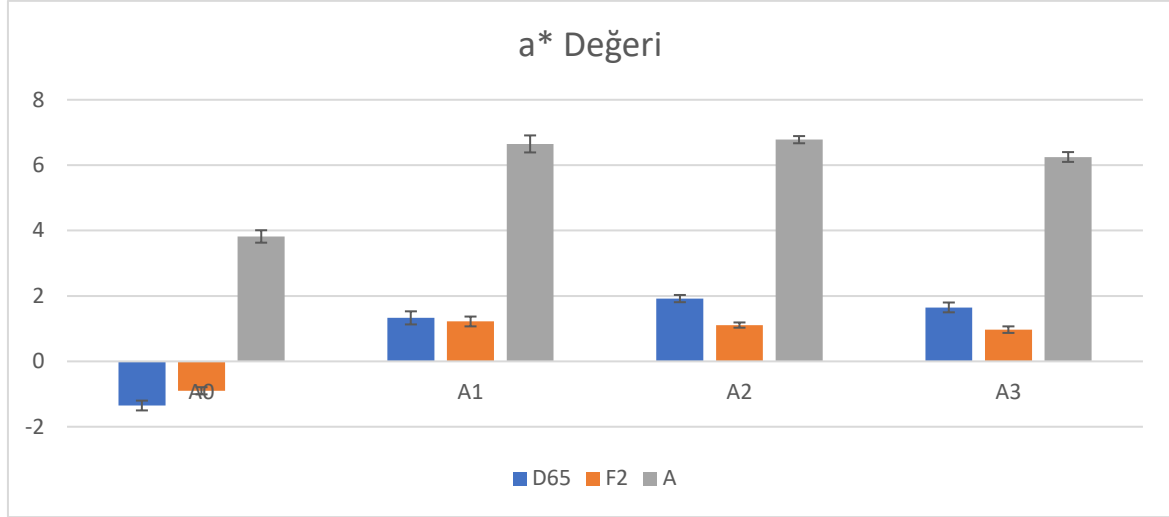
A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki L* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. D65, F2, A aydınlatmaları altında A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının L* değerleri

A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki L* değerleri arasında (sırasıyla $p=0,096$, $p=0,251$, $p=0,309$) istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Üç aydınlatma altında da A₀ grubu en yüksek L* değerini gösterir iken, A₁ grubu en düşük L* değerini göstermektedir. A₀ ve A₁ gruplarının L* değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

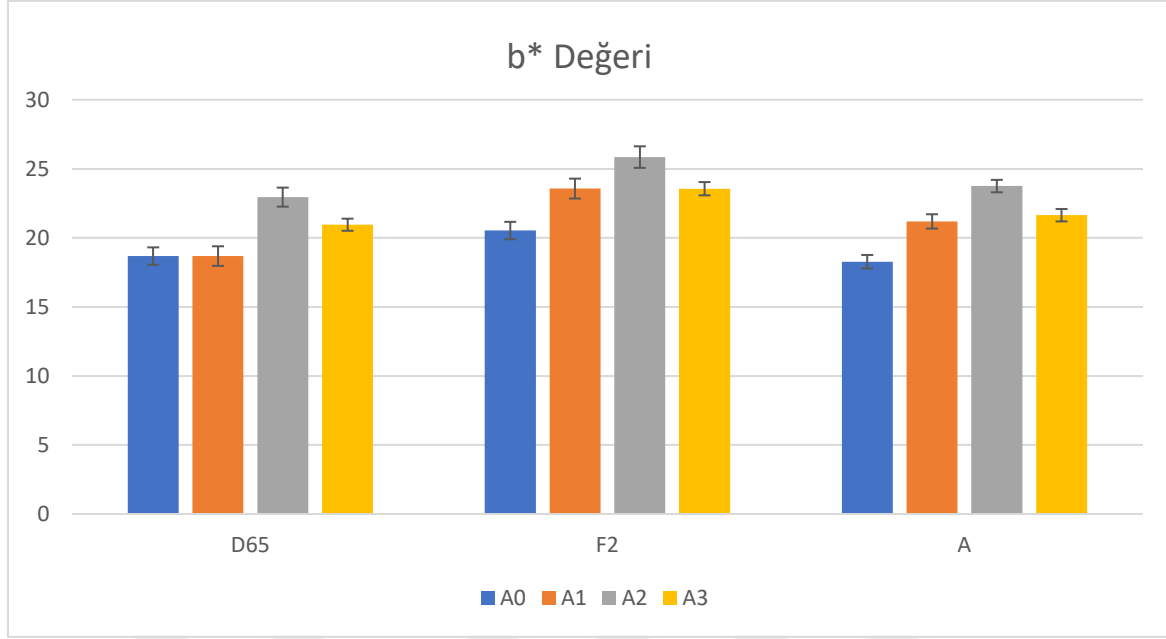
A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki a* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.3.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının a* değerleri

D65 aydınlatması altında grupların a* değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p < 0,05$). A₁ ve A₂ gruplarının F2 aydınlatması altındaki ($p = 0,124$) ve A aydınlatması altındaki ($p = 0,322$) a* değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p < 0,005$). Tüm grupların A aydınlatması altındaki a* değerleri D65 aydınlatması altındaki a* değerlerinden yüksektir. A₁, A₂, A₃ gruplarının F2 aydınlatması altındaki a* değerleri D65 aydınlatması altındaki a* değerlerinden düşüktür.

A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatması altındaki b* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. A₀, A₁, A₂, A₃ gruplarının b* değerleri

A₁ ve A₃ gruplarının D65 aydınlatması altındaki ($p=0,993$), F2 aydınlatması altındaki ($p=1,000$), A aydınlatması altındaki ($p=0,301$) b* değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,005$). Tüm aydınlatması altında A₀ grubunun b* değeri en düşük iken, A₂ grubunun b* değeri en yüksektir.

A₀ grubu ile A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen L* değerlerinin farkının (ΔL) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Çizelge 4.3. D65, F2, A aydınlatmaları altında A₁, A₂, A₃ gruplarının ΔL değerleri

ΔL	D65	F2	A
A ₁	-4,45±0,61 ^{aA}	-4,08±0,55 ^{aB}	-4,01±0,57 ^{aB}
A ₂	-2,84±0,49 ^{bA}	-2,29±0,48 ^{bB}	-2,24±0,48 ^{bC}
A ₃	-2,36±0,46 ^{bA}	-1,93±0,45 ^{bB}	-1,91±0,44 ^{bC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre A₂ ve A₃ gruplarının D65 aydınlatması altındaki ΔL değerleri arasında ($p=0,08$), F2 aydınlatması altındaki ΔL değerleri arasında ($p=0,197$), A aydınlatması altındaki ΔL değerleri arasında ($p=0,246$) istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. A₁, A₂, A₃ grupları en yüksek ΔL değerlerini A aydınlatması altında gösterir iken, en düşük ΔL değerlerini D65 aydınlatması altında göstermektedir. Üç aydınlatma altında da A₃ en yüksek, A₁ en düşük ΔL değerinin göstermektedir.

A₀ grubu ile A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen a* değerlerinin farkının (Δa) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. D65, F2, A aydınlatmaları altında A₁, A₂, A₃ gruplarının Δa değerleri

Δa	D65	F2	A
A ₁	2,68±0,21 ^{aA}	2,12±0,15 ^{bB}	2,83±0,26 ^{bC}
A ₂	3,27±0,11 ^{cA}	2,01±0,09 ^{bB}	2,96±0,11 ^{bC}
A ₃	3,01±0,15 ^{bA}	1,87±0,10 ^{aB}	2,43±0,15 ^{aC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre A₁ ve A₂ gruplarının F2 aydınlatması altında Δa değerleri arasında ($p=0,077$), A aydınlatması altında Δa değerleri arasında ($p=0,208$) istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. A₁, A₂, A₃ gruplarının D65 aydınlatması altında elde edilen Δa değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur ($p<0,05$). Tüm gruplar en düşük Δa değerini F2 aydınlatması altında gösterir iken; A₁ grubu en yüksek Δa değerini A aydınlatması altında, A₂ ve A₃ grupları en yüksek Δa değerini D65 aydınlatması altında göstermektedir.

A₀ grubu ile A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen b* değerlerinin farkının (Δb) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. D65, F2, A aydınlatmaları altında A₁, A₂, A₃ gruplarının Δb değerleri

Δb	D65	F2	A
A ₁	2,33±0,68 ^{aA}	3,04±0,72 ^{aB}	2,92±0,78 ^{aB}
A ₂	4,27±0,49 ^{bA}	5,32±0,52 ^{bB}	5,48±0,45 ^{bC}
A ₃	2,72±0,44 ^{aA}	3,03±0,48 ^{aB}	3,37±0,45 ^{aC}
ANOVA(p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre A₁ ve A₃ gruplarının D65 aydınlatması altındaki Δb değerleri arasında (p=0,957), F2 aydınlatması altındaki Δb değerleri arasında (p=1,000), A aydınlatması altındaki Δb değerleri arasında (p=0,167) istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur (p<0,05). Üç aydınlatma altında da A₂ grubu en yüksek Δb değerini göstermektedir. Tüm gruplar en düşük Δb değerini D65 aydınlatması altında göstermektedir.

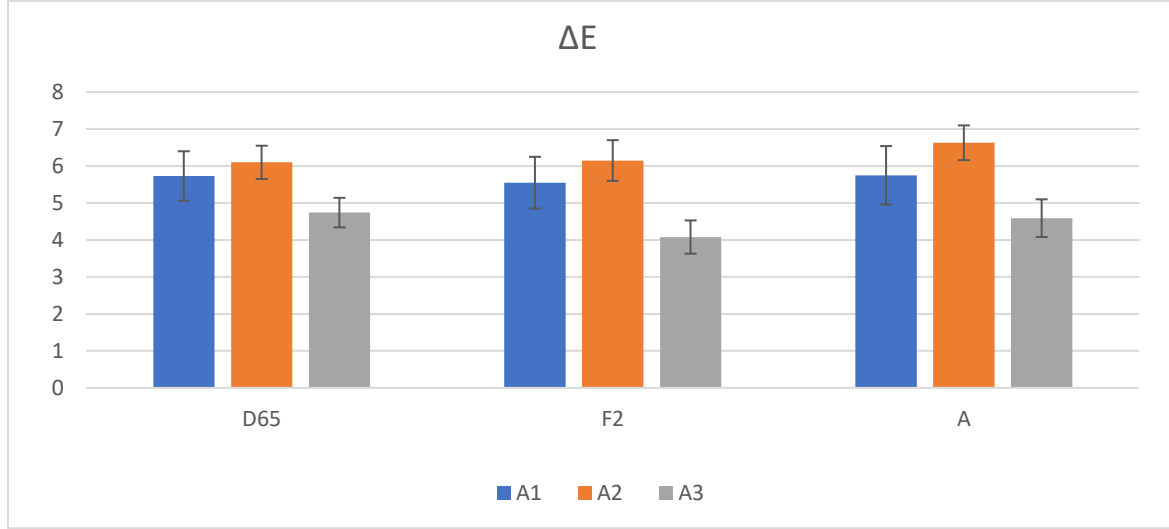
A₀ grubu ile A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen renk farkının (ΔE) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.6' de verilmiştir.

Çizelge 4.6. D65, F2, A aydınlatmaları altında A₁, A₂, A₃ gruplarının ΔE değerleri

ΔE	D65	F2	A
A ₁	5,73±0,67 ^{bA}	5,55±0,7 ^{bB}	5,75±0,79 ^{bAB}
A ₂	6,10±0,45 ^{bA}	6,15±0,55 ^{cA}	6,63±0,47 ^{cB}
A ₃	4,74±0,4 ^{aA}	4,08±0,45 ^{aB}	4,59±0,51 ^{aA}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altındaki ΔE değerleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. A₁, A₂, A₃ gruplarının ΔE değerleri

Tukey testi sonuçlarına göre; A₁, A₂ ve A₃ grupları üç ışık kaynağında da klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin ($\Delta E=3,3$) üstünde ΔE değeri göstermiştir. A₁ ve A₂ gruplarının D65 ve F2 ışık kaynakları altında gösterdikleri ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır (sırasıyla $p=0,197$, $p=0,04$). Tüm ışık kaynakları altında A₃ grubu en düşük, A₂ grubu en yüksek ΔE değeri göstermektedir. A₁, A₂, A₃ grupları en yüksek ΔE değerlerini A ışık kaynağı altında göstermektedir. A₁ ve A₃ gruplarının D65 ışık kaynağı altında ölçülen ΔE değeri ($p=0,648$) ile A ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri ($p=0,098$) arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. A₂ grubunun D65 ve F2 ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p=0,571$).

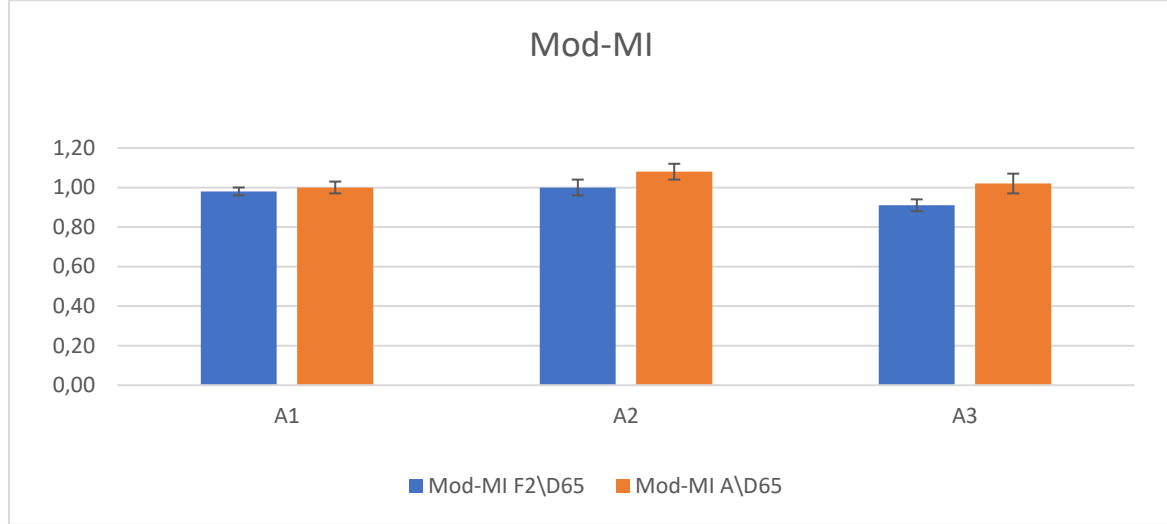
Tukey testi sonucunda A₁, A₂, A₃ gruplarının F2 ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değeri ile A ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değerleri Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. A₁, A₂, A₃ gruplarının metamerik indeks değerleri

	Mod-MI F2\D65	Mod-MI A\D65
A ₁	0,98±0,02 ^{bA}	1,00±0,03 ^{aA}
A ₂	1,00±0,04 ^{cA}	1,08±0,04 ^{bB}
A ₃	0,91±0,03 ^{aA}	1,02±0,05 ^{aB}
ANOVA (p)	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (t-test).

A₁, A₂ ve A₃ gruplarının D65 aydınlatmasına göre F2 ve A aydınlatmaları altındaki Mod-MI değerleri Şekil 4.6’te gösterilmiştir.



Şekil 4.6. A₁, A₂, A₃ gruplarının MI değerleri

Tukey testi sonuçlarına göre MI F2/D65 için A₁, A₂, A₃ grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcut ($p < 0,05$) iken MI A/D65 için A₁ ve A₃ grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p = 0,406$). A₁ ve A₃ gruplarının F2 ışık kaynağında D65 ışık kaynağına göre oluşan metamerik indeks değeri kabul edilebilir eşik değerin (MI=1) altındadır. Tüm grupların A ışık kaynağında D65 ışık kaynağına göre oluşan metamerik indeks değerleri kabul edilebilirlik eşik değerinin üzerindedir. Gruplar arasında A₂ grubu iki ışık kaynağında da A₁ ve A₃ ışık kaynaklarına göre yüksek metamerik indeks değeri göstermektedir. A₁ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları arasında istatistiksel olarak fark yokken ($p = 0,08$), A₂ ve A₃ gruplarının D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p = 0,00$).

4.4. B Gruplarının Bulguları

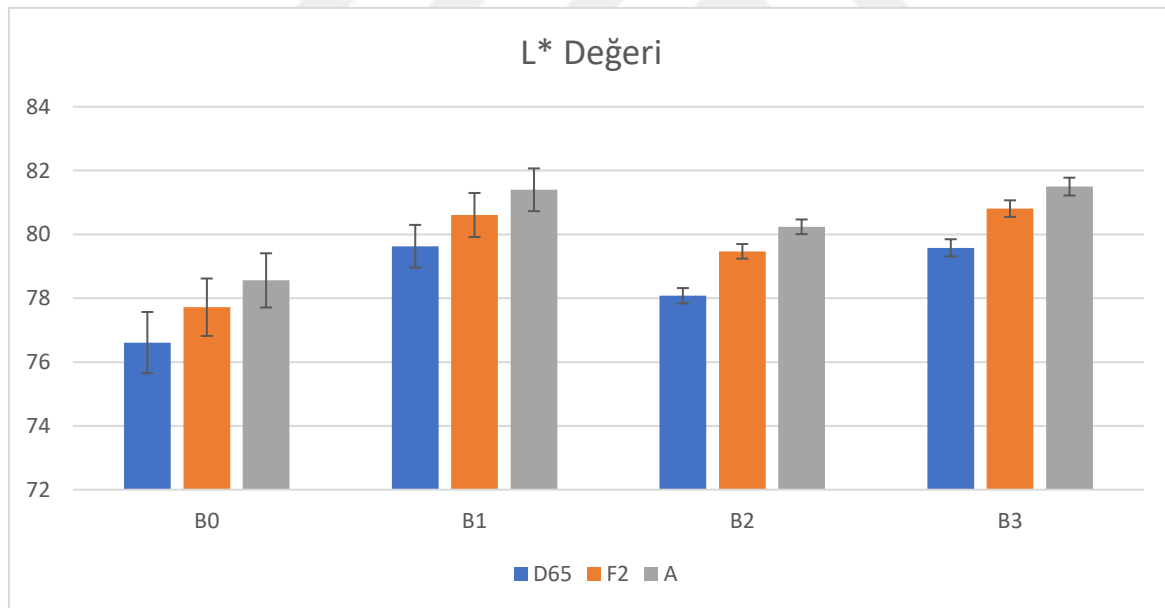
B₀, B₁, B₂, B₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki renk ölçümlerinden elde edilen L*, a*, b* koordinatlarının ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. D65, F2 ve A ışık kaynakları için B₀, B₁, B₂ ve B₃ gruplarının L, a, b değerleri

		B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	ANOVA (p)
D65	L*	76,61±0,96 ^a	79,63±0,67 ^c	78,08±0,24 ^b	79,58±0,27 ^c	0,000
	a*	4,29±0,39 ^b	2,91±0,21 ^a	5,59±0,15 ^d	4,68±0,38 ^c	0,000
	b*	24,08±1,35 ^b	23,51±0,63 ^b	25,37±0,29 ^c	22,27±0,40 ^a	0,000
F2	L*	77,72±0,90 ^a	80,61±0,69 ^c	79,47±0,23 ^b	80,81±0,26 ^c	0,000
	a*	3,53±0,26 ^b	2,38±0,15 ^a	4,02±0,10 ^c	3,46±0,16 ^b	0,000
	b*	27,62±1,63 ^b	26,64±0,77 ^b	29,06±0,31 ^c	25,47±0,44 ^a	0,000
A	L*	78,56±0,85 ^a	81,40±0,67 ^c	80,24±0,23 ^b	81,50±0,28 ^c	0,000
	a*	9,91±0,57 ^c	8,61±0,27 ^a	10,59±0,14 ^d	9,34±0,31 ^b	0,000
	b*	24,90±1,39 ^b	24,10±0,63 ^{ab}	27,02±0,36 ^c	23,78±0,44 ^a	0,000

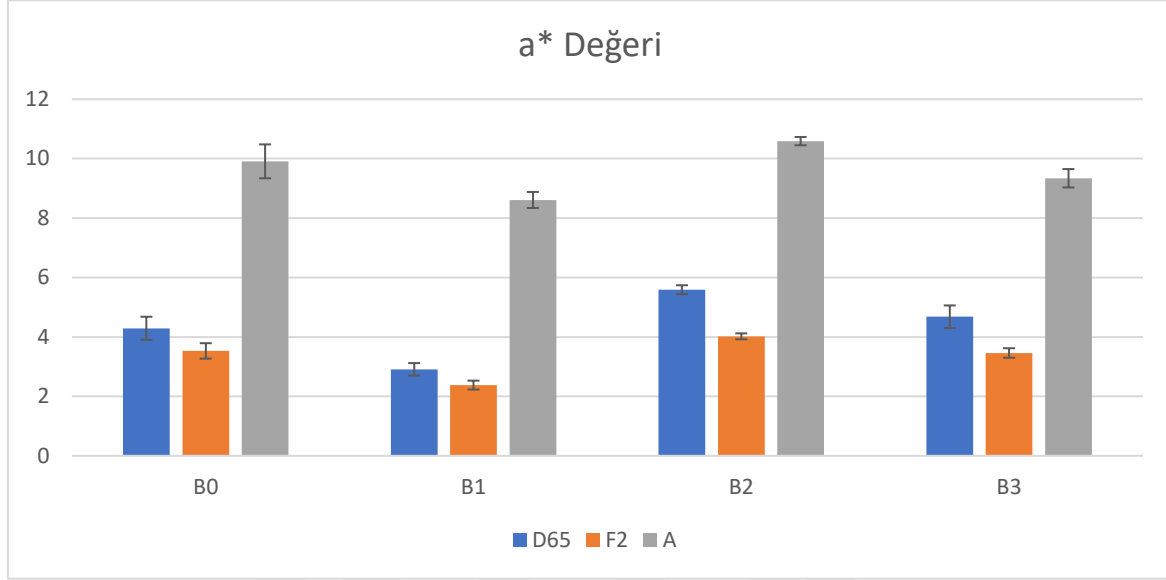
*Soldan sağa farklı küçük harfler aynı aydınlatma altındaki gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD).

