

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**SENTETİK GIDA BOYALARININ FARKLI ÖZELLİKTEKİ KOMPOZİT
REZİNLERİN RENK STABİLİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Dt. Burçin Deniz

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI

2023- ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**SENTETİK GIDA BOYALARININ FARKLI ÖZELLİKTEKİ KOMPOZİT
REZİNLERİN RENK STABİLİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Dt. Burçin Deniz

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI

2023- ANTALYA

ONAY SAYFASI

Dt. Burçin Deniz tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye :

.....
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Bu tez,/...../..... tarih ve/..... sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarında etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu çalışmada elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Dt. Burçin Deniz
İmza

Prof. Dr. Osman Tolga Harorlu

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışma s¼recim boyunca sabırla ve hoŐg¼r¼yle emek veren, bilgi ve deneyimlerini esirgemedен paylaşan, manevi desteğini her zaman hissettiğim danışman hocam Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI' ya,

Eğitim s¼recim boyunca akademik bilgi ve tecr¼belerini sakınmadan, desteklerini her daim hissettiren değerli anabilim dalı hocalarım Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL ve Doç. Dr. AyŐe D¼NDAR' a teŐekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

ÖZET

SENTETİK GIDA BOYALARININ FARKLI ÖZELLİKTEKİ KOMPOZİT REZİNLERİN RENK STABİLİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, sentetik gıda boyaları içinde bekletilen farklı rezin kompozitlerin renk stabilitelelerini, kullanılan gıda boyalarının renklendirme derecelerini ve beyazlatıcı bir ağız çalkalama suyunun renklenmiş rezin kompozitler üzerindeki etkisini *in vitro* olarak değerlendirmektir.

Yöntem: Renk stabiliteleleri değerlendirilmek üzere farklı klinik endikasyonlarda kullanılan A2 renk tonunda altı rezin kompozit [RubyFlow (RBF), Charisma Smart (CHR), Estelite Σ Quick (EST), Filtek One Bulkfill Restorative (OBF), Filtek Ultimate Universal Restorative (ULT), Spectra STHV (SPC)] seçilmiştir. Her kompozit için 2 mm kalınlıkta ve 7 mm çapında 60 adet disk şeklinde örnek, teflon kalıp ve Mylar matris bandı kullanılarak hazırlanmıştır (N=360). Örnekler 6 alt gruba ayrılmıştır (n=10) ve 24 saat oda sıcaklığında distile suda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler, kontrol grubu dışında 5 farklı gıda boyasında (Tartrazin, Sunset Yellow, Ponceau 4R, Karmosin, Brilliant Blue); kontrol grubu ise distile suda 1 hafta (7 gün) süresince bekletilmiştir. Gıda boyası solüsyonları her gün düzenli olarak değiştirilmiştir. Ardından beyazlatma protokolü için, kontrol grubu dahil tüm örnekler (N=360) beyazlatıcı ağız çalkalama suyunda (Listerin Advanced White) 1 hafta (7gün) süreyle bekletilmiştir. Beyazlatıcı gargara her gün periyodik olarak yenilenmiştir. Renklendirme ve beyazlatma işlemleri sonunda tüm örnekler akan su altında 60 sn süreyle durulanmış ve kurulanmıştır. Başlangıç (T0), renklendirme (T1), ve beyazlatma (T2) protokolleri sonunda örneklerin CIE L*a*b* renk parametreleri bir spektrofotometre (Vita Easyshade, VITA Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Almanya) yardımıyla ölçülmüştür. Örneklerin renk değişim değerleri hem CIELAB hem de CIEDE2000 formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Veriler, Tekrarlı varyans analizi (repeated measures ANOVA) ile analiz edildi. Tukey's post-hoc testi ile çoklu karşılaştırmalar yapıldı (p=0,05).

Bulgular: Tüm kompozit gruplarında renklendirme (T1) ve beyazlatma (T2) prosedürleri sonunda, gruplar arasında ΔE_{00} değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Renklendirme protokolü sonunda en fazla renk değişimi EST grubunda gözlenirken RBF ve OBF ile aralarında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. En az renk değişimi gösteren gruplar ise SPC, CHR ve ULT olmuştur ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. En fazla renk değişimine neden olan boya Brilliant Blue olmuştur. Brilliant Blue diğer boyalarla istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Diğer dört rengin arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Çalışmamızda en fazla renk değişikliği EST grubu örneklerinin, Brilliant Blue boyasında bekletilmesi sonucu tespit edilmiştir. Beyazlatma sonunda en fazla renk değişimi EST, RBF ve OBF gruplarında gözlenmiştir. Bu gruplara ait tüm örneklerin ΔE_{00} değerleri, algılanabilir renk eşliğinin üzerinde bulunmuştur ($\Delta E_{00} > 0,8$).

Sonuç: Çalışmamızda test edilen gıda boyalarından Brilliant Blue tüm kompozitlerde gözle görülebilir renk değişimine neden olmuştur. Brilliant Blue'nun kompozit rezinler üzerindeki bu renklendirici etkisi diğer gıda boyalarından istatistiksel olarak daha fazladır. Kompozit rezinlerin gıda boyaları karşısındaki renk stabilitesi istatistiksel olarak farklılıklar göstermektedir. Test edilen beyazlatıcı ağız çalkalama solüsyonu tüm gıda boyalarının test edilen kompozit rezinler üzerinde neden olduğu renk değişimlerini gidermekte etkili bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gıda katkı maddeleri, Sentetik gıda boyaları, Resin kompozitler, Renk stabilitesi, Beyazlatıcı ağız çalkalama suyu

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SYNTHETIC FOOD DYES ON THE COLOR STABILITY OF COMPOSITE RESINS WITH DIFFERENT PROPERTIES

Objective: The aim of this study was to evaluate the color stability of different resin composites upon exposure to synthetic food dyes, the coloring degrees of the food dyes used, and the effect of a bleaching mouthwash on colored resin composites in vitro.