B₀, B₁, B₂, B₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen L* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.7.'da verilmiştir.

Şekil 4.7. B₀, B₁, B₂ ve B₃ gruplarının L değerleri

D65, F2 ve A aydınlatmaları altında B₁ ve B₃ gruplarının L* değerleri arasında (sırasıyla p=0,998, p=0,852, P=0,979) istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Gruplar arasında üç aydınlatması altında da B₀ grubu en düşük L* değerini göstermektedir. B₀, B₁, B₂, B₃ gruplarının L* değerleri D65 aydınlatması altında en düşük değeri verirken, A aydınlatması altında en yüksek L* değerlerini vermektedir.

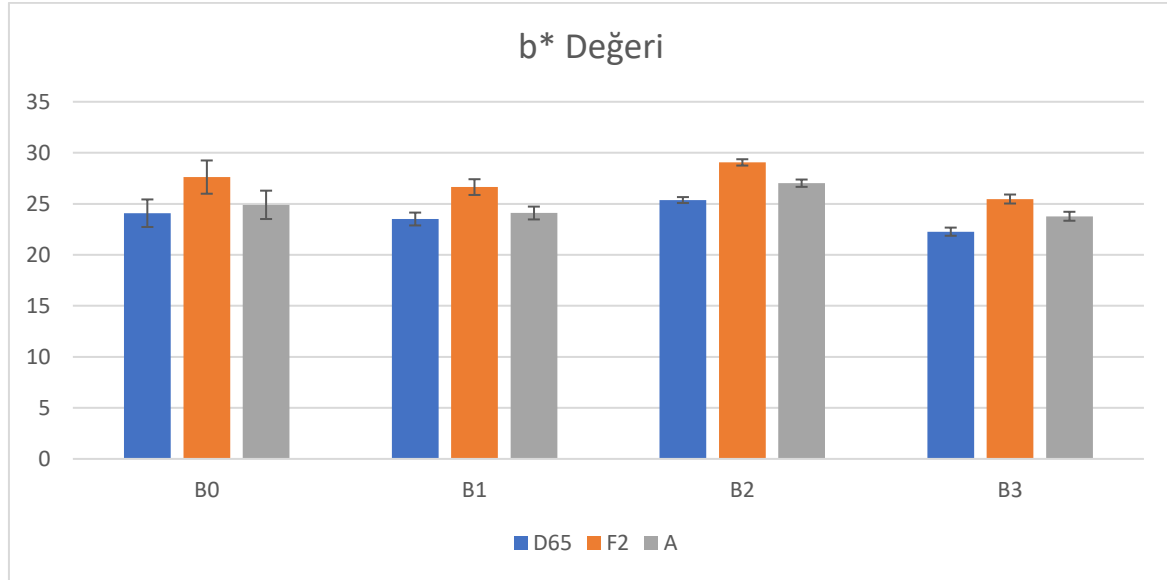
B₀, B₁, B₂, B₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen a* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.8.'da verilmiştir.



Şekil 4.8. B₀, B₁, B₂ ve B₃ gruplarının a* değerleri

F2 aydınlatması altında B₀ ve B₃ gruplarının a* değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p=0,800$). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Üç aydınlatması altında da en yüksek a* değerini B₂ grubu gösterir iken, en düşük a* değerini B₁ grubu göstermektedir. D65 aydınlatması altında elde edilen a* değerlerine göre; F2 aydınlatması altında elde edilen a* değerleri daha düşük iken, A aydınlatması altında elde edilen a* değerleri daha yüksektir.

B₀, B₁, B₂, B₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen b* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. B₀, B₁, B₂ ve B₃ gruplarının b* değerleri

Üç aydınlatması altında da B₀ ve B₁ gruplarının b* değerleri arasında (sırasıyla p=0,300, p=0,067, p=0,098) istatistiksel olarak fark yoktur. B₁ ve B₃ gruplarının A aydınlatması altındaki b* değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p=0,760). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur (p<0,05). D65, F2 ve A aydınlatması altında en yüksek b* değerini B₂ grubu gösterir iken, en düşük b* değerini B₃ grubu göstermektedir. Tüm gruplar en yüksek b* değerlerini F2 aydınlatması altında, en düşük b* değerlerini D65 aydınlatması altında göstermektedir.

B₀ grubu ile B₁, B₂ ve B₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen L* değerlerinin farkının (ΔL) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. D65, F2, A aydınlatmaları altında B₁, B₂, B₃ gruplarının ΔL değerleri

ΔL	D65	F2	A
B ₁	3,02±0,67 ^{bA}	2,89±0,69 ^{bB}	2,84±0,67 ^{bC}
B ₂	1,47±0,24 ^{aA}	1,75±0,23 ^{aB}	1,68±0,23 ^{aC}
B ₃	2,97±0,27 ^{bA}	3,09±0,26 ^{bB}	2,94±0,28 ^{bC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre B_1 ve B_3 gruplarının D65 aydınlatması altında ΔL değerleri arasında ($p=0,963$), F2 aydınlatması altında ΔL değerleri arasında ($p=0,541$), A aydınlatması altında ΔL değerleri arasında ($p=0,868$) istatistiksel olarak fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,05$). Üç aydınlatma altında da B_2 grubu en düşük ΔL değerini göstermektedir.

B_0 grubu ile B_1 , B_2 ve B_3 gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen a^* değerlerinin farkının (Δa) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının Δa değerleri

Δa	D65	F2	A
B_1	$-1,37 \pm 0,21^{aA}$	$-1,14 \pm 0,15^{aB}$	$-1,29 \pm 0,27^{aA}$
B_2	$1,30 \pm 0,15^{cA}$	$0,49 \pm 0,10^{cB}$	$0,68 \pm 0,14^{cC}$
B_3	$0,39 \pm 0,38^{bA}$	$-0,06 \pm 0,16^{bB}$	$-0,56 \pm 0,31^{bC}$
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre D65, F2 ve A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 ve B_3 gruplarının Δa değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,05$). Üç aydınlatma altında da B_2 grubu en yüksek Δa değerini, B_1 grubu en düşük Δa değerini göstermektedir.

B_0 grubu ile B_1 , B_2 ve B_3 gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen b^* değerlerinin farkının (Δb) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. D65, F2, A aydınlatmaları altında B_1 , B_2 , B_3 gruplarının Δb değerleri

Δb	D65	F2	A
B_1	$-0,56 \pm 0,63^{bA}$	$-0,97 \pm 0,77^{bB}$	$-0,79 \pm 0,63^{aC}$
B_2	$1,29 \pm 0,29^{cA}$	$1,44 \pm 0,31^{cB}$	$2,12 \pm 0,36^{bC}$
B_3	$-1,81 \pm 0,40^{aA}$	$-2,14 \pm 0,44^{aB}$	$-1,11 \pm 0,44^{aC}$
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre A aydınlatması altında B₁ ve B₃ gruplarının Δb değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,248$). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,05$). Üç aydınlatma altında da B₂ grubu en yüksek, B₃ grubu en düşük Δb değerini göstermektedir.

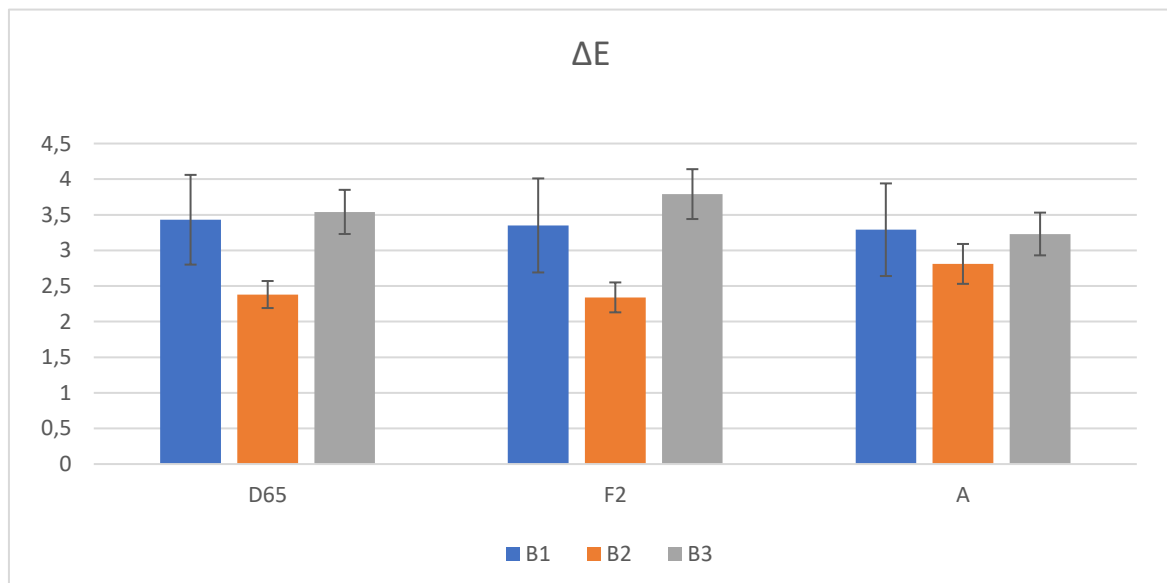
B₀ grubu ile B₁, B₂ ve B₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen renk farkının (ΔE) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.12’ de verilmiştir.

Çizelge 4.12. D65, F2, A aydınlatmaları altında B₁, B₂, B₃ gruplarının ΔE değerleri

ΔE	D65	F2	A
B ₁	3,43±0,63 ^{bA}	3,35±0,66 ^{bA}	3,29±0,65 ^{bB}
B ₂	2,38±0,19 ^{aA}	2,34±0,21 ^{aA}	2,81±0,28 ^{aB}
B ₃	3,54±0,31 ^{bA}	3,79±0,35 ^{bB}	3,23±0,3 ^{abC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,025

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

B₁, B₂ ve B₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altındaki ΔE değerleri Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. B₁, B₂ ve B₃ gruplarının ΔE değerleri

B₂ grubu üç aydınlatma altında da klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin ($\Delta E=3,3$) altında ΔE değeri gösterir iken, B₁ ve B₃ grupları D65 ve F2 ışık kaynakları altında eşik değerin üstünde ΔE değeri göstermektedir. A ışık kaynağı altında B₁, B₂ ve B₃ grupları eşik değerin altında ΔE değeri göstermektedir. Üç ışık kaynağı altında da B₂ grubu en düşük ΔE değerini gösterir iken, B₁ ve B₃ gruplarının ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. B₁ ve B₂ gruplarının D65 ve F2 ışık kaynağı altındaki ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur. B₁ grubu en düşük ΔE değerini A ışık kaynağında gösterirken, B₂ grubu en yüksek ΔE değerini A ışık kaynağında göstermektedir. B₃ grubu ise en düşük ΔE değerini A ışık kaynağı, en yüksek ΔE değerini F2 ışık kaynağında göstermektedir.

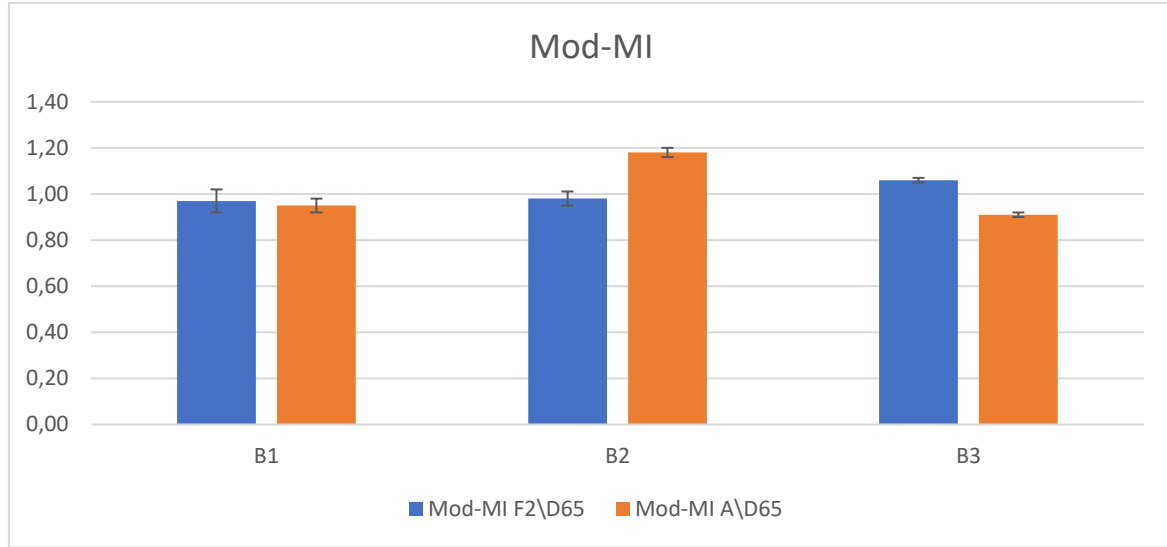
Tukey testi sonucunda B₁, B₂, B₃ gruplarının F2 ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değeri ile A ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değerleri Çizelge 4.13.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. B₁, B₂, B₃ gruplarının metamerik indeks değerleri

	Mod-MI F2\D65	Mod-MI A\D65
B ₁	0,97±0,05 ^{aA}	0,95±0,03 ^{bB}
B ₂	0,98±0,31 ^{aA}	1,18±0,02 ^{cB}
B ₃	1,06±0,01 ^{bA}	0,91±0,01 ^{aB}
ANOVA (p)	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (t-test).

B₁, B₂ ve B₃ gruplarının D65 aydınlatmasına göre F2, A aydınlatmaları altındaki Mod-MI değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. B₁, B₂ ve B₃ gruplarının MI değerleri

B₁ ve B₂ gruplarının F2 ışık kaynağında D65 ışık kaynağına göre oluşan metamerik indeks değeri kabul edilebilirlik eşik değerinin (MI=1) altındadır. Tukey testi sonuçlarına göre B₁ ve B₂ grupları arasında F2 ve D65 ışık kaynakları altındaki metamerik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,794$). B₃ grubunun F2 ışık kaynağında D65 ışık kaynağına göre oluşan metamerik indeks değeri eşik değerinin üzerindedir. A ışık kaynağında D65 ışık kaynağına göre B₁ ve B₃ gruplarının metamerik indeks değerleri kabul edilebilirlik eşik değerinin altında iken B₂ grubunun MI değeri eşik değerinin üzerindedir. B₁, B₂, B₃ gruplarının A ve D65 ışık kaynakları altındaki metamerik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p < 0,05$). B₁, B₂, B₃ gruplarının D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında oluşan MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p < 0,05$).