Method: Six resin composites [RubyFlow (RBF), Charisma Smart (CHR), Estelite Quick (EST), Filtek One Bulkfill Restorative (OBF), Filtek Ultimate Universal Restorative (ULT), Spectra ST HV (SPC)] in A2 shade used in different clinical indications were selected to evaluate their color stability. For each composite, sixty disc-shaped specimens of 2 mm thickness and 7 mm diameter were fabricated using a polytetrafluoroethylene mold and Mylar matrix tape (N=360). The samples were divided into 6 subgroups (n=10) and stored in distilled water at room temperature for 24 hours. The samples were immersed into five different staining solutions (Tartrazine, Sunset Yellow, Ponceau 4R, Carmosin, Brilliant Blue) throughout the 1 week (7 days) except for the control group. The control group was kept in distilled water for 1 week (7 days). Food coloring solutions were changed regularly every day. For the bleaching protocol, all samples (N=360) including the control group were kept in bleaching mouthwash (Listerin Advanced White) for 1 week (7 days). The whitening mouthwash was renewed periodically every day. At the end of the coloring and bleaching processes, all samples were rinsed under running water for 60 seconds and dried. The color changes of the samples were measured at 3 different times, baseline (T0), after discoloration (T1) and bleaching procedures (T2). The CIE L*a*b* color parameters of the samples were measured using a spectrophotometer (Vita Easyshade, VITA Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Germany). Color differences of the samples were calculated using both CIELAB (ΔE_{ab}) and CIEDE2000 (ΔE_{00}) formulas. Data were statistically analyzed using repeated analysis of variance ANOVA. Multiple comparisons were made with Tukey's post-hoc test ($p=0.05$).

Results: Statistically significant differences were found in ΔE_{00} values between the groups at the end of the coloring (T1) and bleaching (T2) procedures in all composite groups. While the most color change was observed in the EST group at the end of the coloring protocol, there was no significant difference between RBF and OBF. The groups that showed the least color change were SPC, CHR and ULT and there was no statistically significant difference between them. The dye that caused the most color change was Brilliant Blue. Brilliant Blue showed statistically significant differences with other dyes. There was no statistically significant difference between the other four colors. In our study, the most color change was detected as a result of keeping the EST group samples in Brilliant Blue dye. The most color change at the end of bleaching was observed in EST, RBF and OBF groups. The ΔE_{00} values of all samples belonging to these groups were found to be above the perceptible color threshold ($\Delta E_{00} > 0,8$).

Conclusion: Brilliant Blue, one of the food dyes evaluated in our study, caused a perceptible color change in all composites. This coloring effect of Brilliant Blue on composite resins is statistically higher than other food dyes. Color stability of composite resins against food dyes shows statistical differences. The tested whitening mouthwash solution was found effective in eliminating the color changes caused by all food dyes on the tested composite resins.

Key words: Food additives, Synthetic food dyes, Resin composites, Color stability, Whitening mouthwash

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile aşağıda sunulmuştur.

AB	Avrupa birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADA	American Dental Association
ADI	Acceptable Daily Intake
AFM	Additional frgmentation monomer
ANOVA	Analysis of Variance
Ark	Arkadaşları
AT	Kabul edilebilir eşik değeri (acceptability threshold)
AUDMA	Aromatik üretan dimetakrilat
BM	Birleşmiş Milletler
Bis EMA	Ethoxylated Bisphenol A Dimethacrylate
Bis GMA	Bisfenol A glisidil metakrilat
Bis MPEPP	Bisfenol A polietoksi metakrilat
Bw	Body weight
C	Chroma
CI	Color Index International (Uluslararası renk indeksi)
CIE	International Comission Illumination (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)

CQ	Camphorquinone
CP	Carbamide peroxide
cm	Santimetre
cm²	Santimetekare
DEHB	Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu
DDMA	Dodekanediol dimetakrilat
DMA	Dimethacrylate
DNA	Deoksiribo nükleik asit
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EFSA	The European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi)
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
FD&C	Federal Food, Drug, and Cosmetic Act
FCF	For coloring Food
gr	Gram
GTÖ	Gıda ve Tarım Örgütü
H	Hue
HP	Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂)
HV	High Viscosity

ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)
JECFA	The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi)
kg	Kilogram
L	Litre
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
LV	Low viscosity
mg	Miligram
ml	Mililitre
MÖ	Milattan önce
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
mm²	Milimetrekare
mW	MiliWatt
nm	Nanometre
OHRQOL	Oral Health Related Quality of Life
OTC	Over the counter (Tezgah üstü)
Ort.	Ortalama
PEGDMA	Polyethylene Glycol Dimethacrylate
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
PPD	Phenyl propanedione

Ppm	Parts per million
PPRD	Pre-Polimerize Rezin Doldurucu
PT	Perceptibility threshold
PTFE	Politetrafloroetilen (Teflon)
RAD	Radical Amplified Photopolymerization
SEM	Scanning Electron Microscope
SCF	Scientific Committee on Food
sn	Saniye
TEGDMA	Trietilenglikol dimetakrilat
TCDDMA	Tricyclodecane dimethanol dimethacrylate
TPO	Trimethylbenzoyldiphenyl phosphine xide
UDMA	Üretan dimetakrilat
UN	United Nations
USA	United States of America
USPHS	United States Public Health System
UV	Ultraviyole
vb	Ve benzeri
VLC	Visible light curing (Görünür ışıkla sertleştirme)
vol	Volume
WHO	World Health Organization
wt	Weight

μ	Mikron
Σ	Sigma
Δ	Delta
$>$	Büyüktür
\geq	Büyük ve eşit
$<$	Küçüktür
\leq	Küçük ve eşit
$\%$	Yüzde

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI

ETİK BEYAN

TEŞEKKÜR

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Kompozit Resinler	6
2.1.1.Kompozit Resinlerin Yapısı.....	7
2.1.2. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması	11
2.1.3. Dental Kompozitlerin Renk Stabilitesi	15
2.2.GIDA BOYALARI.....	19
2.2.1. Renklendirici Katkı Maddelerinin Tarihçesi.....	20
2.2.2. Renklendirici Katkı Maddelerinin Kullanım Amaçları.....	21
2.2.3. Renklendiriciler ile ilgili Yasal Düzenlemeler.....	21
2.2.4. Gıda katkı maddelerinin numaralandırılması ve E kodları	24
2.2.5. Gıda Boyalarının Sınıflandırılması	24
2.2.6. Gıda, İlaç ve Kozmetik Sanayii'nde Yaygın Olarak Kullanılan Sentetik Renklendirici Katkı Maddeleri.....	29
2.2.7. Gıda Boyaları ve Ağız Sağlığı	33
2.3. Beyazlatıcı Ağız Çalkalama Suları	33
2.4. Diş Hekimliğinde Renk ve Ölçüm Yöntemleri.....	36
2.4.1. Renk Notasyon Sistemleri.....	36
2.4.2. Renk Ölçüm Yöntemleri	43
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	49
3.1. Materyal Seçimi	49

3.2. Örneklerin Hazırlanması	56
3.3. Örneklerin Gruplandırılması ve Çalışmanın Yapılması.....	60
3.3.1. Renklendirme Protokolü	60
3.3.2. Beyazlatma Protokolü	63
3.4. Renk Ölçümlerinin Yapılması.....	63
3.5. İstatistiksel Analiz ve Örneklem Büyüklüğü	53
4.BULGULAR	54
4.1. Renk Ölçüm Sonuçları	54
4.1.1. CIELAB Formülü ile Hesaplanan Renk Değişim Değerleri.....	
4.1.2. CIEDE2000 Formülü ile Hesaplanan Renk Değişim Değerleri.....	
4.1.3. Renklenme ve Beyazlatma Sonrası Kompozit Örneklerde Meydana Gelen Renk Değişikliklerinin Karşılaştırılması.....	
4.1.4. T0-T1 Zaman Aralığında Tüm Grupların L*, a* ve b* Koordinatlarındaki Ortalama Renk Değişimlerinin İncelenmesi.....	
4.2. Bulguların İstatistiksel Değerlendirilmesi	76
5.TARTIŞMA	83
SONUÇLAR	100
KAYNAKLAR	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Munsell Renk Sistemi

Şekil 2.2 Value, Hue, Chroma

Şekil 2.3 Tristimulus değerleri

Şekil 2.4 CIE L*a*b* Renk Sistemi

Şekil 2.5 CIELAB Renk Uzayı

Şekil 2.6 VITA toothguide 3D Master skalası

Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan rezin kompozitler

Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan gıda boyaları

Şekil 3.3 Listerin Advanced White

Şekil 3.4 Hazırlanan disk şeklinde örnekler

Şekil 3.5 Çalışmada kullanılan teflon kalıp

Şekil 3.6 Örneklerin hazırlanması

Şekil 3.7 Çalışmada kullanılan ışık cihazı ve örneklerin kürlenmesi

Şekil 3.8 örneklerin distile suda bekletilmesi

Şekil 3.9 Kullanılacak boya miktarlarının hassas terazide ölçülmesi

Şekil 3.10 Gıda boyalarıyla hazırlanan renklendirici solüsyonlar

Şekil 3.11 Çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı

Şekil 3.12 Gıda boyalarında bekletilen kompozit örnekler

Şekil 3.13 Kompozit örneklerin renk ölçümlerinin yapılması

Şekil 4.1 örneklerin renklenme prosedürü sonucu ΔE_{ab} değerleri

Şekil 4.2 örneklerin beyazlatma prosedürü sonucu ΔE_{ab} değerleri

Şekil 4.3 örneklerin renklenme prosedürü sonucu ΔE_{00} değerleri

Şekil 4.4 örneklerin beyazlatma prosedürü sonucu ΔE_{00} değerleri

Şekil 4.5 Renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonrası ΔE_{ab} değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.6 Renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonrası ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.7 Tüm grupların T0-T1 zaman aralığında L^* , a^* ve b^* koordinatlarındaki renk değişim grafikleri

Şekil 4.8 B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.9 B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.10 B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.11 B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.12. B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.13 B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.14 B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.15 B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.16 B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.17 B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.18 B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.19 B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.20 B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.21 B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.22 B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.23 B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.24 B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.25 B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* koordinatlarının değişim grafiği

Şekil 4.26 T0-T1 zaman aralığı sonrası kompozit örneklerde görülen renk değişimleri

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Kullanımına izin verilen sentetik gıda boyaları

Tablo 2.2 E kodu sistemi

Tablo 2.3 Sertifikalı gıda boyaları

Tablo 2.4 Diş hekimliğinde kullanılan farklı renk ölçüm cihazlarının karşılaştırılması

Tablo 3.1 Test edilen rezin kompozitler ve özellikleri

Tablo 3.2 Test edilen gıda boyaları ve özellikleri

Tablo 3.3 Test edilen beyazlatıcı ağız çalkalama suyunun özellikleri

Tablo 3.4 Test edilen Kompozit-Gıda boyası grupları

Tablo 4.1 Tekrarlı varyans analizi (ANOVA) ölçümleri sonucu veriler üzerinde istatistiksel olarak etkisi olan faktörlerin değerlendirilmesi