4.5. C Gruplarının Bulguları

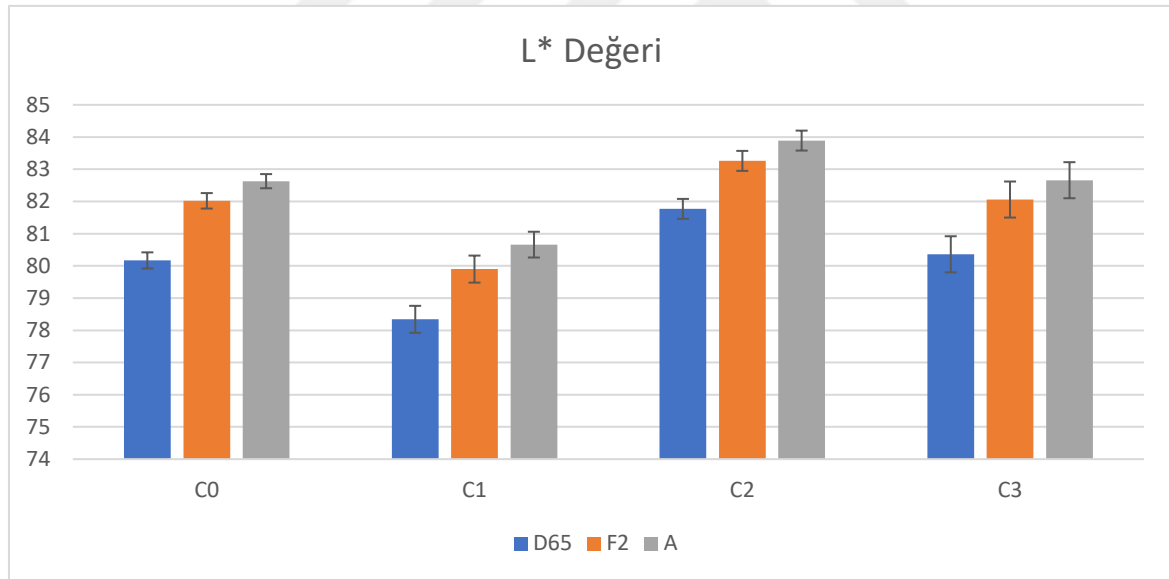
C₀, C₁, C₂ ve C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki renk ölçümlerinden elde edilen L*, a*, b* koordinatlarının ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. D65, F2 ve A aydınlatması altında C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının L, a, b değerleri

		C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	ANOVA (p)
D65	L*	80,17±0,25 ^b	78,34±0,42 ^a	81,77±0,31 ^c	80,36±0,56 ^b	0,000
	a*	7,13±0,18 ^c	6,45±0,23 ^b	4,21±0,13 ^a	6,60±0,18 ^b	0,000
	b*	28,04±0,39 ^d	26,58±0,35 ^b	27,56±0,54 ^c	25,83±0,33 ^a	0,000
F2	L*	82,02±0,24 ^b	79,90±0,42 ^a	83,26±0,31 ^c	82,06±0,56 ^b	0,000
	a*	4,47±0,12 ^c	4,46±0,16 ^c	2,57±0,08 ^a	4,15±0,12 ^b	0,000
	b*	32,19±0,44 ^d	30,36±0,38 ^b	31,27±0,61 ^c	29,72±0,32 ^a	0,000
A	L*	82,63±0,22 ^b	80,66±0,40 ^a	83,89±0,31 ^c	82,66±0,56 ^b	0,000
	a*	11,33±0,15 ^c	11,25±0,26 ^c	9,24±0,16 ^a	10,62±0,23 ^b	0,000
	b*	30,65±0,40 ^c	28,56±0,37 ^a	29,16±0,56 ^b	28,35±0,36 ^a	0,000

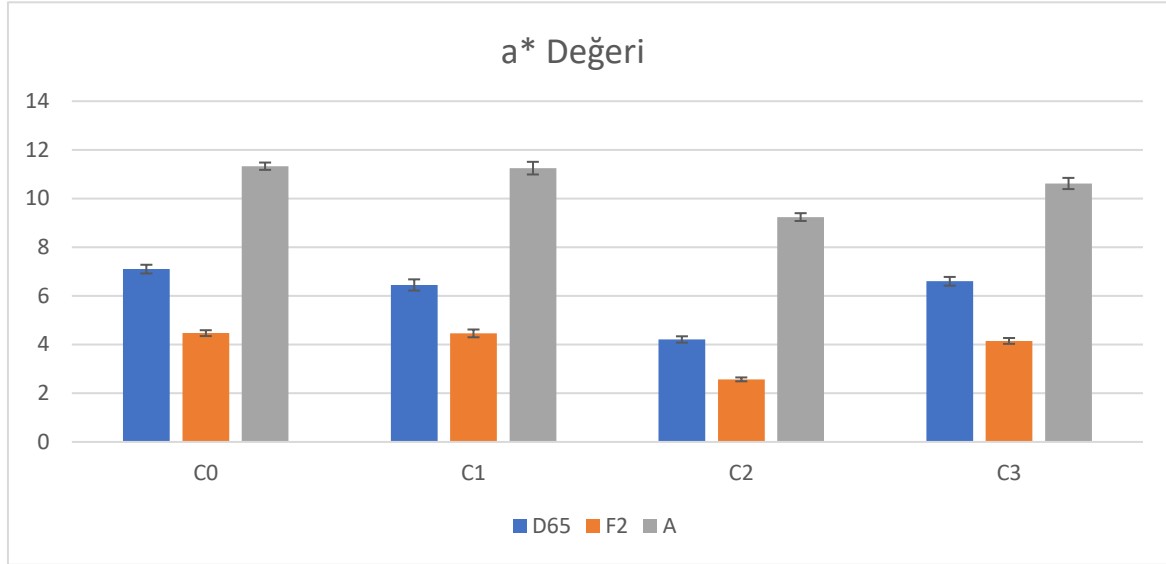
*Soldan sağa farklı küçük harfler aynı aydınlatma altındaki gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD).

C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen L* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.12.'da verilmiştir

Şekil 4.12. C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının L* değerleri

C₀ ve C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki L* değerleri arasında (sırasıyla (p=0,650, p=0,995, p=0,998) istatistiksel olarak fark yoktur. Üç aydınlatma altında da C₂ grubu en yüksek L* değerlerini gösterir iken, C₁ grubu en düşük L* değerlerini göstermektedir. Tüm gruplar en düşük L* değerini D65 aydınlatması altında gösterir iken, en yüksek L* değerini A aydınlatması altında göstermektedir.

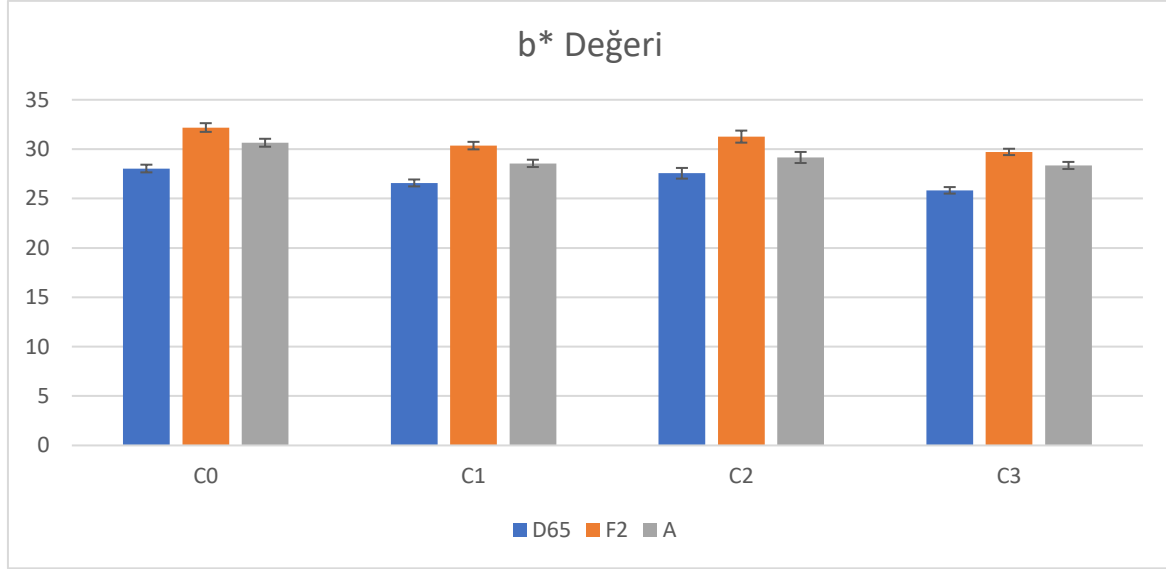
C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen a* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.13.'da verilmiştir.



Şekil 4.13. C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının a* değerleri

C₀ ve C₁ gruplarının F2 aydınlatması altındaki ($p=0,998$) ve A aydınlatması altındaki ($p=0,797$) a* değerleri arasında, C₁ ve C₃ gruplarının D65 aydınlatması altındaki a* değerleri arasında ($p=0,204$) istatistiksel olarak fark yoktur. C₀, C₁, C₂ ve C₃ grupları en düşük a* değerlerini F2 aydınlatması altında gösterir iken, en yüksek a* değerlerini A aydınlatması altında göstermektedir.

C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen b* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.14.'da verilmiştir.



Şekil 4.14. C₀, C₁, C₂, C₃ gruplarının b* değerleri

C₁ ve C₃ gruplarının A aydınlatması altındaki b* değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,643$). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,05$). C₀ grubu üç aydınlatması altında da en yüksek b* değerini gösterirken, C₃ grubu en düşük b* değerini göstermektedir. C₀, C₁, C₂ ve C₃ grupları en yüksek b* değerini F2 aydınlatması altında gösterirken, en düşük b* değerlerini D65 aydınlatması altında göstermektedir.

C₀ grubu ile C₁, C₂ ve C₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen L* değerlerinin farkının (ΔL) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.15' de verilmiştir.

Çizelge 4.15. D65, F2, A aydınlatmaları altında C₁, C₂, C₃ gruplarının ΔL değerleri

ΔL	D65	F2	A
C ₁	-2,02±0,42 ^{aA}	-2,10±0,42 ^{aB}	-1,97±0,40 ^{aC}
C ₂	1,40±0,31 ^{cA}	1,25±0,31 ^{cB}	1,26±0,31 ^{cB}
C ₃	-0,00±0,56 ^{bA}	0,05±0,56 ^{bB}	0,03±0,56 ^{bC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre C_1 , C_2 ve C_3 gruplarının üç aydınlatma altındaki ΔL değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur. Üç aydınlatma altında da C_2 grubu en yüksek, C_1 grubu en düşük ΔL değerini göstermektedir.

C_0 grubu ile C_1 , C_2 ve C_3 gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen a^* değerlerinin farkının (Δa) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.16' de verilmiştir.

Çizelge 4.16. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının Δa değerleri

Δa	D65	F2	A
C_1	$-0,68 \pm 0,23^{bA}$	$-0,00 \pm 0,16^{cB}$	$-0,07 \pm 0,26^{cB}$
C_2	$-2,91 \pm 0,13^{aA}$	$-1,89 \pm 0,08^{aB}$	$-2,08 \pm 0,16^{aC}$
C_3	$-0,52 \pm 0,18^{bA}$	$-0,31 \pm 0,12^{bB}$	$-0,70 \pm 0,23^{bC}$
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre C_1 ve C_3 gruplarının D65 aydınlatması altında Δa değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,134$). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur. C_1 , C_2 , C_3 grupları en yüksek Δa değerini F2 aydınlatması altında gösterir iken, üç aydınlatma altında da C_2 grubu en düşük Δa değerini göstermektedir.

C_0 grubu ile C_1 , C_2 ve C_3 gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen b^* değerlerinin farkının (Δb) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.17. D65, F2, A aydınlatmaları altında C_1 , C_2 , C_3 gruplarının Δb değerleri

Δb	D65	F2	A
C_1	$-1,45 \pm 0,35^{bA}$	$-1,82 \pm 0,38^{bB}$	$-2,08 \pm 0,37^{aC}$
C_2	$-0,47 \pm 0,54^{cA}$	$-0,91 \pm 0,61^{cB}$	$-1,48 \pm 0,56^{bC}$
C_3	$-2,20 \pm 0,33^{aA}$	$-2,46 \pm 0,32^{aB}$	$-2,29 \pm 0,36^{aC}$
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre A ışık kaynağında C₁ ve C₃ gruplarının Δb değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,489$). Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($P<0,05$). Üç aydınlatma altında da C₂ grubu en yüksek Δb değerini gösterir iken, C₃ grubu en düşük Δb değerini göstermektedir. C₁, C₂, C₃ grupları D65 aydınlatması altında en yüksek Δb değerini göstermektedir.

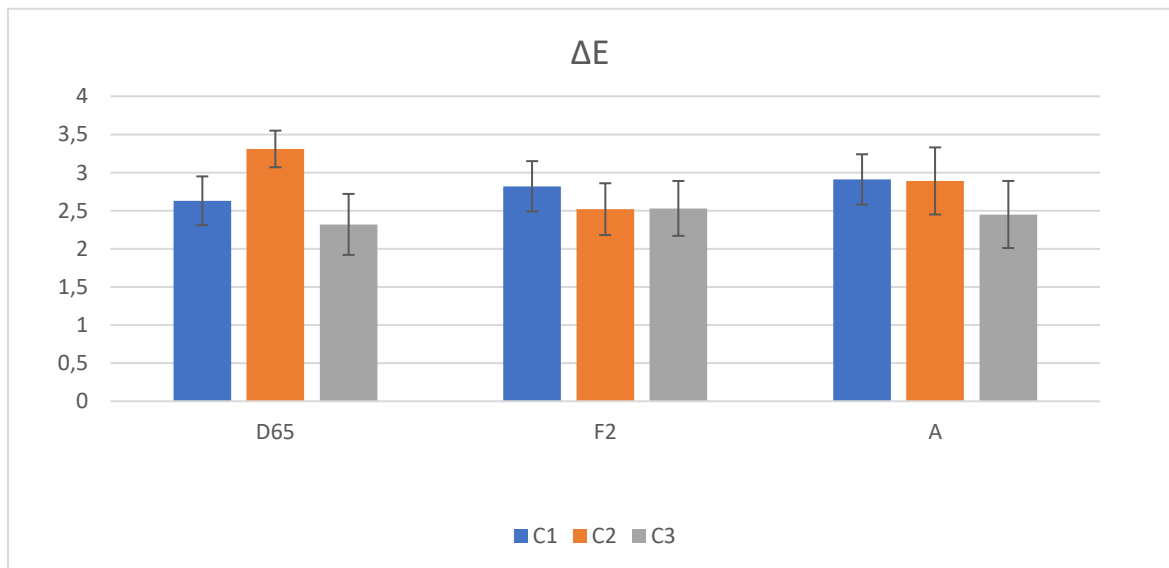
C₀ grubu ile C₁, C₂ ve C₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen renk farkının (ΔE) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.18’ de verilmiştir.

Çizelge 4.18. D65, F2, A aydınlatmaları altında C₁, C₂, C₃ gruplarının ΔE değerleri

ΔE	D65	F2	A
C ₁	2,63±0,32 ^{aA}	2,82±0,33 ^{aB}	2,91±0,33 ^{bC}
C ₂	3,31±0,24 ^{bA}	2,52±0,34 ^{aB}	2,89±0,44 ^{bC}
C ₃	2,32±0,4 ^{aA}	2,53±0,36 ^{aB}	2,45±0,44 ^{aB}
ANOVA (p)	0,000	0,067	0,017

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

C₁, C₂, C₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki ΔE değerleri Şekil 4.15’te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. C₁, C₂, C₃ gruplarının ΔE değerleri

C₁ ve C₃ grupları tüm ışık kaynakları altında klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin altında ΔE değeri gösterir iken, C₂ grubu D65 ışık kaynağı altında eşik değerin üstünde, F2 ve A ışık kaynaklarının altında eşik değerin altında ΔE değeri göstermektedir. C₁ ve C₂ gruplarının D65, F2 ve A ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark mevcuttur ($p < 0,05$). C₁ grubu en düşük ΔE değerini D65 ışık kaynağı altında, en yüksek ΔE değerini A ışık kaynağı altında göstermektedir. C₂ grubu en düşük ΔE değerini F2 ışık kaynağı altında, en yüksek ΔE değerini D65 ışık kaynağı altında göstermektedir. C₃ grubunun F2 ve A ışık kaynakları altında ölçülen ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p = 0,324$). C₃ grubu en düşük ΔE değerini D65 ışık kaynağı altında göstermektedir.

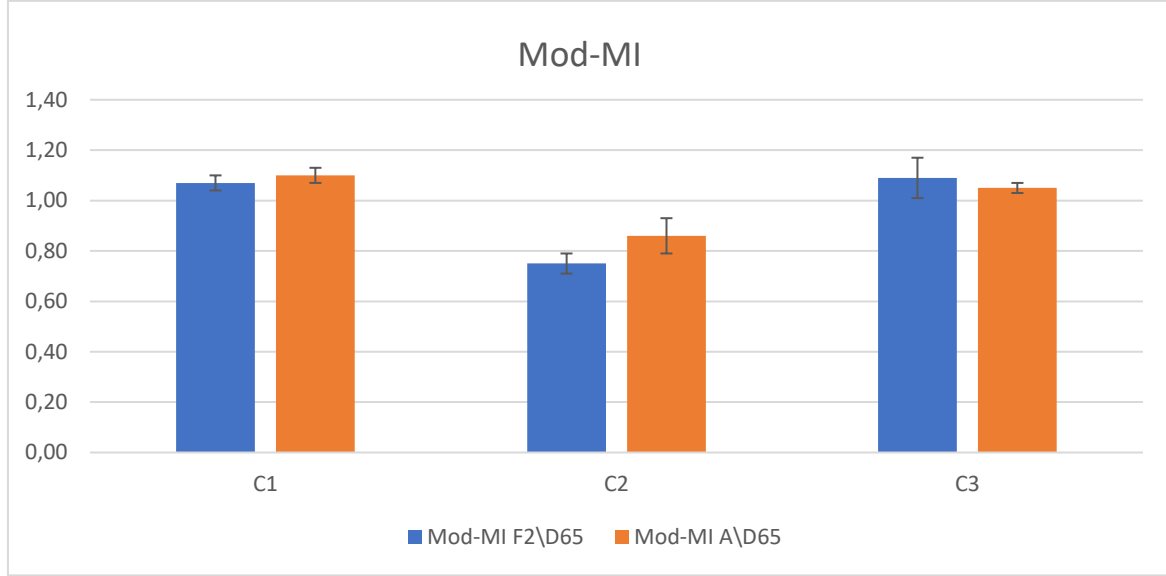
Tukey testi sonucunda C₁, C₂, C₃ gruplarının F2 ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değeri ile A ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değerleri Çizelge 4.19.'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. C₁, C₂, C₃ gruplarının metamerik indeks değerleri

	Mod-MI F2\D65	Mod-MI A\D65
C ₁	1,07±0,03 ^{aA}	1,10±0,03 ^{cB}
C ₂	0,75±0,04 ^{bA}	0,86±0,07 ^{aB}
C ₃	1,09±0,08 ^{bA}	1,05±0,02 ^{bA}
ANOVA (p)	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (t-test).

C₁, C₂, C₃ gruplarının D65 aydınlatmasına göre F2 ve A aydınlatmaları altındaki MI değerleri Şekil 4.16'te gösterilmiştir.



Şekil 4.16. C₁, C₂, C₃ gruplarının MI değerleri

Tukey testi sonuçlarına göre C₂ grubunun D65 ışık kaynağına göre F2 ve A ışık kaynaklarından elde edilen metamerik indeks değeri klinik olarak kabul edilebilirlik sınırının (MI=1) altındadır. C₁ ve C₃ gruplarının D65 ışık kaynağına göre F2 ve A ışık kaynaklarından elde edilen metamerik indeks değeri klinik olarak kabul edilebilirlik sınırının (MI=1) üstündedir. C₁ ve C₃ gruplarının D65 ışık kaynağına göre F2 ışık kaynağından elde edilen metamerik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,635$). C₁ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p=0,01$). C₂ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p=0,00$). C₃ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,15$).