Tablo 4.2 T0-T1 ve T1-T2 Zaman Aralığında Örneklerde Gözlenen Ortalama Renk Değişim değerleri ve Standart Sapmaları

Tablo 4.3 Kompozit örneklerin Post-Hoc karşılaştırma testi sonucu istatistiksel değerlendirilmesi

Tablo 4.4 Gıda Boyalarının Post-Hoc karşılaştırma testi sonucu istatistiksel değerlendirilmesi

1. GİRİŞ

Fiziksel görünümün bireyler üzerinde derin bir psikososyal etkiye sahip olduğu ve estetik kaygının nüfusun büyük bir yüzdesini etkilediği uzun zamandır kabul edilmektedir.^(1, 2)

Modern diş hekimliği, dental estetiği ve bunun sonucunda kozmetik görünümü iyileştirmenin duygusal ve psikolojik etkilerini, ağız sağlığı ve bakımının ayrılmaz bir parçası olarak kabul etmektedir. Bu nedenle, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün genişletilmiş sağlık tanımına uygun olarak, bir bireyin psikososyal durumunu değerlendirmek için çeşitli Ağız Sağlığı Yaşam Kalitesi Endeksleri (Oral health related quality of life- OHRQOL) geliştirilmiştir.^(2, 3)

Dentofasiyal estetik algısı, yaş (gözlemci ve gözlenen), cinsiyet, dental eğitim, sosyo-ekonomik durum, eğitim düzeyi, etnik köken, kültürel farklılıklar ve varsa dentofasiyal anomalinin türü gibi faktörlerden etkilenen kompleks bir olgudur.⁽²⁾

Dişlerin rengi ve görünümü estetik üzerinde önemli bir role sahiptir. Birçok kişiye göre estetik bir gülümseme için dişlerin rengi ve şekli, ark üzerindeki doğal ve fonksiyonel dizilişinden daha kritik bir faktördür.⁽⁴⁻⁷⁾ Buna ek olarak, ağız ve dişler sözlü veya sözsüz iletişimde ve sosyal ilişkilerde önemli bir role sahiptir.⁽⁸⁾

Samorodnizky ve ark.⁽⁹⁾ tarafından yapılan bir araştırmaya göre, hastaların %37.3'ü dişlerinin görüntüsünden memnun değildir ve bunların yaklaşık %90'ının ana nedeni diş rengidir. Araştırmalar mevcut diş renginden memnun olmayan hastaların genellikle doğal bir görünüm yerine daha beyaz ve parlak dişleri tercih ettiğini; bu nedenle birçok hastanın güvenli, invaziv olmayan ve öngörülebilir beyazlatma tedavilerine başvurduğunu göstermektedir.⁽¹⁰⁾

Dişlerin rengi, estetik açıdan kritik olmakla birlikte, gözle görülür renk bozuklukları, fiziksel imaj, özgüven ve istihdam üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.⁽¹¹⁾ Bu nedenle diş hekimlerinin dişlerdeki renk bozukluklarını doğru bir şekilde teşhis etmesi ve her vaka için en uygun tedaviyi seçmesi çok önemlidir.^(7, 12)

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinler

Kompozit terimi farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip, birbiri içinde çözünmeyen ve tek başına kullanımları uygun olmayan en az iki bileşenin, makro boyutlarda bir araya getirildiğinde farklı bir materyale dönüşen karışımları ifade etmektedir.

İlk defa 1940'ların başlarında, anterior bölgede kullanılması amacıyla silikat simana alternatif olarak doldurucusuz metakrilat rezinler üretilmiştir. Ancak bu rezinlerin %21'e varan büzülmesi sonucu kuvars gibi kristallerin yapıya eklenmesi düşünülmüştür. Bu sayede polimerizasyon büzülmesi %3,5'e kadar düşürülmüştür. Yine de rezinlerin ağız içinde polimerize olamamaları ve uzun sürede sertleşmeleri kullanımlarını engellemiştir.⁽¹³⁾

1954 yılında Dr. R.L. Bowen kuvars kristalini epoksi rezin ile birleştirmiş ancak nem kontaminasyonu önlenememiştir. 1956 yılında ise epoksi rezin yerine metakrilat kullanılması sonucu dimetakrilat rezin 'Bis-GMA' (Bowen's Resin) elde edilmiş ve böylece ağız içinde kullanılabilen ilk rezin üretilmiştir. Bis-GMA (bisfenol A diglisidil metakrilat) hızlı polimerizasyon sağlayan stabil yapısı sebebiyle hala en çok kullanılan monomerdur. 1960'lı yıllarda kimyasal kompozitler, 1970'lerde ışık ile aktive rezinler ve 1982'de ilk posterior kompozitler üretilmiştir.⁽¹⁴⁾

2.1.1.Kompozit Rezinlerin Yapısı

Güncel kompozitler farklı özellikler gösterse de temel yapıları aynıdır. Bu yapı;

- Doldurucu partiküller (inorganik), partiküllerin yerleştiği
- Rezin matriks (organik) ve bu ikisi arasında bağlayıcılığı sağlayan
- Silan ajanından (coupling agent) oluşmaktadır.

Doldurucu Partiküller

Doldurucu partiküller kompozitlerin hacmen %30-70'ini, ağırlık olarak ise %50-85'ini oluşturan çoğunlukla saydam inorganik minerallerdir. Bu mineraller materyallerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirler.⁽¹⁵⁾

Doldurucu partikül boyutlarının küçültülmesi ile farklı tipte partiküller geliştirilerek yeni kompozit türleri üretilmiştir. Özellikle organik veya inorganik pre-polimerize partiküller sayesinde doldurucu oranları %60'a kadar çıkarılabilmektedir. 1980'lerde geliştirilen hibrit kompozitlerde ise bu oran %85'lere ulaşmıştır. Hibrit kompozitlerin partikül boyutları daha da azaltılarak mikrohibrit kompozitler elde edilmiştir. Bu kompozitler ideal mekanik ve optik özelliklere sahiptir.⁽¹⁶⁾

Gelişen teknolojiyle beraber 1990'larda partikül tipi aynı olan fakat doldurucu oranları azaltılmış akışkan kompozitler üretilmiştir. Vizkozitelerinin ayarlanabilmesi için TEGDMA gibi monomerler eklenmiştir.⁽¹⁷⁾ 2000'lerde ise nanofil ve nanohibrit kompozitler üretilmeye başlanmıştır.⁽¹⁸⁾ Bu kompozitlerde bulunan 10 µm boyutlarındaki pre-polimerize partiküller, yapı içerisine ışığın alınması ve yansıtılmasında görev almaktadır.⁽¹⁹⁾

Son zamanlarda küresel şekilli partiküller içeren materyaller piyasaya sürülmüştür. Normalde cam partiküller düzensiz (irregüler) şekillerde bulunurken bu materyallerde bulunan silisyum dioksit ve zirkonyum dioksit, küresel (spherical) ve mikron boyutundadır. Böylece partiküller rezin ile daha fazla ıslatılabilmektedir.⁽¹⁹⁾

Rezin Matriks

Rezin Matriks kompozit rezinlerde bulunan ana polimerik yapıdır. Genellikle Bis-GMA (bisfenol-A glisidil metakrilat) veya diğer metakrilat türevleri gibi reaktif monomerlerden oluşur. Bis-GMA hızlı polimerizasyon olma özelliği ve stabil yapısı sayesinde geçmişte en çok kullanılan monomerdir.⁽²⁰⁾ Bisfenol A'nın toksik (antiandrojenik) etkilerinden dolayı kullanımı azalmakta ve metakrilat esaslı yeni monomerler geliştirilmeye çalışılmaktadır. UDMA (üretan dimetakrilat) daha düşük molekül ağırlığı sebebiyle daha akışkan ve esnek bir monomerdir. Ayrıca renk stabilitesinin yüksek olması içinde bulunduğu kompozit materyale estetik açıdan avantaj sağlar. Bis-EMA (etoksilenmiş bisfenol A) hidroksil grubu içermediği için vizkozitesi daha düşüktür ve Bis-GMA'ya göre daha esnektir. TEGDMA özellikle akışkan kompozitlerde vizkozitenin ayarlanabilmesini sağlar. Yine akıcı kompozitlerde kullanılan bir diğer monomer BisMPEPP (bisfenol A Polietoksimetakrilat) daha akıcı ve daha az su emme özelliğine sahiptir.⁽²¹⁾ TCDDMA (4,8-dimetakriloksi metilen trisiklodekan) polimerizasyon hızını düşürerek büzülmeyi azaltmayı amaçlayan 3 halka yapısına sahip bir monomerdir.⁽²²⁾

Silan

Kompozitlerin yapısında bulunan doldurucularla rezin matriks arasındaki bağlantıyı sağlayan organosilanlar metakrilat yan grupları ile matrikse bağlanırken; siloksan grupları ile doldurucuların silanol uzantılarına bağlanırlar. Bu bağlantı mukavemeti arttırırken su absorpsiyonunu ve çözünürlüğü azaltır.⁽²³⁾

2.1.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Kompozit rezinler çok farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Sınıflandırmada sıklıkla inorganik doldurucu partikül içeriği (şekli, boyutu, tipi) kullanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak mikro dolduruculu ve nano dolduruculu kompozitler kullanılmaktadır.⁽¹⁷⁾

Partikül boyutuna göre kompozitler,⁽¹⁵⁾

- Megafil Kompozit Rezinler: 50-100 μm
- Makrofil Kompozit Rezinler: 10-100 μm
- Midifil Kompozit Rezinler: 1-10 μm
- Minifil Kompozit Rezinler: 0,1-1 μm
- Mikrofil Kompozit Rezinler: 0,01-0,1 μm
- Hibrit Kompozit Rezinler: 0,04-1 μm
- Nanofil Kompozit Rezinler: 0,005-0,01 μm

Mikro dolduruculu kompozitlerin daha büyük olan partikül boyutları mekanik özellikleri arttırırken, cilalama sırasında yüzeyden koparak renklenmeye neden olan kraterlerin oluşumuna neden olmaktadır. Nano dolduruculu kompozitlerde ise küçük partiküller yüzey sertliği ve aşınma direncinin düşük olmasına neden olmaktadır. Bu dezavantaj doldurucu miktarının arttırılmasıyla kompanse edilmeye çalışılmıştır.⁽²⁴⁾

Nanohibrit ve mikrohibrit kompozitlerin her ikisinde de nano ve mikro doldurucular farklı oranlarda bulunmaktadır. Ancak bu iki kompozit arasında elektron mikroskobu görüntülerinde (SEM) kayda değer bir fark tespit edilememiştir.⁽²⁵⁾ Bazı kompozit setlerinde (polysshade) hem mikrohibrit hem de nanohibrit kompozitler bir arada bulunmaktadır. Böylece mine ve dentin biyomimetik olarak ayrı ayrı oluşturulabilmektedir. Daha az sayıda renk içeren (simpleshade) setlerde ise kompozitlerin renk taklit becerisi daha üst düzeyde olup, renk seçimi gibi klinisyenin

teknik becerisine bağılı hataları belli düzeyde tolere edebilmektedir. Polylshade ve/veya simpleshade renkleri içeren setlere çok renkli kompozit sistemleri denir.⁽²⁵⁾