4.6. D Gruplarının Bulguları

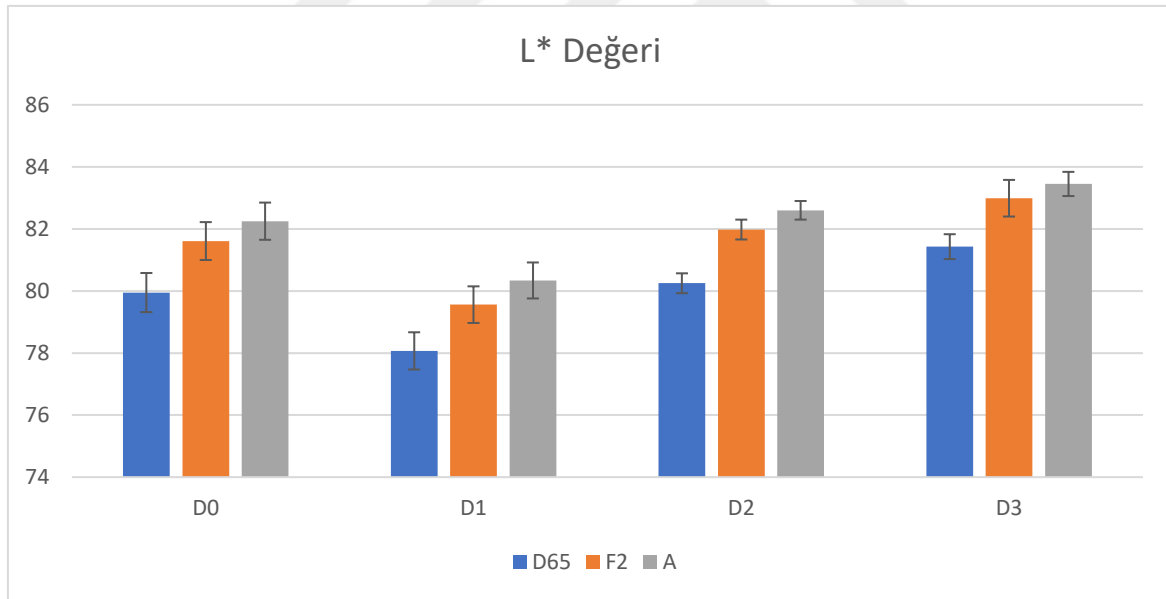
D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki renk ölçümlerinden elde edilen L*, a*, b* koordinatlarının ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının L*, a*, b* değerleri

		D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	ANOVA (p)
D65	L*	79,95±0,63 ^b	78,07±0,60 ^a	80,25±0,32 ^b	81,43±0,40 ^c	0,000
	a*	6,93±0,26 ^c	6,17±0,14 ^b	6,80±0,14 ^c	4,36±0,18 ^a	0,000
	b*	25,10±0,21 ^a	26,38±0,47 ^b	26,31±0,18 ^b	25,26±0,88 ^a	0,000
F2	L*	81,61±0,61 ^b	79,56±0,59 ^a	81,98±0,32 ^b	82,99±0,59 ^c	0,000
	a*	4,45±0,20 ^c	4,33±0,10 ^b	4,30±0,10 ^b	2,77±0,12 ^a	0,000
	b*	28,82±0,26 ^a	30,20±0,51 ^b	30,19±0,20 ^b	28,62±0,99 ^a	0,000
A	L*	82,25±0,60 ^b	80,34±0,58 ^a	82,60±0,30 ^b	83,45±0,39 ^c	0,000
	a*	10,88±0,25 ^b	11,10±0,19 ^b	10,91±0,16 ^b	9,09±0,26 ^a	0,000
	b*	27,69±0,27 ^b	28,23±0,49 ^b	28,84±0,19 ^c	26,90±0,91 ^a	0,000

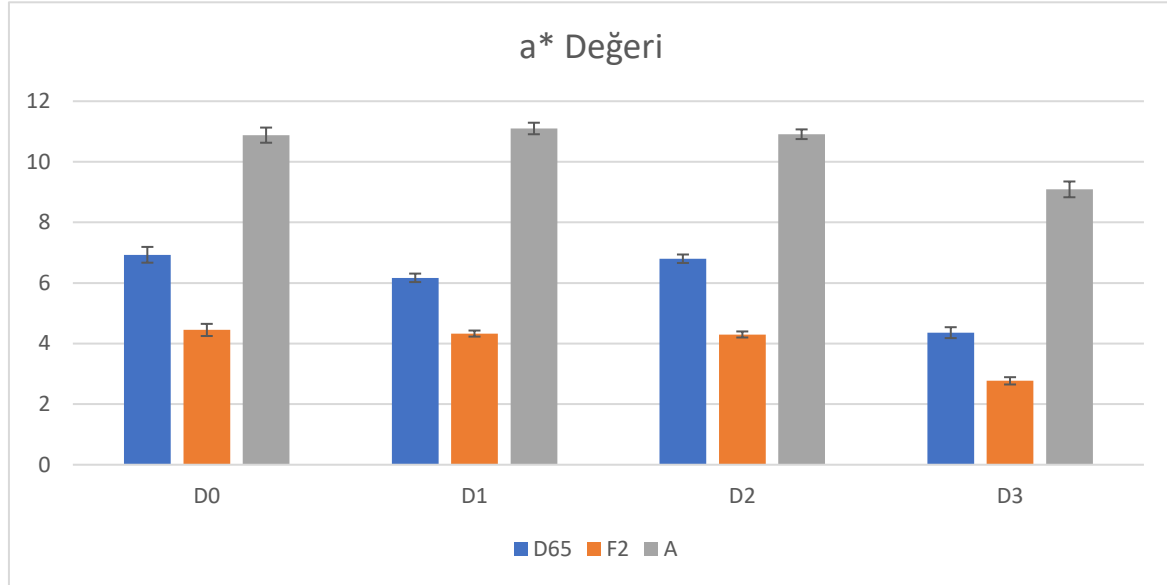
*Soldan sağa farklı küçük harfler aynı aydınlatma altındaki gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD).

D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen L* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.17.'da verilmiştir.

Şekil 4.17. D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının L* değerleri

D₀ ve D₂ gruplarının üç ışık kaynağı altındaki L* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (sırasıyla p=0,466, P=0,360, p=0,304). Diğer tüm karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır (p<0,05). D₃ grubu üç ışık kaynağında da en yüksek L* değerini gösterir iken, D₁ grubu en düşük L* değerini göstermektedir. Tüm gruplar A ışık kaynağı altında en yüksek, D65 ışık kaynağında en düşük L* değerini göstermektedir.

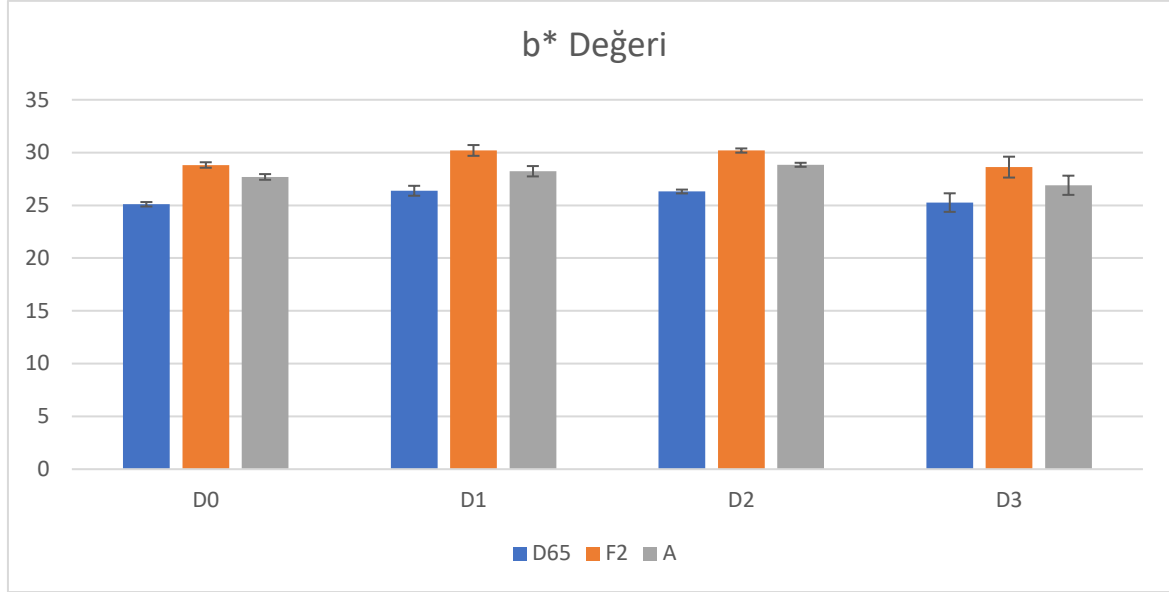
D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen a* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.18.'de verilmiştir.



Şekil 4.18. D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının a* değerleri

D₀ ve D₂ gruplarının D65 ışık kaynağındaki ($p=0,366$), A ışık kaynağındaki ($p=0,990$) a* değerleri arasında; D₀ ve D₁ gruplarının F2 ışık kaynağı altındaki ($p=0,159$), A ışık kaynağı altındaki ($p=0,089$); D₁ ve D₂ gruplarının F2 ışık kaynağı altındaki ($p=0,944$), A ışık kaynağı altındaki ($p=0,164$) a* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. Diğer tüm karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p < 0,05$). Tüm gruplar içerisinde üç ışık kaynağı altında da en düşük a* değerini D₃ grubu gösterirken, D65 ve F2 aydınlatması altında en yüksek a* değerini D₀ grubu göstermektedir. A ışık kaynağında en yüksek a* değerini D₁ grubu göstermektedir. Tüm gruplar en yüksek a* değerini A ışık kaynağı altında, en düşük a* değerini F2 ışık kaynağı altına göstermektedir.

D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altında ölçülen b* değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 4.19.'de verilmiştir.



Şekil 4.19. D₀, D₁, D₂, D₃ gruplarının b* değerleri

D₀ ve D₃ gruplarının D65 ışık kaynağı altındaki ($p=0,874$), F2 ışık kaynağı altındaki ($p=0,836$) b* değerleri arasında; D₁ ve D₂ gruplarının D65 ışık kaynağı altındaki ($p=0,985$), F2 ışık kaynağı altındaki ($p=1,000$) b* değerleri arasında; D₀ ve D₁ gruplarının A ışık kaynağı altındaki ($p=0,084$) b* değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Diğer tüm karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmaktadır ($p<0,05$). Tüm gruplar en yüksek b* değerini F2 ışık kaynağı altında, en düşük b* değerini D65 ışık kaynağı altında göstermektedir.

D₀ grubu ile D₁, D₂ ve D₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen L* değerlerinin farkının (ΔL) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. D65, F2, A aydınlatmaları altında D₁, D₂, D₃ gruplarının ΔL değerleri

ΔL	D65	F2	A
D ₁	$-1,88 \pm 0,60^{aA}$	$-2,04 \pm 0,59^{aB}$	$-1,90 \pm 0,58^{aC}$
D ₂	$0,30 \pm 0,32^{bA}$	$0,37 \pm 0,32^{bB}$	$0,35 \pm 0,30^{bC}$
D ₃	$1,48 \pm 0,40^{cA}$	$1,38 \pm 0,59^{cAB}$	$1,20 \pm 0,39^{cB}$
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre D₁, D₂ ve D₃ gruplarının üç aydınlatma altında da ΔL değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p < 0,05$). Üç aydınlatma altında da D₃ grubu en yüksek, D₁ grubu en düşük ΔL değerini göstermektedir.

D₀ grubu ile D₁, D₂ ve D₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen a* değerlerinin farkının (Δa) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.22’ de verilmiştir.

Çizelge 4.22. D65, F2, A aydınlatmaları altında D₁, D₂, D₃ gruplarının Δa değerleri

Δa	D65	F2	A
D ₁	-0,75±0,14 ^{bA}	-0,11±0,10 ^{bB}	0,22±0,19 ^{bC}
D ₂	-0,12±0,14 ^{cA}	-0,14±0,10 ^{bA}	0,03±0,16 ^{bB}
D ₃	-2,56±0,18 ^{aA}	-1,67±0,12 ^{aB}	-1,78±0,26 ^{aC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına D₁ ve D₂ gruplarının F2 aydınlatması altında Δa değerleri arasında ($p=0,759$), A aydınlatması altında Δa değerleri arasında ($p=0,081$) fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p < 0,05$). Üç aydınlatma altında da D₃ grubu en düşük Δa değerini göstermektedir.

D₀ grubu ile D₁, D₂ ve D₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen b* değerlerinin farkının (Δb) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.23’ de verilmiştir.

Çizelge 4.23. D65, F2, A aydınlatmaları altında D₁, D₂, D₃ gruplarının Δb değerleri

Δb	D65	F2	A
D ₁	1,28±0,47 ^{bA}	1,38±0,51 ^{bB}	0,54±0,49 ^{bC}
D ₂	1,21±0,18 ^{bA}	1,37±0,20 ^{bB}	1,15±0,19 ^{bC}
D ₃	-2,56±0,18 ^{aA}	-0,19±0,99 ^{aB}	-0,78±0,91 ^{aC}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

Tukey testi sonuçlarına göre D₁ ve D₂ gruplarının D65 aydınlatması altında Δb değerleri arasında ($p=0,949$), F2 aydınlatması altında Δb değerleri arasında ($p=0,999$), A aydınlatması altında Δb değerleri arasında ($p=0,054$) istatistiksel olarak fark yoktur. Diğer karşılaştırmalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,05$). Üç aydınlatma altında da D₃ grubu en düşük Δb değerini gösterir iken; D₁, D₂ ve D₃ grupları en yüksek Δb değerini F2 aydınlatması altında göstermektedir.

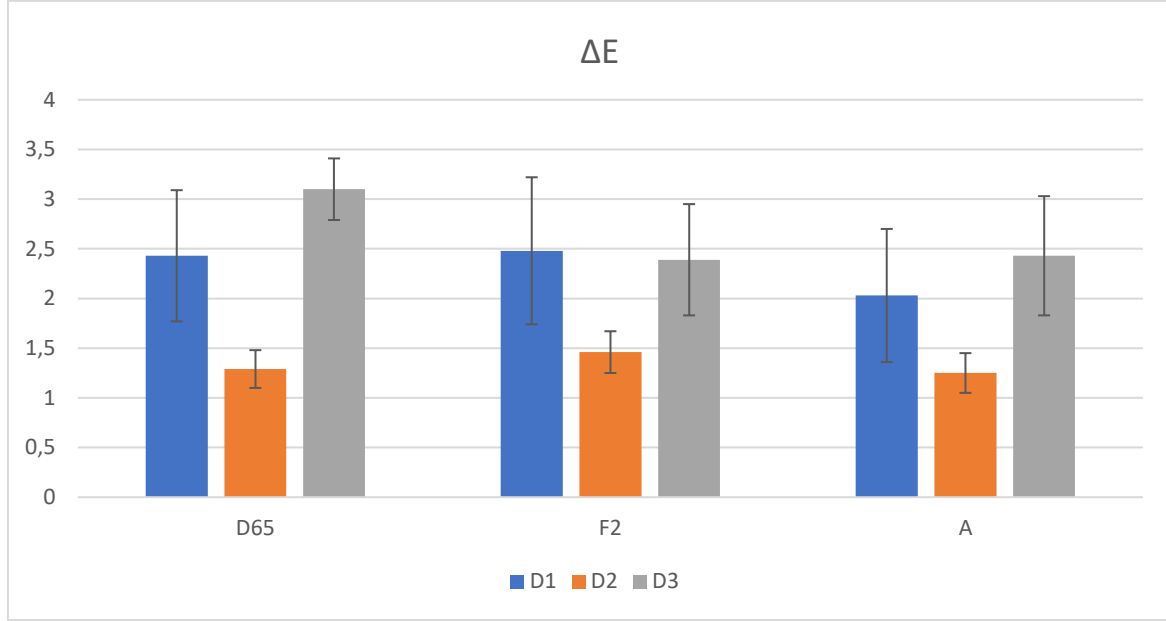
D₀ grubu ile D₁, D₂ ve D₃ gruplarının D65, F2, A aydınlatmaları altında renk ölçümlerinden elde edilen renk farkının (ΔE) ortalama ve standart sapma değerleri ve bunların karşılaştırılmasında kullanılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.24’ de verilmiştir.

Çizelge 4.24. D65, F2, A aydınlatmaları altında D₁, D₂, D₃ gruplarının ΔE değerleri

ΔE	D65	F2	A
D ₁	2,43±0,66 ^{ba}	2,48±0,74 ^{ba}	2,03±0,67 ^{bb}
D ₂	1,29±0,19 ^{aa}	1,46±0,21 ^{ab}	1,25±0,2 ^{ac}
D ₃	3,1±0,31 ^{ca}	2,39±0,5b ^{6b}	2,43±0,6 ^{bb}
ANOVA (p)	0,000	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatma altında gruplar arası farkı göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altındaki istatistiksel farkını göstermektedir (t-testi).

D₁, D₂, D₃ gruplarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki ΔE değerleri Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. D₁, D₂, D₃ gruplarının ΔE değerleri

Tukey testi sonuçlarına göre D65, F2 ve A ışık kaynakları altında D₁, D₂, D₃ gruplarının ΔE değerleri, klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin ($\Delta E=3,3$) altındadır. D65 ışık kaynağı altında en yüksek ΔE değerini D₃ grubu gösterir iken, üç ışık kaynağı altında da en düşük ΔE değerini D₂ grubu göstermektedir. F2 ve A ışık kaynakları altında D₁ ve D₃ gruplarının ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,903$, $p=0,182$). D₁ grubu en düşük ΔE değerini A ışık kaynağı altında göstermektedir. D₁ grubunun D65 ve F2 ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,059$). D₂ grubu en düşük ΔE değerini A ışık kaynağı altında, en yüksek ΔE değerini F2 ışık kaynağı altında göstermektedir. D₂ grubunun D65, F2, A ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur ($p<0,05$). D₃ grubu en yüksek ΔE değerini D65 ışık kaynağı altında göstermektedir. D₃ grubunun F2 ve A ışık kaynakları altındaki ΔE değerleri arasında fark yoktur ($p=0,687$).

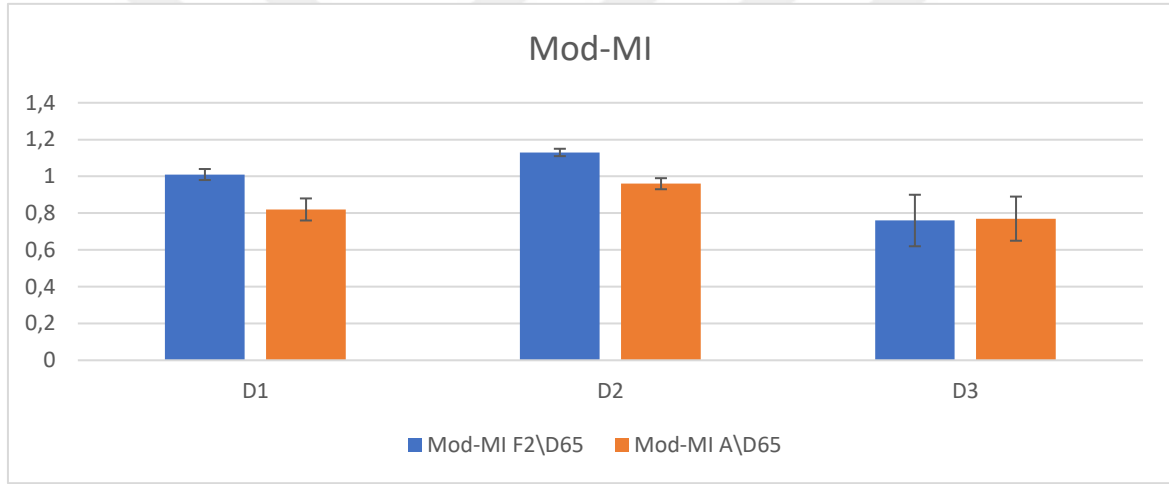
Tukey testi sonucunda D₁, D₂, D₃ gruplarının F2 ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değeri ile A ve D65 aydınlatmaları altında ölçülen metamerik indeks değerleri Çizelge 4.25’ de verilmiştir.

Çizelge 4.25. D₁, D₂, D₃ gruplarının metamerik indeks değerleri

	Mod-MI F2\D65	Mod-MI A\D65
D ₁	1,01±0,03 ^{bA}	0,82±0,06 ^{aB}
D ₂	1,13±0,02 ^{cA}	0,96±0,03 ^{bB}
D ₃	0,76±0,14 ^{aA}	0,77±0,12 ^{aA}
ANOVA (p)	0,000	0,000

*Yukarıdan aşağıya farklı küçük harfler aynı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (Tukey HSD). Soldan sağa farklı büyük harfler aynı grubun farklı aydınlatmalar altında hesaplanan metamerik indeks farkını göstermektedir (t-test).

D₁, D₂, D₃ gruplarının D65 aydınlatmasına göre F2 ve A aydınlatmaları altında elde edilen Mod-MI değerleri Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Şekil 4.21. D₁, D₂, D₃ gruplarının MI değerleri

Tukey testi sonuçlarına göre D₃ grubunun D65 ışık kaynağına göre F2 ve A ışık kaynaklarından elde edilen metamerik indeks değeri klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değerinin (MI=1) altındadır. D₁ ve D₂ gruplarının D65 ışık kaynağına göre F2 ışık kaynağından elde edilen MI değeri eşik değerin üstündedir. D₁, D₂, D₃ gruplarının D65 ışık kaynağına göre A ışık kaynağından elde edilen MI değerleri eşik değerin altındadır. D₁ ve D₃ gruplarının D65 ve A ışık kaynakları altındaki metamerik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p=0,363). D₁ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur (p=0,00). D₂ grubunun D65 aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark mevcuttur (p=0,00). D₃ grubunun D65

aydınlatıcısına göre F2 ve A aydınlatıcıları altında elde edilen MI değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p=0,74$).





5. TARTIŞMA

Dentofasiyal estetiğin kişilerin psikolojisini olumlu yönde etkilediği bir gerçektir (11). Güzellik ve estetik öznel konular olduğu için; hekimlerin estetik algısı, hastaların gülüş estetiğini etkilemektedir (64). Diş hekimleri ve diş hekimliği öğrencilerinin estetik farkındalık düzeylerini inceleyen Al-Saleh ve ark. (64); gülümseme estetiğini teşhis etme yeteneğinin, klinik deneyim ve bilgiyle arttığını bildirmiştir.