Bu sistemler mine, dentin ve/veya body renklerini içerirler. Esas farkları ışık geçirgenlik düzeylerinin farklı olmasıdır. Mine olarak kullanılan yüksek translusense sahip kompozitlerin geçirgenlik düzeyi % 10-15 arasında değişirken, dentin için kullanılan daha opak özellikteki kompozitler %3-10 arasında değişir.^(26, 27) Body renkleri ise bu iki değer arasında bulunmaktadır.⁽²⁸⁾ Body renkleri genelde daha az renk içeren monokromatik kompozit sistemlerinde (simpleshade) kullanılırken, her üç renk özelliğine sahip veya sadece dentin ve mine olarak iki farklı renk özelliğine sahip olan setler polikromatik (polylshade) sistemler olarak adlandırılır.⁽²⁹⁾ Bunun yanında polylshade sistemlerinde bulunan body renkleri monokromatik olarak da kullanılabilir.⁽³⁰⁾

➤ **Neo Spectra ST (Dentsply Sirona, Konstanz, Almanya)**

Sadece body renkleri içeren bu set taklit yeteneği arttırılmış beş renkten oluşur (A1, A2, A3, A3.5, A4). Monokromatik tabakalama için kullanılır ve farklı viskoziteye sahip LV (low viscosity) ve HV (high viscosity) olarak iki tipi bulunur. Sferik şekilli nano-seramik inorganik doldurucu içeriğine sahiptirler. Bu beş adet body rengi 'Vita Klasik' skalasındaki 16 renge karşılık gelir. Re-polishing yapılmaya uygundur.⁽²⁵⁾

Polimerizasyon: 800 mw/ cm² (en az) LED ışık kaynağı, her 2mm için 10sn

➤ **Filtek Ultimate Universal Restorative (3M ESPE, Minnesota, ABD)**

Mine dentin ve body renkleri bulunan polylshade kompozit seti hem polikromatik hem de monokromatik kullanıma uygun olarak tasarlanmıştır. Toplamda 32 adet ana renkten oluşan set 7 dentin (A1, A2, A3, A4, B3, C4, White), 17 body (A1, A2, A3, A3.5, A4, A6, B1, B2, B3, B5, C1, C2, C3, D2, D3, W, XW) ve 8 mine rengi (A1, A2, A3, B1E, B2, D2, W, WX) içermektedir. Bunlara ek olarak 4 adet translüsent (CT, BT, GT, AT) kompozitte setin içeriğinde ekstra olarak bulunmaktadır. W ve XW body renkleri ileri derece opasiteye ve düşük kromaya sahip white ve extra white renklerdir. Doldurucu olarak küre (cluster) şekilli 20nm silika ve 4-11nm zirkonyum inorganik partiküller ve 0,6 ile 10 µ büyüklüğünde kümeler içeren nanofil kompozittir. Re-polishing yapılabilir ancak içsel renklemeler gözlemlendiği takdirde estetik olarak yetersiz kalmaktadır.⁽²⁵⁾

Polimerizasyon: 400 nW/cm² (en az) LED ışık kaynağı, her 2mm mine, body ve translucent için 10sn ve her 1.5mm dentin için 40sn.

➤ **Estelite Sigma Quick (Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japonya)**

Hem polikromatik hem de monokromatik kullanıma uygun olan bir polyshade setidir. İçeriğinde 13 adet translucent (A1, A2, A3, A3.5, A4, A5, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3), 3 adet opak (OA1, OA2, OA3), 1 adet maskeleyici (OPA2), 1 adet ekstra beyaz (BW) ve 2 adet ekstra translucent (WE, CE) olmak üzere 20 adet renk bulunmaktadır. Doldurucu içeriği sferik şekilli supra-nano (200nm) inorganik silika ve zirkonya partiküllerden oluşmaktadır. Cilalanabilirliği çok yüksek olan set çok fazla re-polishing işlemine gerek duyulmadığı iddia edilmektedir.⁽²⁵⁾

Polimerizasyon: 1000 mw/cm² (en az) LED ışık kaynağı, her 2mm için 10sn.

➤ **Charisma Smart (Kulzer GmbH, Hanau, Almanya)**

Daha çok monokromatik kullanım için tasarlanan polyshade setidir. İçeriği 6 adet üniversal (A1, A2, A3, A3.5, B1, B2) ve 1 adet opak (dentin) olmak üzere 7 farklı renkten oluşur. Doldurucu olarak partikül büyüklükleri 0.005 – 10 µm olan alüminyum florür cam, silisyum dioksit ve baryum içeren submikrohibrit (mikroglass) kompozittir. Repolishing yapılmaya uygundur.^(31, 32)

Polimerizasyon: 600-1550 mw/cm² LED ışık kaynağı, her 2mm üniversal set için 20sn; dentin için 40sn.

➤ **RubyFlow (Ruby Dent, İstanbul, Türkiye)**

RubyFlow akışkan, ışıkla sertleşen, radyoopak kompozittir. A1, A2, A3, A3.5, ve B3 olmak üzere 5 farklı rengi vardır. Doldurucu içeriği 0,02-0,7 mikron büyüklüğünde partiküllerden oluşan (ağırlıkça %62) mikrohibrit kompozittir. Düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci ve yüksek marjinal adaptasyon gösterdiği iddia edilmektedir.

Polimerizasyon: Halojen veya LED ışık kaynağı ile her 2mm A1, A2, A3 için 20sn; 2mm A3.5 ve B3 için 40sn.