Neumann ve ark. (11) yetişkin bireylerde dişlerin, ağzın ve yüzün estetik tatmin üzerindeki etkisini belirlemeye çalıştıkları çalışmalarında; araştırmaya katılan katılımcıların % 66'sının dental görünümünden memnun olmadığını ve bu memnuniyetsizliğin en çok yaş, cinsiyet, dişlerdeki ve restorasyonlardaki renklenmelerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Hastaların diş rengindeki estetik restorasyonlara olan isteğinin ve cıva içeren materyaller ile ilgili endişelerinin artması; kompozit rezin restoratif materyallerin kullanımında artışa sebep olmuştur (58).

Kompozit rezin restorasyonların başarısını etkileyen en önemli aşamalardan biri doğru renk seçiminin yapılabilmesidir. Anterior kompozit rezin restorasyonların değiştirilmesinin en büyük sebebi de doğru renk uyumunun yakalanamamasıdır (65, 66). Kısaca rengin anlaşılması ve doğru şekilde uygulanması, estetik açıdan başarılı restorasyonlar yapmak için temel basamaktır (20).

Nesnelerin iletmediği ve yansıttığı ışık, o nesnenin rengini belirlemektedir. Nesneden göze gelen ışık, nesnenin özellikleri, ışık kaynağı ve çevresel faktörlere bağlıdır. (67). Bir gözlemci; belirli bir aydınlatıcı altında, iki nesnenin rengini aynı olarak algılayarak, farklı bir aydınlatıcı altında bu iki nesnenin rengini farklı olarak algılayabilmektedir. Bu durum metamerizm olarak adlandırılır (32). Bu sebeple dental materyallerin rengi seçilirken standart aydınlatıcılar kullanılmalıdır (67).

Daha önce yapılan çalışmalarda farklı aydınlatmalar altında; dişler ile renk skalaları (32), dentin ve kompozit rezin (68), direkt restoratif materyaller (69), renk skalaları (70), porselen ve porselen tamir kompozit rezini (71), seramik materyaller (72) arasındaki metamerik etki incelenmiştir. Bu tez çalışmasında, tamir prosedürünü taklit etmek amacıyla dört farklı kompozit rezin; bir tanesi eski restorasyonu, diğeri tamir materyalini taklit edecek şekilde

ikişerli kombinasyonlar halinde oluşturulan on iki kombinasyonun farklı aydınlatmalar altındaki metamerik etkisi incelendi.

İnsan dişlerinin yaygın olarak A2 rengine olması sebebiyle, dental uygulamalarda sıklıkla A2 rengi kullanılmaktadır (65). Bu sebeple örnekler hazırlanırken kompozit rezinlerin A2 rengi tercih edildi.

Yeterli polimerizasyonun gerçekleşmesi için kompozit rezinler 2 mm'den daha kalın olmayacak tabakalar halinde yerleştirilmelidir (73). Polimerizasyonun başarılı şekilde gerçekleşebilmesi için kompozit rezin örnekler hazırlanırken 2 mm yüksekliğinde silikon kalıplar kullanıldı.

Roeder ve ark. (74) ile Tuncer ve ark. (75) yaptıkları çalışmalarda, en pürüzsüz kompozit rezin yüzeyini şeffaf selüloit bant ile elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında da en pürüzsüz kompozit rezin yüzeylerini elde edebilmek için, örnekler polimerize edilirken şeffaf selüloit bant kullanıldı. Örnekler ile ışık cihazının arasındaki mesafeyi standardize etmek için, şeffaf selüloit bantın üzerine 1mm'lik cam koyarak ışık cihazı ile polimerizasyon gerçekleştirildi (76). Brackett ve ark. (77); QTH (kuartz-tungsten-halojen) veya LED (light-emitting diode) ışık cihazı ile polimerize ettikleri kompozit rezinlerde yaptıkları renk ölçümleri sonucunda; QTH ile polimerize edilen, fotobaşlatıcı olarak kamforokinon içeren kompozitlerin, LED ışık cihazı ile polimerizasyona göre daha sarımsı olduğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple mevcut çalışmada fotobaşlatıcılardan kaynaklanabilecek sarımsı rengin renk ölçümünü etkilememesi için LED ışık cihazı tercih edildi.

Polimerize edilmiş kompozit rezinlerin yapısında bulunan, reaksiyona girmemiş monomer ve oligomerlerin çoğu 24 saat içerisinde yapıdan uzaklaşmaktadır (78). Sund-Levander ve ark. (79) yaptıkları çalışmada; erkek bireylerin ağız içi sıcaklığının 35,7-37,7 °C aralığında, kadın bireylerin ağız içi sıcaklıklarının ise 33,2-38,1 °C aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında ortalama ağız içi sıcaklığı taklit edebilmek ve reaksiyona girmemiş monomerlerin uzaklaştırılmasını sağlamak için, polimerize edilen örnekler 37°C'deki etüvde 24 saat bekletildi.

Kompozit rezin restorasyonların yüzeylerinin pürüzlü olması; plak birikimine, aşınmaya ve renklenmelere sebep olabilmektedir (80). Ayrıca, polimerizasyon işlemi gerçekleştirilirken

kompozit rezinin en dış tabakası oksijenle temas edip, tam olarak polimerize olamamaktadır. Kompozit rezinin oksijenle temas ederek tam olarak polimerize olmamış bu en dış tabakası düşük mikrosertlik değerleri göstererek, renklenmeye ve aşınmaya sebep olmaktadır (81). Kompozit rezin restorasyonlarının yüzey parlaklığı ile ışık yansıtma özelliği yüzey yapısından etkilenmektedir (65). Hazırlanan örnekler; 24 saat sonrasında etüvden çıkarılarak, pürüzsüz bir yüzey elde edebilmek ve kliniği taklit edecek şekilde oksijen inhibisyon tabakasını uzaklaştırabilmek adına, yapısında alümina parçacıkları bulunan polisaj diskleri ile üretici firma talimatları doğrultusunda kalın grenliden ince grenliye doğru, sırasıyla 30 sn süreyle polisajlandı.

Renk ölçümü genel olarak görsel veya aletli olarak gerçekleştirilmektedir. Görsel yöntemlerle yapılan renk tespiti, öznel olduğu için güvenilir bir yöntem değildir. İnsanların renk algısı karmaşık olduğu için algısal hatalara açıktır (82). Spektrofotometreler; nesneden yansıyan ışığın görünür dalga boyu aralığındaki spektral güç dağılımını ölçmektedir (9). Spektrofotometreler ile, insan gözünün algılayabildiğinden çok daha küçük renk değişiklikleri ölçülebilmektedir (71). Ayrıca farklı aydınlatmalar altında ölçüm yapılabildiği için metamerizmi ayırt edebilmek amacı ile de kullanılabilirler (83).

Bu cihazlar diş hekimliğinde dental materyallerin renklerinin ölçümünde, iki materyal arasındaki renk farkının tespit edilmesinde kullanıldığı gibi; çeşitli endüstrilerde, bilimsel çalışmalarda, kalite kontrolde de kullanılmaktadır (84). Günümüzde dental kliniklerde sıklıkla kullanılan ağız içi spektrofotometreler (ör: VITA Easyshade) diş yüzeylerinin rengini tespit etmeye yönelik tasarlandığı halde, bazı spektrofotometreler sadece düz yüzeylerin rengini tespit etmeye yöneliktir. Bu tez çalışmasında, hazırlanan örnekler düz yüzeyli olduğu için ve farklı aydınlatmalar altında ölçümler yapılarak metamerizm ayırt edilmeye çalışıldığından; ağız içi kullanımını olmayan ancak düz yüzeyli numunelerde farklı ışık kaynakları altında ölçüm yapabilen Konica Minolta, Color Spectrophotometer 3600d tercih edildi.

Color Spectrophotometer 3600d'nin farklı ölçüm modları bulunmaktadır. Bu spektrofotometre, Aynasal Bileşen Dahil (SCI) veya Aynasal Bileşen Hariç (SCE) ölçüm geometrisinde çalıştırılabilmektedir (85). Yüzey koşulları nesnelerin rengini ve görünümünü etkileyebilmektedir. Nesneden yansıyan ışık ile renkler algılanmaktadır ve farklı yüzey koşulları ışığı farklı şekilde yansıtmaktadır. Işık bir nesneden aynasal veya dağınık olarak

yansımaktadır. Işık, kaynağından eşit fakat zıt açıda yansıdığı anda aynasal yansıma meydana gelir ve bu yansıma, pürüzsüz yüzeylere sahip nesnelerde güçlü bir şekilde oluşmaktadır. Yansıyan ışığın birçok yöne dağılmasına, dağınık yansıma denir. Dağınık yansıma, mat veya düzensiz yüzeye sahip nesnelerde güçlü bir şekilde meydana gelmektedir. Hem aynasal hem de dağınık yansıyan ışığı içeren Aynasal Bileşen Dahil (SCI) ölçüm modu, nesnenin gerçek rengini yüzey koşullarının etkisi olmadan ölçmek için kullanılmaktadır. Aynasal Bileşen Hariç (SCE) ölçüm modu, bir nesnenin görsel algıyla ilişkili rengini değerlendirmek için kullanılmaktadır. İnsan gözünün nesneyi nasıl gördüğüne benzeyen bu mod; görsel incelemeyle belirlenen rengin, renk standartlarıyla eşleştiğinden emin olmak için kullanılmaktadır (86).

Diğer bir ölçüm modu ise; gözlemci açısının 2^0 veya 10^0 olarak ayarlanabilmesidir. Gözün renk duyarlılığı görüş açısına ve nesnenin boyutuna göre değişmektedir. 2^0 'lık bir görüş alanı, 50 cm'lik bir görüntüleme mesafesinde 1,7 cm'lik bir daireyi görmeye eşdeğerken, 10^0 'lık bir görüş alanı ise 8,8 cm'lik bir daireyi görmeye eşdeğer olacaktır (87). CIE dağınık/ 10^0 geometrisi; görüntüleme ışınının eksenini ile numunenin geometrik normali arasındaki açının 10^0 olduğunu ve entegre bir kürenin numuneyi dağınık olarak aydınlattığını göstermektedir (88).

Kim ve ark. (71) dental porselen ve dental porselenlerin tamirinde kullanılan kompozit rezinlerin metamerik özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, SCE geometrisini kullanmışlar ve bu geometrinin renk farkını daha belirgin şekilde yansıttığını bildirmişlerdir. Kim ve ark. (89) porselen materyali ile porselen tamir kompozit rezini arasındaki renk ve renk parametreleri farkını D65 aydınlatması altında ölçtükleri başka bir çalışmada; spektrofotometriyi, SCE modunda ve gözlemci açısını 10^0 olacak şekilde ayarlamışlardır. Brokos ve ark. (7) çeşitli filtrelerin ilave edildiği fotoğraf makinası ile kompozit rezinlerin floresans yoğunluk değerlerini doğru biçimde elde etmeyi amaçladıkları çalışmada; kompozit rezinlerin CIE L^*a^*b değerlerini ölçerken, kolorimetrenin gözlemci açısını 10^0 olarak ayarlamışlardır. D65, F2, A aydınlatmalarının aynı veya farklı marka kompozit rezinlerin renk farklılıkları üzerindeki etkisini araştıran başka bir çalışmada da, kolorimetrenin gözlemci açısı 10^0 olarak ayarlanmıştır (6). Bu tez çalışmasında, klinik uygulamalarda kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğünün, görsel olarak restorasyonların rengini algılamamızı etkileyebileceği düşüncesini taklit etmek amacıyla spektrofotometrenin SCE modu kullanılmış olup, gözlemci açısı 10^0 olarak ayarlanmıştır.

Dental kliniklerde ve dental laboratuvarlarda sıklıkla gün ışığı (D65), floresan lamba (F2) ve akkor lamba (A) ışık kaynakları kullanılmaktadır. Bu ışık kaynaklarının hepsinin kendine ait belirli bir spektral dağılımı mevcuttur (71). CIE tarafından önerilen standart aydınlatıcı D65'dir (68). Standart aydınlatıcı D65 yaklaşık 6500 K renk sıcaklığına sahip iken, F2 4230 K, A ise 2856 K mutlak renk sıcaklığına sahiptir (70). Floresan aydınlatıcı (F2) renk spektrumunun mavi aralığını belirtme eğilimindeyken, akkor ışık (A) sarı-kırmızı aralığı vurgulamaktadır (72). Hastalar gün içerisinde sıklıkla bu aydınlatıcılara maruz kaldıkları için, biz de çalışmamızda renk ölçümünü yaparken spektrofotometrenin D65, F2 ve A aydınlatmaları altında numunelerin renk koordinatlarını inceledik.

Munsell ve CIE L^*a^*b renk sistemi renk farklılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan iki renk sistemi olmasına rağmen; günümüzde CIE L^*a^*b renk sistemi, hekimler ile dental laboratuvarlar arasındaki iletişimi başarılı bir şekilde sağladığı için en yaygın kullanılan renk ölçme sistemidir (90). CIE L^*a^*b renk sisteminin, hesaplanan ve algılanan renk farklılıkları arasındaki ilişkiyi geliştirmek amacıyla, CIEDE2000 renk sistemi geliştirilmiştir (91). CIEDE2000 güncel olarak tercih edilen sistem olduğu halde, literatürde mevcut çalışmalarda dijital renk ölçümlerinde genellikle CIE L^*a^*b renk sistemi kullanılmaktadır (92). Gencay ve ark. (92) on iki farklı kompozit rezinin renk stabilitesine siyah çayın etkisini CIE L^*a^*b ve CIEDE2000 sistemlerini kullanarak spektrofotometrik olarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda; CIE L^*a^*b ve CIEDE2000 sistemleri arasında aynı yönde, %95,4 düzeyinde ve istatistiksel olarak anlamlı bir uyum olduğunu tespit etmişlerdir. Ghinea ve ark.'nın (91), dental seramikler için klinik olarak algılanabilir ve kabul edilebilir eşik değerlerini CIEDE2000 (ΔE_{00}) ve CIE L^*a^*b (ΔE) renk farkı formüllerini kullanarak belirlemeye çalıştıkları çalışmanın sonucunda; CIEDE2000 formülünün, dental seramiklerin renk farkı eşik değerlerinin değerlendirilmesinde CIE L^*a^*b formülünden daha iyi uyum sağladığını bildirmişlerdir. Benzer olarak CIE L^*a^*b ve CIEDE2000 renk farkı formüllerinden hangisinin renk algısındaki farkı daha iyi yansıttığını ve renk algısının cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemeye çalışan Polo ve ark. (93); CIE L^*a^*b formülüne göre, CIEDE2000 formülünün insan gözünün algıladığı renk farklılıklarını daha iyi yansıttığını bildirmişlerdir (93). Farklı *in vitro* yaşlandırma yöntemlerinin, deneysel dental kompozit rezinlerin renk değişimi üzerindeki etkisini CIE L^*a^*b ve CIEDE2000 renk farkı formüllerini kullanarak değerlendirmeye çalışan başka bir çalışma; oluşan renk farklılıklarının benzer eğilimler izlediğini fakat farklı formüllerle hesaplanan mutlak değerlerin farklılık gösterdiğini bildirmiştir (94). Bu tez çalışmasında, diğer çalışmalarla

kıyaslama yapabilmek için literatürde daha yaygın olarak kullanıldığı düşünülen CIE $L^*a^*b^*$ renk formülü kullanılmıştır.

Renk farklılıkları, ISO/TR 28642 (2011)'ye göre CIE tarafından tanımlanmış olan delta E (ΔE) formülü ile hesaplanmaktadır (95). İnsan gözü tarafından 1,5' dan daha az olan ΔE değerleri fark edilemez iken, spektrofotometre yardımıyla bu değerler ölçülebilmektedir (90). Kabul edilebilir ΔE eşik değeri hakkında literatürde kesin bir bilgi mevcut değildir. Paravina ve ark.'nın (96) kompozit rezinlerin translüsensi parametresinde ve rengine polimerizasyon kaynaklı ortaya çıkan değişiklikleri değerlendirip, CIE $L^*a^*b^*$ ve CIEDE 2000 formüllerini kullanarak sonuçları karşılaştırdıkları çalışmada, kabul edilebilir ΔE eşik değerini 3,7 olarak belirlemişlerdir. Aynı şekilde beş farklı kompozit rezinin renk kayması, renk stabilitesi ve polisaj sonrası yüzey pürüzlülüğünü inceleyen Alkhadim ve ark. (65) da kabul edilebilir ΔE eşik değerini 3,7 olarak belirlemişlerdir. Kompozit rezin restorasyonların pürüzlülüğü, mikrosertliği ve rengi üzerinde modeling likitin etkilerini termosiklus uygulayarak ve uygulamadan değerlendiren Tuncer ve ark. (75) ise renk ölçümünde ΔE eşik değerini 3,3 olarak belirlemişlerdir. Üç farklı kompozit rezinin renk stabilitesi üzerinde iki içeceğin (çay ve Pepsi) etkisini, 7 ve 30 günlük bir süre boyunca inceleyen Nasim ve ark. (97) da kritik ΔE eşik değerini 3,3 olarak belirlemişlerdir. Yapısal olarak farklı üç kompozit rezinin renk stabilitesine, suya maruz kalmanın etkisini araştıran Vichi ve ark. (98) da benzer olarak kabul edilebilir ΔE eşik değerini 3,3 olarak belirlemişlerdir. Bu tez çalışmasında da kabul edilebilir ΔE eşik değeri benzer olarak 3,3 olarak belirlendi,

Kompozit rezin restorasyonlar için hazırlanan kavitetlerin tabanındaki diş dokusunun rengi; kompozit rezinlerin translüsensi özelliğinden dolayı, uygulanan kompozit rezinlerin algılanan rengini etkileyebilmektedir. Kompozit rezinlerin ışığı yayma, ışığı iletme özelliklerinden dolayı restorasyonların sınır bölgesinde, hem diş dokusunda hem de kompozit rezinde renk kaymaları olabilmektedir (99). Costa ve ark. (100) mine ve dentin rengi kompozit rezinleri, tabakalama yöntemini taklit etmek için birlikte ve ayrı ayrı olarak beyaz ve siyah olmak üzere iki farklı arka fon üzerinde VITA Skalası ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda, kompozit rezin örnekler 2 mm kalınlığında olsa bile kullanılan fonun, örneklerin rengini etkileyebileceği bildirmişlerdir. Gül ve ark. (29) da arka fon renginin renk ölçümlerini etkileyebileceği düşüncesiyle, çalışmalarını standart beyaz zemin üzerinde yapmışlardır. Benzer olarak bu tez çalışmasında da arka fon olarak, örneklerin renk ölçümlerini ve modifiye metamerik indeks hesaplamalarını yapabilmek için standart beyaz

zemin; translüsensi parametresi hesaplamalarını yapabilmek için ise hem siyah hem beyaz zemin kullanıldı.