➤ **Filtek One BulkFill Restoratif (3M ESPE, Minnesota, ABD)**

A1, A2, A3, B1, C2 olmak üzere 5 adet renge sahip üniversal kompozit setidir. Hem posterior hem anterior restorasyonlar için kullanılabilir. Nanofil tipte doldurucular

içerir. İnorganik doldurucu içeriği 20nm silika, 4-11nm zirkonya ve 100nm kümeleşmiş ytterbium triflüorid partiküllerden oluşur.⁽³³⁾ Aromatik üretilen dimetakrilat (AUDMA) ve ekleme-fragmentasyon (addition- fragmentation monomer / AFM) monomerleri içerir. AFM polimerizasyon esnasında parçalanıp tekrar birleşerek stresi dağıtırken, AUDMA polimerizasyon sırasında oluşan büzülme ve stres miktarını azaltmaya yardımcı olur.⁽³³⁾

Polimerizasyon: 550 mW/cm² (en az) LED ışık kaynağı, her 5mm için 10sn oklüzal, 10sn bukkal, 10sn lingual; 4mm için 20sn; ≤3mm için 10sn.

2.1.3. Dental Kompozitlerin Renk Stabilitesi

Hastalar tarafından artan estetik talepler, diş renginde kompozitlerin rezinlerin daha yaygın bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur. Optimum estetiğin elde edilmesinde renk önemli bir rol oynar. Kompozitlerin fiziksel, mekanik, estetik özellikleri ve klinik davranışları, büyük oranda yapılarına bağlıdır. Bu nedenle Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA-American Dental Association) ve Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO- International Organization for Standardization) kapsamında direkt rezin kompozitler değerlendirilirken bir renk stabilite testine de tabii tutulurlar.⁽³⁴⁾

Dental kompozitlerin renk stabilitesi, iç (yapısal) veya dış (çevresel) etkenlere bağlıdır. Dış etkenler, gıdaların, kozmetik ürünlerin, ilaçların ve hatta ağız gargaralarının neden olduğu renklenmelerdir. Bu renk değişimlerini önlemek için, doldurucu partiküllerin boyutu ile ilgili olan yüzey pürüzlülüğünü en aza indirmek ve cilalanabilirliği arttırmak gerekir.⁽³⁵⁾

Ağız içi sıvıların restorasyon yüzeyine kimyasal veya fiziksel olarak zarar vermesi, renklendirici ajanların restorasyonların iç katmanlarına nüfuz etmesine neden olur. Powers ve ark.⁽³⁶⁾'ı restorasyonların alt tabakalarındaki fizikokimyasal reaksiyonların iç kaynaklı renklenmelere neden olabileceğini bildirmiştir. Dış kaynaklı renk değişiklikleri, çoğunlukla restorasyon yüzeyinin tekrar cilalanmasıyla ortadan kaldırılabile de daha derin katmanlar söz konusu olduğunda, renk değişiklikleri geri döndürülemez bir noktaya gelebilir.⁽³⁷⁾

Birçok çalışma, kompozitlerin kimyasal bileşimini en az miktarda renk değişimine uğrayacak şekilde değiştirmeye yöneliktir. Bununla birlikte, kompozitlerin optik özelliklerini iyileştirmeye yönelik önemli gelişmelere rağmen, kürelemeden hemen

sonra başlayan ve polimerizasyon reaksiyonuyla birlikte bir müddet devam eden renk değişimleri bir sorun olmaya devam etmektedir.

Kompozitlerde iç (yapısal) kaynaklı renk değişimleri

Satou ve ark.⁽³⁸⁾ monomerlerin, aktivatörlerin, başlatıcıların, inhibitörlerin ve reaksiyona girmemiş karbon çift bağlarının özellikleri ve aralarındaki kimyasal değişikliklerin renk stabilitesini etkileyebileceğini bildirmiştir.

Doldurucu partiküller ve matriks arayüzünde bulunan mikro çatlaklar ve boşluklar renklendirici ajanlar için en olası penetrasyon yollarıdır.⁽³⁹⁾ Bu nedenle renk değişimi materyalin zarar gördüğünün bir göstergesi olabilir.⁽⁴⁰⁾

Matriks doğası, daha fazla su absorpsiyonu ve dolayısıyla daha fazla renk değişimine neden olan hidrofilik monomerler ve tam tersine renk stabilitesini koruyan hidrofobik monomerlerden oluşmaktadır.⁽⁴¹⁾ Emilim ve çözünürlük fenomeni, matriksin yapısı ve işlevi üzerinde zararlı etkiler oluşturabilecek çeşitli kimyasal ve fiziksel süreçlerin öncüsü olarak hizmet edebilir. Bu etkiler şişme, plastikleşme, yumuşama, oksidasyon ve hidroliz reaksiyonlarını içerir.⁽⁴²⁾

Absorbe edilen su, doldurucu ve matriks arayüzünde çözünelere veya doldurucuların hidrolitik yıkımına neden olabilir. Bu bulgular, düşük doldurucu içeriğine sahip kompozitlerin zayıf renk stabilitesine sahip olduğu sonucuna varan önceki çalışmalarla tutarlıdır. Florür salınımına katkıda bulunan iterbiyum triflorür, suda çözünür bir bileşendir ve materyal içine sızıntıya sebep olan boşluklara neden olabilir.⁽³⁹⁾

Satou ve ark.⁽³⁸⁾ monomerlerin yapısal özellikleri yanında fizikokimyasal özelliklerinin de renklendirici ajanların absorpsiyonunu etkilediğini, polimerize olmamış artık monomerlerin gıdaların hidrofilik molekülleriyle etkileşebilecek hidrofilize gruplara sahip olduğunu öne sürmüşlerdir.