Nesnelerin ışığı geçirebilme özelliğine translüsensi denmektedir (101). Translüsensi özelliği bir translüsensi parametresi (TP) kullanılarak belirlenmektedir. Bir nesnenin siyah ve beyaz arka fon üzerinde yapılan ölçümlerinden elde edilen renk farkı olan TP, translüsensiye görsel olarak değerlendirmek için kullanılmaktadır (102). Nesnenin TP değerinin sıfır olması, o nesnenin opak olduğunu belirtirken; nesnenin translüsensisi arttıkça TP değeri de artmaktadır (103). TP değeri; materyalin kalınlığına, arka fonların yansıtma değerlerine, aydınlatıcıya ve gözlemciye bağlıdır (104). Kompozit rezinler translüsensi özelliği sayesinde kendi rengini diş dokularına aktararak, komşu diş renginin de yansması sağlayarak bukalemun etkisi oluşturabilmektedir. Bu durum gelişmiş renk uyumunun oluşmasını sağlamaktadır (108). Kompozit rezinlerin yapısında bulunan inorganik doldurucu partiküllerin kırılma indisinin, organik matriksin kırılma indisine benzer olması; kompozit rezinin translüsent olmasını sağlamaktadır. Bu yapıların kırılma indisleri arasında uyumsuzluk olması; doldurucu partikül ile matriks arayüzünde yansıma ve kırılma oluşmasına sebep olmakta ve böylece kompozit rezinin opaklığı artabilmektedir (108). Mine dokusu bulunması sebebiyle insan dişinin translüsensi özelliği bulunmaktadır ve estetik restorasyonlar yapılırken doğal yakalayabilmek adına translüsensi özelliğine dikkat edilmelidir (88). Bu sebeple bu tez çalışmasında dış halkada ve iç silindirde aynı kompozit rezinlerin kullanıldığı kontrol numunelerinde translüsensi özelliği, TP değeri hesaplanarak incelendi.

Standart kalınlıkta hazırlanan numunelerin; standart siyah ve beyaz arka fonlar üzerinde yapılan ölçümlerinden elde edilen renk farklarına göre 9,79- 13,94 aralığında TP değerleri elde edildi. En yüksek TP değerini dış halkada ve iç silindirde OMN kullanılan A₀ grubu verirken; en düşük TP değerini ise dış halkada ve iç silindirde EST kullanılan B₀ grubu verdi.

Wang ve ark. (105) farklı kalınlıktaki dental seramiklerin translüsensi özelliğini araştırdıkları çalışmalarında; kalınlığın artmasının translüsensiye olumsuz yönde etkilediğini ve TP'nin numunenin kalınlığı ve arka fonların yansıma parametrelerinden etkilendiğini bildirmişlerdir. Bu sebeple bu tez çalışmasında translüsensi değerleri ölçülen tüm numuneler standart kalınlıkta hazırlanarak, standart siyah ve beyaz arka fonlar üzerinde renk ölçümü yapılmıştır.

Hazırladıkları deneysel dental kompozit rezinin; organik matriks bileşiminin, kompozit rezinlerin translüsensi özelliği üzerine etkisini inceleyen Azzopardi ve ark. (106) kompozit rezin içeriğindeki BisGMA miktarının artmasının translüsensi özelliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Literatürde BisGMA içeren kompozit rezinlerin daha yüksek translüsensiye sahip olduğunu gösteren farklı bir çalışma da mevcuttur (107). Bu tez çalışmasında kullanılan dört kompozit rezin içinde EST ve FU BisGMA içermesine rağmen, EST en düşük TP değerini vermiştir. Bu durum bahsedilen çalışmalarla uyumlu değildir.

EST kompozit rezini yapısında küresel şekilli silika-zirkonya ve silika-titanyum doldurucular içermektedir. Hazırladıkları deneysel kompozit rezinlere titanyum dioksit (TiO_2) nano partiküllerinin eklenmesinin bu kompozit rezinlerin rengi, yarı saydamlığı, opaklığı ve floresansı üzerindeki etkisini inceleyen Yu ve ark., TiO_2 nanoparçacıklarının eklenmesinin kompozit rezinlerin opaklığını yükseltip, translüsensi özelliğini azaltarak, rengini etkilediğini bildirmişlerdir (108). Bu tez çalışmasında EST kompozit rezin ile hazırlanan restorasyonun, aynı kompozit rezin ile tamir edilmesini taklit eden grubunun en düşük TP değeri göstermesinin sebebi, çalışmada kullanılan diğer kompozit rezinlere göre yapısında titanyum partikülleri bulundurması olabilir.

Kompozit rezinlerin translüsensi parametresini ve koyu renkli arka planın rengini maskeleme kabiliyetlerini inceleyen İkedo ve ark.; beyaz arka plana göre siyah arka plan üzerinde daha küçük L^* , a^* , b^* değerleri elde etmişler. Kompozit rezinlerin siyah bir arka plan üzerinde daha koyu, yeşilimsi ve mavimsi görüldüğünü, bu durumun translüsent kompozit rezinlerin Sınıf III ve IV restorasyonlarda daha grimsi görünmesinin sebebi olabileceğini bildirmişlerdir (109).

Lee ve ark. renk parametrelerini ve arka plana göre bu parametrelerin kompozit rezinlerin translüsensi özelliği üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; ΔL değerinin TP ile ilişkili olduğunu, beyaz arka plan üzerindeki L^* değeri hariç olarak a^* ve b^* değerleri arttıkça translüsensinin azaldığını bildirmişlerdir. Arka plan beyazdan siyaha değiştiğinde; L^* , a^* , b^* değerleri azalmıştır. Translüsensinin esas olarak L^* ve b^* değerlerinden etkilendiğini vurgulamışlardır (103).

Bu tez çalışmasında da en yüksek TP değerini veren OMN; çalışmada kullanılan diğer kompozit rezinlerden beyaz arka plan üzerinde daha yüksek L^* , daha düşük a^* ve b^*

değerleri verdi. TP değeri en düşük olan EST kompozit rezin ise en düşük L^* değerini verdi. Siyah arka plan üzerinde ise en düşük a^* ve b^* değerlerini, en yüksek TP değerini veren OMN kompozit rezini verdi. Ayrıca beyaz arka plandan siyah arka plana geçildiğinde kullanılan tüm kompozit rezinlerin L^* , a^* , b^* değerleri azaldı. Yani kompozit rezinler daha koyu, daha yeşil ve daha mavi olarak algılandı. Elde edilen bu sonuçlar İkedo ve ark. (109) ile Lee ve ark (103).’nın çalışmalarıyla uyumludur.

Renk eşleştirmesi yapmak için spektrofotometreler kullanılarak spektral yansıma eğrilerinin elde edilmesi klinik rutinde pratik bir yöntem olmadığı halde; spektral yansıma eğrileri, renk eşleştirmesi yapabilmek için kullanılan en kullanışlı yöntemlerden biridir. Spektral yansıma eğrisi, her nesnenin kendine özgü olup, o nesnenin her dalga boyunda yansıttığı ışığın fraksiyonunu göstermektedir. Renk eşleştirmesi yapılan iki nesnenin spektral yansıma eğrilerinin birbirine yakın olarak ilerlemesi, bu iki nesnenin renk uyumunun başarılı olduğunu, metamerik problemlerin az olduğunu göstermektedir (71). Yani metamerik bir çiftin yansıma eğrileri; görünür aralıkta birden çok ve birbirinden uzak dalga boyunda kesişmeli ve bu yansıma eğrileri özdeş olmamalıdır (110). Bir nesnenin parmak izi olarak tanınan spektral yansıma, renk bilgisi için temel verileri sağlayabilmektedir (111). Spektral yansımanın kaydı, renk koordinatlarının belirlenmesinde güvenilir bir yöntemdir (112). Bir aydınlatıcı altında aynı spektral eğriye sahip iki nesnenin, ikinci aydınlatıcı altında eşleşmeyen farklı spektral eğrilere sahip olmaları metamerizmin sebebidir (113). Corcodel ve ark. (32) çalışmalarında; kesişme noktası bulunmayan iki spektral yansıma eğrisi birbirine ne kadar yakınsa, metamerik problemlerin sayısının da o kadar az olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde renk eşleştirmesi yapılacak iki materyalin spektral yansıma eğrileri ne kadar yakınsa renk uyumunun da o kadar başarılı olacağını söyleyen başka bir çalışma da mevcuttur (71). Yani, eğriler ne kadar yakından eşleşirse metamerik sorunlar da o kadar az olmaktadır.

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm kompozit rezinlerin elde edilen spektral yansıma eğrileri kesişme noktaları varlığında, yaklaşık olarak 400-410 nm dalga boyunda yükselme eğilimindedirler. SP ve FU eğrileri birden çok kesişme noktasına sahip olup, birbirine en yakın seyreden eğrilerdir. Çalışmada bulunan tüm gruplar içerisinde en düşük ΔE değerlerini gösteren grup Filtek Ultimate’in Spectra ST ile tamir edildiği gruptur. Diğer üç eğriye en uzak seyreden eğri OMN’ye aittir. Tüm gruplar karşılaştırıldığı zaman, tamir edilecek

restorasyonun mevcut kompoziti OMN olan A grupları, diğer gruplara göre en yüksek ΔE değerini gösterdi. Bu sonuçlar yukarıda bahsedilen çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

Aynı veya farklı marka kompozit rezinlerin renk değişikliklerine, aydınlatıcıların metamerik etkilerini inceleyen Brokos ve ark. (6); materyal ile aydınlatıcı etkileşimi sonucu renk değişikliklerinin oluştuğunu bildirmişlerdir. F2 aydınlatmasının 600 nm'den büyük dalga boylarında zayıf yoğunluğa sahip olup, bu yüzden düşük kırmızı yansımaya sebep olduğunu; A aydınlatıcısının ise 600 nm'den büyük dalga boylarında güçlü yoğunluğa sahip olup, a^* ve b^* değerlerinin yansımalarının bu aydınlatıcıda daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bu sebeple daha yüksek a^* , b^* değerlerine sahip olan kompozit rezinler F2 ve A aydınlatıcı altında daha yoğun değişiklikler göstermiştir.

Bu tez çalışmasında elde edilen veriler ışığında aydınlatma türüne göre bir karşılaştırma yapılacak olursa; gruplar en yüksek L^* değerini A aydınlatması altında; en düşük L^* değerini ise D65 aydınlatması altında verdi. Dış halkada Estelite Sigma Quick (EST) kullanılan gruplar hariç, diğer grupların L^* değerlerinin üç aydınlatma altındaki sıralaması değişmedi. Yani D65 aydınlatması altında iki grup arasında L^* değeri büyük olan grubun; F2 veya A aydınlatması altında da L^* değeri daha büyük oldu. Bu durum aydınlatma tipinin L^* değerini etkilemediğini göstermektedir. Tüm gruplar en yüksek a^* değerlerini A aydınlatması altında, en yüksek b^* değerlerini ise F2 aydınlatması altında verdi. a^* ve b^* değerleri için elde edilen bu sonuç, Brokos ve ark.'nın (6) çalışması ile uyumludur.

Dental seramiklerin rengine; aydınlatıcı tipinin, farklı yüzeylerin ve materyalin kalınlığının optik etkisini inceleyen Volpato ve ark. (114); D65 ve A aydınlatmalarını karşılaştırdıklarında, seramiklerin A aydınlatması altında daha kırmızı görüldüğünü; F2 aydınlatması altında ise daha yeşil görüldüğünü bildirmişlerdir. a^* ve b^* değerlerinden elde edilen veriler, test edilen seramiklerin renginin farklı ışık kaynaklarına maruz kaldığında değiştiğini göstermektedir. Benzer olarak aydınlatıcı değişiminin, dental seramik materyallerinin renk değişimi üzerindeki etkisini inceleyen Yu ve ark. (72); çalışmalarında D65, F2 ve A aydınlatmalarını kullanmışlardır. D65 aydınlatmasına göre, A aydınlatması altında seramiklerin a^* değerlerinin pozitif yönde (kırmızıya doğru), b^* değerlerinin pozitif yönde (sarıya doğru) kaydığını; D65 aydınlatmasına göre, F2 aydınlatması altında a^* değerinin negatif yönde (yeşile doğru), b^* değerinin pozitif yönde (sarıya doğru) kaydığını bildirmişlerdir. Kompozit rezin ile dentin dokusu arasındaki metamerik etkiyi inceleyen Lee

ve ark.(68) yaptıkları çalışmada; D65 aydınlatmasına göre, A aydınlatması altında a^* ve b^* değerlerinin pozitif yöne kaydığını, D65 aydınlatmasına göre, F2 aydınlatması altında a^* değerinin negatif yöne, b^* değerinin pozitif yöne kaydığını bildirmişlerdir. Ağız içi kullanıma uygun bir spektrofotometre kullanarak 37 katılımcının 49 dişi ile VITA 3D-Master renk skalasının karşılaştırmasını yapan Corcodel ve ark. (32); elde ettikleri a^* değerlerinin TL84 ve D65 aydınlatmalarına göre A aydınlatması altında kırmızıya doğru kaydığını belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında da bahsedilen çalışmalarla uyumlu olarak; D65 aydınlatmasına göre A aydınlatması altında L^* , a^* değerleri arttı. Omnichroma ile hazırlanan restorasyonun yine Omnichroma ile tamir edilmesini taklit eden A_0 grubu hariç b^* değerleri de arttı. D65 aydınlatmasına göre, F2 aydınlatması altında ise grupların L^* ve b^* değerleri arttı, a^* değerleri azaldı.

Bu tez çalışmasında kullanılan kompozit rezinler arasında, üç aydınlatma altında da EST en düşük L^* değerine sahip kompozit rezindir. EST ile tamir edilmiş tüm grupların diğer gruplar içinde en düşük L^* değerine sahip olduğu görüldü. OMN ise diğer kompozit rezinler içinde L^* değeri en yüksek, a^* değeri en düşük kompozit rezindir ve OMN ile tamir edilmiş gruplar diğer gruplar arasında en yüksek L^* değerine ve en düşük a^* değerine sahipti. SP ise diğer kompozit rezinler içinde en yüksek a^* ve b^* değerine sahip kompozit rezindir. SP ile tamir edilmiş FU restorasyonları taklit eden D2 grubu hariç SP ile tamir edilen gruplar (A_2 , B_2); diğer gruplar içinde en yüksek b^* değerine, ayrıca D65 ve A aydınlatmaları altında en yüksek a^* değerine sahipti. Bu *in vitro* çalışmanın sınırları dahilinde tamir amacıyla kullanılan kompozit rezinlerin numunelerin tamamının renk parametrelerine genel anlamda etkelediği söylenebilir.

Tamir işlemlerinde ideal olan, aynı tipte ve aynı markaya sahip kompozit rezinlerin tamir işlemi için kullanılmasıdır ancak mevcut restorasyon farklı bir hekim tarafından yapıldığında, hasta notlarında daha önce kullanılan materyalle ilgili ayrıntılara yer verilmediyse ya da mevcut materyal artık ticari olarak piyasada değilse aynı kompozit rezinin kullanılması mümkün olmayabilir (3, 115-117)

Daha önce bahsedilen çalışmalarında Brokos ve ark. (6), tamir için mevcut kompozit rezinden farklı marka kompozit rezin tercih edildiğinde, kullanılabilecek olan en uygun kompozit rezine göre a^* değeri daha yüksek olan bir kompozit rezin seçilirse; hazırlanan restorasyonun A aydınlatması altında, en uygun kompozit rezin ile hazırlanan restorasyona

göre daha kırmızımsı görüneceğini bildirmişlerdir. Aynı şekilde en uygun kompozit rezine göre b^* değeri daha yüksek olan bir kompozit rezin seçilirse; hazırlanan restorasyonun F2 aydınlatması altında, en uygun kompozit rezin ile hazırlanan restorasyona göre daha sarımsı görüneceğini belirtmişlerdir. En uygun kompozit rezine göre L^* değeri daha düşük olan bir kompozit rezin seçimi yapılması durumunda ise; hazırlanan restorasyon A aydınlatması altında daha açık görüneceğini bildirmişlerdir.

Bu tez çalışmasında da benzer şekilde tamir kompozit rezini olarak, dış halkada kullanılan kompozit rezinden daha yüksek a^* değerine sahip bir kompozit rezini iç silindirde kullandığımızda, tamir kompozit rezini olarak dış halkada kullanılan kompozit rezin ile aynı kompozit rezinin kullanıldığı kontrol grubuna göre A aydınlatması altında daha kırmızı; tamir kompozit rezini olarak dış halkada kullanılan kompozit rezinden daha yüksek b^* değerine sahip kompozit rezinleri iç silindirde kullandığımızda, tamir kompozit rezini olarak dış halkada kullanılan kompozit rezin ile aynı kompozit rezinin kullanıldığı kontrol grubuna göre F2 aydınlatması altında, B3 grubu hariç daha sarımsı göründü. Brokos ve ark.'nın (6) çalışmalarından farklı olarak, tamir kompozit rezini olarak dış halkada kullanılan kompozit rezinden daha düşük L^* değerine sahip kompozit rezinleri iç silindirde kullandığımızda, tamir kompozit rezini olarak dış halkada kullanılan kompozit rezin ile aynı kompozit rezinin kullanıldığı gruba göre A aydınlatması altında her zaman daha açık renkli görünmedi. Bu durum mevcut çalışma ile bu tez çalışmasında kullanılan kompozit rezinlerin farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Elde edilen bu sonuçlar ışığında, eski restorasyonların ve kullanılması planlanan kompozit rezinlerin D65 aydınlatması altındaki renk parametrelerinin bilinmesinin; elde edilecek yeni restorasyonun farklı aydınlatmalar altındaki görünümünün tahmin edilmesini kolaylaştıracağını düşünmekteyiz.

Bu tez çalışmasında OMN kullanılarak hazırlanmış olan restorasyonun tamiri için diğer marka kompozit rezinlerin kullanılması ile tamir için OMN'nin kullanıldığı restorasyonlar arasında oluşan ΔE değerleri, klinik olarak kabul edilebilir eşik değer olan 3.3'ten büyüktür. Üç aydınlatma altında SP ile tamir edilen OMN restorasyonlar, OMN'nin kendisiyle tamir edilmesine göre en kötü renk uyumunu gösterirken, FU ile tamir edilmesi en iyi renk uyumunu verdi. SP, FU'dan farklı olarak yapısında BisGMA bulundurmamaktadır. Yapısında BisGMA bulunduran kompozit rezinler, TEGDMA içeren kompozit rezinlere göre daha az; UDMA ve BisEMA (etoksillenmiş bisfenol A glikol dimetakrilat) içeren kompozit rezinlere göre ise daha fazla su emilimi göstermektedirler (90). FU'nun bazı

nanopartikülleri, nanoküme adı verilen ikincil yapılar oluşturmaktadır. Nanokümeler, hibrit kompozit rezinlerde bulunan doldurucu partiküllere benzer boyuta sahiptir, böylece yüksek doldurucu oranı oluşmaktadır. Bu durum kompozit rezinin fiziksel özelliklerini geliştirmektedir (118). FU'nun yapısında BisGMA bulunmasına rağmen en iyi renk uyumunu vermesi, inorganik partiküllerinin nanoküme şeklinde olmasından kaynaklanıyor olabilir. Amer ve ark. (119), diş eti rengindeki kompozit rezinler için hazırlanan renk skalalarını, D65 ve A aydınlatmaları altında analiz ederek, sonuçları araştırmaya katılan 120 katılımcının yapışık dişeti renk verileriyle karşılaştırdıkları çalışmalarında; A aydınlatması altında elde edilen renk farkının, D65 aydınlatması altında elde edilen renk farkından büyük olduğunu bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında da OMN ile hazırlanan restorasyonların, farklı marka kompozit rezinlerle tamir edildiği grupların A aydınlatması altında elde edilen ΔE değerleri, D65 aydınlatması altında elde edilen ΔE değerlerinden büyüktür. SP, FU ve EST; OMN'ye göre D65 aydınlatması altında daha yüksek a^* ve b^* değerlerine sahiptir. Daha önce bahsedildiği gibi (68) bu tez çalışmasında da, D65 aydınlatmasına göre, A aydınlatması altında a^* ve b^* değerleri pozitif yönde kayarak, ΔE değerlerinin bu aydınlatıcı altında daha büyük olmasına sebep olmuş olabilir.

EST kullanılarak hazırlanmış olan restorasyonun tamiri için diğer marka kompozit rezinlerin kullanılması ile tamir için EST'nin kullanıldığı restorasyonlar arasında oluşan ΔE değerleri için; SP kullanılan grup üç aydınlatma altında da klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri olan 3,3'ten küçük ΔE değeri verir iken, OMN ve FU ile tamirler D65 ve F2 aydınlatması altında 3,3'ten büyük, A aydınlatması altında 3,3'ten küçük ΔE değerleri verdi. EST'nin SP ile tamiri üç aydınlatma altında da en düşük ΔE değerini verirken, FU ile tamiri A aydınlatması hariç en yüksek ΔE değerini verdi. A aydınlatması altında EST'nin OM ve FU ile tamirinde elde edilen ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Bu tez çalışmasında kullanılan kompozit rezinler içerisinde sadece FU düzensiz şekilli inorganik partiküller içermektedir. EST'nin tamirinde en düşük ΔE değerini veren SP küresel şekilli, önceden polimerize edilmiş doldurucu partiküllere ve aglomere olmayan baryum camına ve iterbiyum florüre sahiptir (120). Arikawa ve ark. (121), farklı boyutta ve şekilde doldurucu partikül içeren deneysel kompozit rezinlerin ışık geçirgenlik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; partiküllerin boyutunun, şeklinin ve içeriğinin renk değerlerini etkilediğini bildirmişlerdir. Düzensiz şekilli doldurucu partiküllere sahip kompozit rezinler, küresel şekilli olanlara göre daha yüksek renk farkı değerleri göstermiştir. Düzensiz şekilli doldurucu içeriği olan kompozit rezinlerin,

doldurucu oranının artmasıyla a^* değerinin azaldığı, b^* değerinin ise arttığını bildirilmiştir. Sonuçları bakımında bu tez çalışması, bahsedilen çalışma ile uyumludur.

SP kullanılarak hazırlanmış olan restorasyonun tamiri için diğer marka kompozit rezinlerin kullanılması ile, tamir için SP'nin kullanıldığı restorasyonlar arasında oluşan ΔE değerleri incelendiğinde; EST ve FU kullanılan gruplar üç aydınlatma altında da klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri olan 3,3'ten düşük ΔE değeri verirken, tamir için OMN kullanılan grup F2 ve A aydınlatması altında 3,3'ten düşük ΔE değeri verdi. FU ile tamir edilen gruplar D65 ve A aydınlatması altında en düşük ΔE değeri verirken, F2 aydınlatması altında FU ve OMN ile tamir edilen grupların ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Bu *in vitro* çalışmada FU kullanılarak hazırlanmış olan restorasyonun tamiri için diğer marka kompozit rezinlerin kullanılması ile, tamir için FU'nin kullanıldığı restorasyonlar arasında oluşan ΔE değerleri incelendiğinde; tüm gruplar klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri olan 3,3'ten küçük ΔE değeri verdi. Üç aydınlatma altında da en düşük ΔE değerini tamir için SP kullanılan grup verdi.

Dişler ve renk skalaları arasındaki metamerik etkiyi inceleyen Corcodel ve ark. (32); çalışmalarında D65 aydınlatması altında elde ettikleri ΔE değerlerinin, A aydınlatması altında elde ettikleri ΔE değerlerinden daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında farklı marka kompozit rezin kombinasyonlarının, farklı aydınlatmalar altında elde edilen ΔE değerleri belirli bir dağılım göstermemektedir. Bu durum Corcodel ve ark.'nın çalışmasının yönteminin ve kullanılan materyallerin bu tez çalışmasındakinden farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir. Park ve ark., VITA Lumin ve Chromascop renk skalalarının D65, F2 ve A aydınlatmaları altındaki renk dağılımını inceledikleri çalışmalarında; renk skalalarının ikisinde de A aydınlatması ile D65 aydınlatması altında elde edilen renk farkının (ΔE), F2 aydınlatması ile D65 aydınlatması altında elde edilen renk farkından büyük olduğunu ve her iki renk skalasının da renk dağılımının aydınlatıcıya göre değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir (70). Bu tez çalışmasında da elde edilen ΔE değerleri aydınlatıcı türüne göre değişiklik göstermektedir.

Metamerizm sebebiyle bir aydınlatıcı altında aynı tristimulus değerine sahip olan iki nesne, farklı aydınlatıcılar altında aynı tristimulus değerlerine sahip olmayabilir. Bundan dolayı, bir

aydınlatıcı altında benzer renkte görünen iki nesne, diğer aydınlatıcı altında farklı renkte görünebilmektedir (110). Metamerik nesneler belirli bir aydınlatıcı altında aynı tristimulus değerlerine sahipken, farklı spektral güç dağılımları gösterirler. Bu nesnelerin spektral yansıma eğrileri, birçok kesişme noktasına sahiptir (35).

Corcodel ve ark. (32); D65, A ve TL84 aydınlatıcıları altında doğal dişler ile renk skalaları arasındaki metamerik etkiyi araştırdıkları çalışmalarında, D65 aydınlatıcısı altında dişler ile skalalar aynı tristimulus değerlerini vermediği için, CIE standart metamerik indeksi yerine Modifiye Metamerik İndeks (Mod- MI) formülünü kullanmıştır. Benzer olarak farklı aydınlatıcılar altında, metamerik etkiyi inceleyen birçok çalışmada Mod-MI formülü kullanılmıştır (68) (71). Mod-MI değerinin 1 olması, incelenen nesneler arasında metamerik etkinin olmadığını göstermektedir (68). Bu tez çalışmasında da standart aydınlatıcı (D65) altında kompozit örneklerin hiçbiri aynı tristimulus değerlerini vermediği için, hesaplamalarda Mod-MI formülü kullanılmıştır.

Brokos ve ark. (6); aynı tonda, farklı marka kompozit rezinler arasında F2 ve A aydınlatması altında oluşan renk farkının, D65 aydınlatması altında oluşan renk farkından daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Lee ve ark. (122); aynı renk tonuna sahip olan kompozit rezin, cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompomer estetik restoratif materyallerinin D65, F2 ve A aydınlatıcıları altında parlaklık, yoğunluk, renk tonu değerlerini ve renk farklarını belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında; A aydınlatıcısının F2 aydınlatıcısından daha güçlü bir metamerik etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Kompozit rezin ile dentin dokusu arasındaki metamerik etkiyi farklı aydınlatıcılar altında inceleyen Lee ve ark. (68); D65 aydınlatmasına göre A aydınlatması altında elde edilen Mod-MI değerini 0,74-0,95, D65 aydınlatmasına göre F2 aydınlatması altında elde edilen Mod-MI değerini ise 0,77-0,98 aralığında bulmuşlardır. Değerlerin 1'den küçük olması A ve F2 aydınlatıcıları altında kompozit rezin ile dentin dokusu arasındaki renk farkının, D65 aydınlatıcısı altında elde edilen renk farkından daha küçük olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonucunda, Mod-MA ve Mod-MF2 değerlerinin kompozit rezinlerin tonlarına göre önemli ölçüde farklı olduğunu bildirmişlerdir.

D65, F2 ve A aydınlatmaları altında dental porselen materyali ile porselen tamir kompozit rezini arasındaki metamerik etkiyi inceleyen Kim ve ark. (71) da çalışmalarında Mod-MI

formülünü kullanmışlardır. Bu çalışmada; D65 aydınlatması altında elde edilen ΔE değerleri, A ve F2 aydınlatmaları altında elde edilen ΔE değerlerinden daha küçüktür. Renk sıcaklığına göre metamerizmin derecesi değişmiştir. Mevcut çalışmada incelenen tüm numuneler için tutarlı olmasa da genel olarak Mod-MI A değerleri, Mod-MI F2 değerlerinden yüksektir. Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde, porselen ve porselen tamir kompozit rezinleri arasındaki metamerik etki; porselenin rengine, kompozitin içeriğine ve aydınlatıcılara bağlı olarak değişmektedir.

Bu tez çalışmasında Brokos ve ark. (23), Lee ve ark. (58) ve Kim ve ark. (73)'nin çalışmalarından farklı olarak; farklı marka kompozit rezin kombinasyonlarıyla, farklı aydınlatmalar altında elde edilen MI değerleri için belli bir aydınlatıcıya göre belli bir dağılım elde edilemedi. Elde edilen MI değerleri; kompozit rezine ve aydınlatıcı türüne göre değişiklik gösterdi. Mevcut kompozit rezinlerin farklı marka kompozit rezinler ile tamiri sonucu elde edilen grupların hiçbiri aynı aydınlatıcı altında aynı MI değerini vermedi. Bu sonuç ile 'kompozit rezinlerin tamiri için kullanılan tamir kompozit rezinlerinin metamerizme etkisi olmadığı' yönündeki birinci sıfır hipotezi de reddedildi. Mevcut kompozit rezinden farklı bir kompozit rezin ile tamir edilmiş gruplar, farklı aydınlatıcılar altında farklı MI değerleri verdi. Böylelikle 'tamir uygulanmış kompozit rezinlerde oluşan metamerizmin ışık kaynağına bağlı olmadığı' yönündeki ikinci sıfır hipotez reddedildi.

Her iki sıfır hipotezin de bu *in vitro* çalışma sınırlamaları içerisinde reddedilmiş olması, bize restorasyon tamir işleminde, seçilecek kompozit rezinin ve mevcut restorasyonun farklı aydınlatmalar altında renk parametrelerinin incelenmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Bu tez çalışmasının bazı sınırlamaları mevcuttur. Bu çalışmada mevcut kompozit rezini taklit etmek amacıyla oluşturulan dış halkada yer alan kompozit rezinlere herhangi bir yaşlandırma işlemi ya da tamir için kullanılan yüzey hazırlık işlemleri uygulanmamıştır. İleriki çalışmalarda klinik durumu daha iyi yansıtmak amacıyla, yaşlandırma ve yüzey hazırlık işlemlerinin de numune hazırlama protokolüne ilave edilmesi daha güvenilir sonuçların elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı marka-aynı renk ya da bukalemun etkisi gösteren kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler ile aynı marka-aynı renk kompozit rezin ile tamir prosedürü uygulanmış olan kompozit rezinler arasındaki renk farkına farklı aydınlatmaların metamerik etkisinin incelenmesinin amaçlandığı bu *in vitro* tez çalışmasının sınırları dahilinde:

1. Kullanılan kompozit rezinler içerisinde TP en yüksek olan kompozit rezinin Omnicroma, en düşük olan kompozit rezinin ise Estelite Sigma Quick olduğu,
2. Birbirine en yakın seyreden spektral yansıma eğrilerine sahip olan grupların renk farklarının daha düşük olduğu, bu nedenle tamir işlemleri sırasında mevcut kompozit rezine yakın spektral eğriye sahip kompozit rezin kullanılmasının daha başarılı renk uyumuna sahip sonuç restorasyonlar oluşturabileceği,
3. En yüksek L^* ve a^* değerleri A aydınlatması altında, en yüksek b^* değerleri F2 aydınlatması altında ölçüldüğü,
4. D65 aydınlatmasına göre A aydınlatması altında çoğunlukla L^* , a^* , b^* değerleri arttığı, F2 aydınlatması altında ise L^* ve b^* değerleri arttığı, a^* değerlerinin azaldığı,
5. Tamir için kullanılacak olan kompozit rezinin, mevcut kompozit rezinden daha kırmızımsı olduğu durumda elde edilen yeni restorasyonun A aydınlatması altında daha kırmızı; tamir için kullanılacak kompozit rezinin daha sarımsı olduğu durumda F2 aydınlatması altında daha sarımsı görüldüğü,
6. Elde edilen ΔE ve MI değerlerinin; kullanılan kompozit rezinin doldurucu oranı ve partikül boyutundan ve aydınlatıcı türünden doğrudan etkilenmediği,
7. Mevcut restorasyonun bukalemun etkisine sahip bir kompozit rezin olması durumunda, bu çalışmada kullanılan kompozit rezinler ile tamir işlemi sonucunda en kötü renk uyumunun elde edildiği söylenebilir. Sonuç olarak mevcut restorasyonun ve tamir için seçilecek kompozit rezinin farklı aydınlatmalar altındaki renk parametrelerinin bilinmesi ile renk uyumu başarılı restorasyonlar elde edilip, metamerizimin etkileri azaltılabilir. Bunun yanında, kompozit rezinler piyasaya sürülürken, üretici firmaların kullanım kılavuzunda kompozit rezinin farklı aydınlatmalar altında spektral yansıma eğrilerine yer vermesi; hekimlerin kompozit rezin seçimi yaparken zaman kazanmasına yardım ederken, renk uyumu daha başarılı tamir restorasyonları yapılmasını sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

1. Barutçigil, Ç., Barutçigil, K., Özarslan, M. M., Dündar, A., Yılmaz, B. (2017). Color of Bulk-Fill Composite Resin Restorative Materials. *Journal Of Esthetic Restorative Dentistry*. 30(2): 1-6.
2. Korkut, B. (2021). Cila Sistemlerinin Mikrohibrit Ve Nanohibrit Rezin Kompozitlerin Renklenmesi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 27(3): 451-61.
3. Hickel, R., Brühaver, K., Ilie, N. (2013). Repair Of Restorations – Criteria For Decision Making And Clinical Recommendations. *Dental Materials Journal*. 29(1): 28-50.
4. Attar, N., Sevik, C. (2015). Kompozit Restorasyonların Tamiri. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 1(3): 81-6.
5. Samra, A., Pereira, Sk., Delgado, LC., Borges, C. (2008). Color Stability Evaluation Of Aesthetic Restorative Materials. *Brazilian Oral Research*. 22(3): 205-10.
6. Brokos, I., Polychronakis, N., Polyzois, G., Lagouvardos, P., Krejci, I. (2022). Illuminant Metameric Effects On Interbrand And Intrabrand Color Differences Of Direct Composite Resins. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 128(6).
7. Brokos, I., Stavridakis, M., Lagouvardos, P., Krejci, I. (2021). Fluorescence Intensities Of Composite Resins On Photo Images. *Odontology*. 109: 615-24.
8. Aktaş, İ. (2012). *Dinamik Aydınlatmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri*. Yüksek lisans tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 18-9.
9. Kim, H S., Um, C M. (1996). Color Differences Between Resin Composites And Shade Guides. *Quintessence International*. 27(8): 559-67.
10. Yüzügüllü, B., Arıfağaoğlu, Ö., Yıldırım, S. (2019). Estetik Uygulamalarda Renk. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 29-37.
11. Neumann, L., Christensen, C., Cavanaugh, C. (1989). Dental Esthetic Satisfaction In Adults. *The Journal Of The American Dental Association*. 118(5): 565-70.
12. Samorodnitzky-Naveh, G., Geiger, S., Levin, L. (2007). Patients' Satisfaction With Dental Esthetics. *Journal Of The American Dental Association*. 138(6): 805-8.
13. Schmidt, C., Tatum, Sa. (2006). Cosmetic Dentistry. Current Opinion In *Otolaryngology & Head And Neck Surgery*. 14(4): 254-9.
14. Wagner, D. (2020). A Beginning Guide For Dental Photography: A Simplified Introduction For Esthetic Dentistry. *Dental Clinics Of North America*. 64(4): 669-96.
15. Rajan, N., Krishna, R., Rajan, A., Singh, G., Jindal, L. (2020). Shade Selection–Basic For Esthetic Dentistry: Literature Review. *International Journal Of Contemporary Research And Review*. 11(9): 863-68

16. Brewer, J., Wee, A., Seghi, R. (2004). Advances In Color Matching. The Dental Clinics Of North America. 48(2): 341-58.
17. Russel, M., Gulfranz, M., Moss, BW. (2000). In Vivo Measurement Of Colour Changes In Natural Teeth. Journal Of Oral Rehabilitation. 27(9): 786-92.
18. Makhloota, M., Köroğlu, A., Turhan Bal, B. (2021). A Review Of Color Matching In Dentistry. Medical Records. 3(1): 44-9.
19. Klaff, D. (2010). Achieving The Predictable Composite Resin Restoration: The Nature Of Colour. International Dentistry Sa. 12(2).
20. Goldstep, F., Freedman, G. (2012). Understanding And Manipulating Color. Color And Shade. 1.Baskı. UK. Elsevier. 135-67.
21. Yilmaz, B. (2020). Factors Affecting The Visual Tooth Shade Selection: A Review. Dental And Medical Journal-Review. 2(3): 76-83.
22. Keyf, F., Uzun, G., Altunsoy, S. (2009). Diş Hekimliğinde Renk Seçimi. Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 33(4): 52-8.
23. Chang, J., Chen, W C., Huang, T K., Wang, J C., Fu, P S., Chen, J H. (2012). Evaluating The Accuracy Of Tooth Color Measurement By Combining The Munsell Color System And Dental Colorimeter. Kaohsiung Journal Of Medical Sciences. 28(9): 490-4.
24. Sikri, V. (2010). Color: Implications In Dentistry. Journal Of Conservative Dentistry. 13(4): 249-55.
25. Dimitrova, M., Corsalini, M., Kazakova, R., Vlahova, A., Barile. G., Dell’olio, F. (2022). Color Stability Determination Of Cad/Cam Milled And 3d Printed Acrylic Resins For Denture Bases: A Narrative Review. Journal Of Composites Science. 6(201): 1-12.
26. Okubo, S R., Kanawati, A., Richards, M W., Childress, S. (1998). Evaluation Of Visual And Instrument Shade Matching. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 80(6): 642-8.
27. Waldemarin, R F A., Terra, P C., Pinto, L R., Faot, F., Camacho, G B. (2013). Color Change In Acrylic Resin Processed In Three Ways After Immersion In Water, Cola, Coffee, Mate And Wine. Acta Odontol. 26(3): 138-43.
28. Ruyter, I., Nilner, K., Möller, B. (1987). Color Stability Of Dental Composite Resin Materials For Crown And Bridge Veneers. Dental Materials. 3(5): 246-51.
29. Gül, P., Akgül, N. (2013). Kompozit Materyaller Arasındaki Renk Farklılıklarının Farklı Skalalarla Spektrofotometrik Olarak Karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi. 23(1): 16-23.
30. Ismail, E H. (2021). Color Interaction Between Resin Composite Layers: An Overview. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 33(8): 1105-17.

31. Pusateri, S K., Brewer, J D., Dunford, R G., Wee, A G. (2007). In Vitro Model To Evaluate Reliability And Accuracy Of A Dental Shade-Matching Instrument. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 98(5): 353-8.
32. Corcodel, N., Helling, S., Rammelsberg, P., Hassel, A J. (2010). Metameric Effect Between Natural Teeth And The Shade Tabs Of A Shade Guide. *European Journal Of Oral Sciences*. 118(3): 311-16.
33. Noort, R V. (2013). *Introduction To Dental Materials*. 4. Baskı. Elsevier. 74-90.
34. Puckett, A D., Fitchie, J G., Kirk, P C., Gamblin, J. (2007). Direct Composite Restorative Materials. *Dental Clinics of North America*. 51(3): 659-75.
35. Sakaguchi, R., Powers, J M. (2012). *Restorative Materials Composites and Polymers*. Sakaguchi R, Powers J M, editör. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13. Baskı. ABD. Elsevier. 161-92.
36. Uluakay, M., Hüseyin, İ., Yamanel, K., Arhun, N. (2011). Kompozit Rezinler Ve Polimerizasyon Büzülmesi. *Ado Klinik Bilimler Dergisi*. 5(2):895-902.
37. Habib, E., Wang, R., Wang, Y., Zhu, M., Zhu, X X. (2016). Inorganic Fillers For Dental Resin Composites - Present And Future. *Acs Biomaterials Science & Engineering*. 2(1): 1-11.
38. Zubrzycki, J., Klepka, T., Marchewka, M., Zubrzycki, R. (2023). Tests Of Dental Properties Of Composite Materials Containing Nanohybrid Filler. *Materials (Basel)*. 16(1): 1-17.
39. Peutzfeldt, A. (1997). Resin Composites In Dentistry: The Monomer Systems. *European Journal Of Oral Sciences*. 105(2): 97-116.
40. Burgess, J O., Walker, R., Davidson, J M. (2002). Posterior Resin-Based Composite: Review Of The Literature. *Pediatric Dentistry*. 24(5): 465-79.
41. Khokhar, Z., Razzoog, M., Yaman, P. (1991). Color Stability Of Restorative Resins. *Quintessence International*. 22(9): 733-37.
42. Çelik, Ç. (2017). Güncel Kompozit Rezin Sistemler. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 3(3): 128-37.
43. Ilie, N., Hickel, R. (2011). Resin Composite Restorative Materials. *Austuralian Dental Journal*. 56(1): 59-66.
44. Lutz, F., Philips, R W. (1983). Classification And Evaluation Of Composite Resin Systems. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 50(4): 480-8.
45. Cobb, D S., Macgregor, K M., Vargas, M A., Denehy, G E. (2000). The Physical Properties Of Packable And Conventional Posterior Resin-Based Composites: A Comparison. *The Journal Of The American Dental Association*. 131(11): 1610-5.

46. Nakano, E L., deSouza, A S C., Boaro, L C C., Catalani, L H., Braga, R R., Goncalves, F. (2000). Polymerization Stress And Gap Formation Of Self-Adhesive, Bulk-Fill And Flowable Composite Resins. *Operative Dentistry*. 45(6): 308-16.
47. Özel Bektas, O., Eren, D., Akin, E G., Akin, H. (2013). Evaluation Of A Self-Adhering Flowable Composite In Terms Of Micro-Shear Bond Strength And Microleakage. *Acta Odontologica Scandinavica*. 71:541-6.
48. Murdoch-Kinch, C A., McLean, M E. (2003). Minimally Invasive Dentistry. *Practical Science*. 134(1): 87-95.
49. Kwon, T Y., Bagheri, R., Kim, Y K., Kim, K H., Burrow, M F. (2012). Cure Mechanisms In Materials For Use In Esthetic Dentistry. *Journal Of Investigative And Clinical Dentistry*. 3(1): 3-16.
50. Ferracane, JI. (2011). Resin Composite--State Of The Art. *Dental Materials*. 27(1): 29-38.
51. Alsheikh, R. (2019). Color Stability Of Lucirin-Photo-Activated Resin Composite After Immersion In Different Staining Solutions: A Spectrophotometric Study. *Clinical, Cosmetic And Investigational Dentistry*. 11: 297-311.
52. Oliveria, K A., Cardoso, R F., Zarpellon, D C., Madruga, C F L., Rodrigues, J A., Arrais, C A G. (2017). Effects Of Radiant Exposure Values Using Second And Third Generation Light Curing Units On The Degree Of Conversion Of A Lucirin-Based Resin Composite. *Journal Of Applied Oral Science*. 25(2): 140-6.
53. Stansbury, J W. (2000). Curing Dental Resins And Composites By Photopolymerization. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 12(6): 300-8.
54. Delgado, A J., Castellanos, E M., Sinhoreti, M A C., Oliveira, D C., Abdulhameed, N., Geraldini, S. (2019). The Use Of Different Photoinitiator Systems In Photopolymerizing Resin Cements Through Ceramic Veneers. *Operative Dentistry*. 44(4): 396-404.
55. Ajlouni, R., Bishara, S E., Soliman, M M., Oonsombat, C., Laffoon, J F., Warren, J. (2005). The Use OfOrmocer As An Alternative Material For Bonding Orthodontic Brackets. *Angle Orthodontist*. 75(1): 106-8.
56. Zimmerli, B., Strub, M., Jeger, F., Stadler, O., Lussi, A. (2010). Composite Materials: Composition, Properties And Clinical Applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 120(11): 972-79.
57. Jyothi, K., Annapurna, S., Kumar, A S., Venugopal, P., Jayashankara, C. (2011). Clinical Evaluation Of Giomer-And Resin-Modified Glass Ionomer Cement In Class V Noncarious Cervical Lesions: An In Vivo Study. *Journal Of Conservative Dentistry*. 14(4): 409-13.
58. Chesterman, J., Jowett, A., Gallacher, A., Nixon, P. (2017). Bulk-Fill Resin-Based Composite Restorative Materials: A Review. *British Dental Journal*. 222(5): 337-44.

59. David, C., Cardoso, G C., Isolan, C P., Piva, E., Moraes, R., Cuevas-Suarez, C E. (2021). Bond Strength Of Self-Adhesive Flowable Composite Resins To Dental Tissues: A Systematic Review And Meta-Analysis Of In Vitro Studies. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 128(5): 876-85.
60. Frater, M., Forster, A., Kereszturi, M., Braunitzer, G., Katalin, N. (2014). In Vitro Fracture Resistance Of Molar Teeth Restored With A Short Fibre-Reinforced Composite Material. *Journal of Dentistry*. 42(9): 1144-50.
61. Abreu, J L B., Sampaio, C S S., Jalkh, E B B., Hirata, R. (2021). Analysis Of The Color Matching Of Universal Resin Composites In Anterior Restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 33(2): 269-76.
62. Graf, N., Ilie, N. (2022). Long-Term Mechanical Stability And Light Transmission Characteristics Of One Shade Resin-Based Composites. *Journal of Dentistry*. 116: 1-8.
63. Ismail, E H., Paravina, R D. (2022). Color Adjustment Potential Of Resin Composites: Optical Illusion Or Physical Reality. A Comprehensive Overview. *Journal Of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(1): 42-54.
64. Al-Saleh, S A., Al-Shammery, D A., Al-Shehri, N A., Al-Madi, E M. (2019). Awareness Of Dental Esthetic Standards Among Dental Students And Professionals. *Clinical Cosmetic Investigating Dentistry*. 11:373-82.
65. Alkhadim, Y K., Hulbah, M J., Nassar, H M. (2020). Color Shift, Color Stability, And Post-Polishing Surface Roughness Of Esthetic Resin Composites. *Material*. 13(6): 1-12.
66. Reis, AF., Giannini, M., Lovadino, Jr., Ambrosano, G M. (2003). Effects Of Various Finishing Systems On The Surface Roughness And Staining Susceptibility Of Packable Composite Resins. *Dental Materials*. 19(1): 12-8.
67. Ahn, J S., Lee, Y K. (2008). Difference In The Translucency Of All-Ceramics By The Illuminant. *Dental Materials*. 24(11): 1539-44.
68. Lee, Y K., Powers, J M. (2005). Metameric Effect Between Resin Composite And Dentin. *Dental Materials*. 21(10): 971-6.
69. Lee, Y K., Powers, J M. (2005). Color Difference Of Four Esthetic Restorative Materials By The Illuminant. *American Journal Of Dentistry*. 18(5): 359-63.
70. Park, J H., Lee, Y K., Lim, B S. (2006). Influence Of Illuminants On The Color Distribution Of Shade Guides. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 96(6): 402-11.
71. Kim, S H., Lee, Y K., Lim, B S., Rhee, S H., Yang, H C. (2007). Metameric Effect Between Dental Porcelain And Porcelain Repairing Resin Composite. *Dental Materials*. 23(3): 374-9.
72. Yu, B., Lee, Y K. (2009). Color Difference Of All-Ceramic Materials By The Change Of Illuminants. *American Journal of Dentistry*. 22(2): 73-8.

73. Yap, A U. (2000). Effectiveness Of Polymerization In Composite Restoratives Claiming Bulk Placement: Impact Of Cavity Depth And Exposure Time. *Operative Dentistry*. 25(2): 113-20.
74. Roeder, L B., Powers, J M. (2004). Surface Roughness Of Resin Composite Prepared By Single-Use And Multi-Use Diamonds. *American Journal Of Dentistry*. 17(2): 109-12.
75. Tuncer, S., Demirci, M., Tiryaki, M., Ünlü, N., Uysal, Ö. (2013). The Effect Of A Modeling Resin And Thermocycling On The Surface Hardness, Roughness, And Color Of Different Resin Composites. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 25(6): 404-19.
76. Çelik, C., Yüzügüllü, B., Erkut, S., Yazici, Ar. (2009). Effect Of Bleaching On Staining Susceptibility Of Resin Composite Restorative Materials. *Journal Of Esthetic and Restorative Dentistry*. 21(6): 407-14.
77. Brackett, M G., Brackett, W W., Browning, W D., Rueggeberg, F A. (2007). The Effect Of Light Curing Source On The Residual Yellowing Of Resin Composites. *Operative Dentistry*. 32(5): 443-50.
78. Ferracane, J., Condon, J. (1990). Rate Of Elution Of Leachable Components From Composite. *Dental Materials*. 6(4): 282-7.
79. Sund-Levander, M., Forsberg, C., Wahren, L K. (2002). Normal Oral, Rectal, Tympanic And Axillary Body Temperature In Adult Men And Women: A Systematic Literature Review. *Scandinavian Journal Of Caring Sciences*. 16(2): 122-8.
80. Heintze, S., Forjanic, M., Rousson, V. (2006). Surface Roughness And Gloss Of Dental Materials As A Function of Force And Polishing Time In Vitro. *Dental Materials*. 22(2): 146-65.
81. Yılmaz, M N., Gül, P., Uygun, L A. (2020). Kompozit Rezinlerin Renkleşmeye Duyarlılığı Üzerinde Cila Sistemlerinin Rolü. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 26(1): 86-93.
82. Miranda, D A., Marçal, Y L V., Proba, F P., Moreira, T K P., Ferraz, L N., Aguiar, FHB. (2008). Color Correspondence Of Different Brands And Composite Resin Systems In Srelation To The Vita Classical Scale Through Spectrophotometry. *Dental Oral Craniofacial Research*. 5(1): 1-4.
83. Müdüroğlu, R., Kıvrak, T Ç., Nalçacı, A. (2018). Renk Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Ve Cihazlar. *Cumhuriyet Dental Journal*. 21(1): 61-9.
84. Kurt, M., Turhan Bal, B., Bal, C. (2016). Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. 22(2): 130-46.
85. İnternet: Basic Knowledge for Spectrophotometer Selection. Web: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part3/index.html> adresinden 13.11.23'de alınmıştır.

86. İnternet: Precise Color Communication. Web: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part3/02.html> adresinden 13.11.23'de alınmıştır.
87. İnternet: Color Terms. Web: <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part4/index.html> adresinden 13.11.23'de alınmıştır.
88. Lee, Y K. (2007). Changes In The Translucency Of Porcelain And Repairing Resin Composite By The Illumination. *Dental Materials*. 23(4): 492-7.
89. Kim, S H., Lee, Y K., Lim, B S., Rhee, S H., Yang, H C. (2006). Difference In Color And Color Parameters Between Dental Porcelain And Porcelain-Repairing Resin Composite. *Journal of Biomedical Materials Research*. 76(1):149-54.
90. Genç, G., Toz, T. (2017). Rezin Kompozitlerin Renk Stabilitesi Ile İlgili Bir Derleme: Kompozit Renklenmelerinin Etiyolojisi, Sınıflandırılması Ve Tedavisi. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 38(2): 68-79.
91. Ghinea, R., Pérez, M M., Herrera, L J., Rivas, M J., Yebra, A., Paravina, R D. (2010). Color Difference Thresholds In Dental Ceramics. *Journal of Dentistry*. 38(2): 57-64.
92. Genç, G., Toz, T. (2014). Ön Dişlerin Direkt Restorasyonlarında Uygulanan Kompozit Rezinlerin Renk Stabiliteleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 14(2): 7-19.
93. Gómez-Polo, C., Muñoz, M P., Luengo, M C L., Vicente, P., Galindo, P., Casado, A M M. (2016). Comparison Of The Cielab And Ciede2000 Color Difference Formulas. *The Journal Of Prosthetic Dentistry*. 115(1): 65-70.
94. De Oliveira, D C R S., Ayres, A P A., Rocha, MG., Giannini, M., Puppini Rontani, R M., Ferracane, J L. (2015). Effect Of Different In Vitro Aging Methods On Color Stability Of A Dental Resin-Based Composite Using Cielab And Ciede 2000 Color-Difference Formulas. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 27(5): 322-30.
95. Yılmaz, D., Karaağaçlıoğlu, L., Yılmaz, B. (2021). Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma Uygulamasının Cad-Cam Materyallerinin Renklenmesi Üzerindeki Etkisi. *European Journal Of Research In Dentistry*. 5(1): 19-28.
96. Paravina, R D., Kimura, M., Powers, J M. (2005). Evaluation Of Polymerization-Dependent Changes In Color And Translucency Of Resin Composites Using Two Formulae. *Odontology*. 93: 46-51.
97. Nasim, I., Neelakantan, P., Sujeer, R., Subbarao, C. (2010). Color Stability Of Microfilled, Microhybrid And Nanocomposite Resins—An In Vitro Study. *Journal Of Dentistry*. 38(2): 137-42.
98. Vichi, A., Ferrari, M., Davidson, C I. (2004). Color And Opacity Variations In Three Different Resin-Based Composite Products After Water Aging. *Dental Materials*. 20(6): 530-4.

99. Kobayashi, S., Nakajima, M., Furusawa, K., Tichy, A., Hosaka, K., Tagami, J. (2021). Color Adjustment Potential Of Single-Shade Resin Composite To Various-Shade Human Teeth: Effect Of Structural Color Phenomenon. *Dental Materials Journal*. 40(4):1033-40.
100. Da Costa, J., Fox, P., Ferracane, J. (2010). Comparison Of Various Resin Composite Shades And Layering Technique With A Shade Guide. *Journal of Esthetic And Restorative Dentistry*. 22(2): 114-24.
101. Gül, P., Akgül, N. (2013). Farklı Kompozit Rezinlerin Translüsensi Ve Maskeleye Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 23(1): 30-6.
102. Yu, B., Ahn, J S., Lee, Y K. (2009). Measurement Of Translucency Of Tooth Enamel And Dentin. *Acta Odontologica Scandinavica*. 67(1): 57-64.
103. Yu, B., Lee, Y K. (2008). Influence Of Color Parameters Of Resin Composites On Their Translucency. *Dental Materials*. 24(9): 1236-42.
104. Johnston, W M. (2014). Review Of Translucency Determinations And Applications To Dental Materials. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 26(4): 217-23.
105. Wang, F., Takahashi, H., Iwasaki, N. (2013). Translucency Of Dental Ceramics With Different Thicknesses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 110(1): 14-20.
106. Azzopardi, N., Moharamzadeh, K., Wood, D J., Martin, N., Van Noort, R. (2009). Effect Of Resin Matrix Composition On The Translucency Of Experimental Dental Composite Resins. *Dental Materials*. 25(12): 1564-8.
107. Kim, E H., Jung, K H., Son, S A., Hur, B., Kwon, Y H., Park, J K. (2015). Effect Of Resin Thickness On The Microhardness And Optical Properties Of Bulk-Fill Resin Composites. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 40(2): 128-35.
108. Yu, B., Ahn, J S., Lim, J I., Lee, Y K. (2009). Influence of TiO₂ Nanoparticles On The Optical Properties Of Resin Composites. *Dental Materials*. 25(9): 1142-7.
109. Ikeda, T., Murata, Y., Sano, H. (2004). Translucency Of Opaque-Shade Resin Composites. *American Journal Of Dentistry*. 17(2): 127-30.
110. Choudhury, A K. (2015). Principles Of Colour And Appearance Measurement. Metamerism And Shade Sorting. Hindistan, Elsevier. 174-213.
111. Zhang, X., Wang, Q., Li, J., Zhou, X., Yang, Y., Xu, H. (2017). Estimating Spectral Reflectance From Camera Responses Based On Cie Xyz Tristimulus Values Under Multi-Illuminants. *Color Research and Application*. 42(1): 68-77.
112. Wood, D J., Shiraishi, T., Shinozaki, N., Van Noort, R. (2008). Spectral Reflectance And Color Of Dentin Ceramics For All-Ceramic Restorations. *Dental Materials*. 24(12): 1661-9.

113. Park, K J., Hwang, Y C., Kim, S H., Oh, W M., Hwang, I N. (2003). Metamerism In Composite Resins Under Five Standard Illuminants-D65, A, C, Fcw And Tl84. Journal Of Korean Academy Of Conservative Dentistry. 28(5): 402-8.
114. Volpato, C A., Monteiro, S., De Andrada, M C., Fredel, M C., Petter, C O. (2009). Optical Influence Of The Type Of Illuminant, Substrates And Thickness Of Ceramic Materials. Dental Materials. 25(1): 87-93.
115. Blum, I R., Lynch, C D., Wilson, N F H. (2014). Factors Influencing Repair Of Dental Restorations With Resin Composite. Clinical, Cosmetic And Investigational Dentistry. 6: 81-7.
116. Blum, I R., Lynch, C D. (2014). Repair Versus Replacement Of Defective Direct Dental Restorations In Posterior Teeth Of Adults. Primary Dental Journal. 3(2): 62-7.
117. Blum, I R., Özcan, M. (2018). Reporative Dentistry: Possibilities And Limitations. Current Oral Health Reports. 5:264-9.
118. İnternet: 3-M. ‘Ürün Broşürü’. Web: https://www.3m.com.tr/3M/tr_TR/dental-tr/filtek-ultimate/#Download adresinden 9.11.23’da alınmıştır.
119. Amer, R S., Chandrasekaran, I., Johnston, W M. (2016). Illuminant Effect On The Coverage Error Of A Gingiva-Colored Composite Resin Shade Guide. The Journal Of Prosthetic Dentistry. 116(5): 770-6.
120. Gurgan, S., Koc Vural, U., Miletic, I. (2022). Comparison Of Mechanical And Optical Properties Of A Newly Marketed Universal Composite Resin With Contemporary Universal Composite Resins: An In Vitro Study. Microscopy Research And Technique. 85(3): 1171-9.
121. Arikawa, H., Kanie, T., Fujii, K., Takahashi, H., Ban, S. (2007). Effect Of Filler Properties In Composite Resins On Light Transmittance Characteristics And Color. Dental Materials Journal. 26(1): 38-44.
122. Lee, Y., Powers, J M. (2005). Color Difference Of Four Esthetic Restorative Materials By The Illuminant. American Journal Of Dentistry. 18(5): 359-63.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TOPKAYA, Nursima
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi / Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi	2017
Lise	Ankara Atatürk Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2020-devam ediyor	Gazi Üniversitesi / Diş Hekimliği Fakültesi	Diş Hekimi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Katıldığı Uluslararası Bilimsel Kongreler

1. Uluslararası Tıp, Yaşam Bilimleri ve Sağlık Hizmetleri Kongresi – UTYAB, 21-23 Şubat 2022, Online

Katıldığı Ulusal Bilimsel Kongeler

1. Restoratif Diş Hekimliği Derneği Kış Sempozyumu ve Anabilim Dalları Toplantısı, Konya, Türkiye, 17-18 Aralık 2021

Ulusal Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Arslanoğlu N., Deniz Arisu H. (2022). Maksiller Anterior Bölgenin Direkt Kompozit Resin İle Estetik Rehabilitasyonu: Olgu sunumu. Selçuk Dental Journal, sa.4, ss.39-42.

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Yapılan Poster Sunumları

1. Arslanoğlu, N., Deniz Arisu, H. Maksiller Anterior Bölgenin Direkt Kompozit Resin İle Estetik Rehabilitasyonu-Olgı Sunumu. Restoratif Diş Hekimliği Derneği Kış Sempozyumu ve Anabilim Dalları Toplantısı, Konya Türkiye, 17-18 aralık 2021.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Yapılan Sözlü Sunumlar

1. Arslanoğlu, N., Altinişik H. (2022). Çürük Sebebiyle Yapısal Hasara Uğramış Üst Kanin Dişin Tedavisi. Uluslararası Tıp, Yaşam Bilimleri ve Sağlık Hizmetleri Kongresi-UTYAB, 21.23 Şubat 2022, Online.

Uluslararası Kitap/ Kitap Bölümü Yazarlığı

1. Topkaya, N., Deniz Arisu, H. Kompozit Restorasyonların Tamiri. Klinik Diş Hekimliğinin Bugünü, Polat S. Editör, Akademisyen Kitabevi , Ankara, ss107-115, 2023.





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..