Renk değişiklikleri için önemli olan bir diğer neden ise, UV ışınları veya termal enerjinin neden olduğu iç kaynaklı etkenlerdir. Bu etkenler foto-başlatıcı içeriğine ve kürlenme sistemine bağlıdır. Rezin matriste gerçekleşen kimyasal reaksiyonlardan kaynaklanır. Bu nedenle materyalin tüm katmanlarını ilgilendirir. Polisaj veya rötuş ile elimine edilememeleri, renklenme konusunda polimerizasyonun önemine dikkat çekmektedir.⁽³⁷⁾

Yapılan bir çalışma, kompozitlerin 24 saat UV ışığına maruz kalmasının, CIE renk koordinatlarında önemli değişikliklere neden olduğunu göstermiştir.⁽⁴³⁾ Bu sonuçlar, UV ışık, görünür ışık ve/veya ısıtma gibi çeşitli enerji kaynaklarına maruz kaldığında kompozitlerin renginde değişiklikler olduğunu gösteren diğer araştırmacıların sonuçlarıyla uyumludur. Brauer, görünür (VLC-visible light curing) ışıkla sertleşen kompozitlerin, tersiyer aromatik amin hızlandırıcılar içeren self-cure materyallere kıyasla daha iyi renk stabilitesine sahip olduğunu bildirmiştir.⁽⁴⁴⁾ Bununla birlikte, mevcut ışıkla sertleşen kompozit formülasyonlarında renk stabilitesinin tamamen optimize edildiğini gösteren bir klinik kanıt yoktur.⁽⁴³⁾

Ultraviyole ışığa maruz kalan dental kompozitlerdeki renk değişiklikleri, genel renk bozulmasına neden olan Lightness ve Chroma koordinatlarında meydana gelmektedir. CIE L*a*b renk uzayındaki b* koordinatı daha pozitif bir değere, yani artan bir sarılığa doğru kaymaktadır.

Işıklı aktive olan kompozitlerde, foto başlatıcı sistemler olarak genellikle Kamforokinon / amin bileşikler kullanılır. Çok küçük miktarlarda bulunmasına rağmen, CQ materyallerin rengini önemli ölçüde etkileyebilir.^(45, 46) Lucirin TPO (2,4,6-trimethylbenzoyldiphenylphosphine oxide) ve fenilpropanedion (PPD; 1-phenyl-1,2-propanedione) gibi beyaz veya renksiz bileşikler, kompozitin foto-sararma etkisini (photo-yellowing effect) önlemek için tek başına veya CQ ile kombinasyon halinde kullanılır.⁽⁴⁷⁻⁴⁹⁾

Restorasyonların renk değişimlerini önlemek için, direkt kompozitlerde optimal cilalama ve ışıkla polimerizasyon; indirekt kompozitlerde ise için 72 saatlik bir UV ışınlanması önerilmektedir.⁽³⁷⁾

Kompozitlerde dış (çevresel) kaynaklı renk değişimleri

Dış kaynaklı renklenmeler temelde hijyen, beslenme ve tütün alışkanlıkları ile ilişkilidir.⁽⁵⁰⁾ Bunun yanında ultraviyole radyasyon, termal döngüler, tükürük kalitesi ve bitirme - cilalama prosedürleri renk değişimine katkıda bulunan diğer faktörlerdir.⁽¹⁰⁾

Ağız gibi sulu bir ortam, kompozit rezinlerin özelliklerini etkileyebilir, hatta zamanla hidrolitik bozunmaya yol açabilir. Doldurucu partiküllerin rezin matristen ayrılması yüzey pürüzlülüğünü artırır ve restorasyonları renklendirici ajanlara duyarlı hale

gelir.⁽³⁹⁾ Özellikle içeceklerde ve yiyeceklerde kullanılan bazı yapay (sentetik) renklendiricilerin akrilik rezinlerin renklenmesini arttırdığına dair kanıtlar vardır.⁽⁵¹⁾ Ancak literatürde kompozit rezinlerle ilgili yapılmış ayrıntılı bir çalışma bulunmamaktadır.

Renk değişikliğinin derecesi ve tipi sadece diyet pigmentleri veya renklendirici katkı maddelerinden değil, aynı zamanda düşük pH'dan ve renklendirici ajanın tonundan da etkilenmektedir.⁽⁵²⁾ Düşük pH, matrisi yumuşatarak yüzey bütünlüğünü olumsuz yönde etkiler ve şiddetli renk bozulmalarına neden olabilir.⁽⁴⁰⁾

Pek çok çalışma, kompozit rezinlerde estetiğin yanı sıra fiziksel özelliklerini de (mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü) etkileyen, restorasyonların kalitesini ve ömrünü azaltan belirli içecek ve yiyeceklerin olduğunu göstermiştir. Kahve tüketiminden sonra kompozitlerin Knoop mikrosertliğinin azalması, yüksek sıcaklıktaki çözeltilerin ve bu çözeltilerle temas süresinin, rezinlerin fiziksel yapısında değişikliklere neden olduğunu göstermektedir.⁽⁴²⁾ Bu nedenle, restorasyonların renk, sertlik ve dayanıklılığını korumak için ağız hijyenine ve yeme alışkanlıklarına da dikkat etmek gerekmektedir.⁽⁴⁰⁾

2.2. Gıda boyaları

Tek başına gıda olarak tüketilemeyen, ana gıda bileşeni olarak kullanılmayan, besleyici değeri olan ya da olmayan; gıdaların üretilmesi, işlenmesi, hazırlanması, ambalajlanması, taşınması ve depolanması sırasında, ürüne ya da içerdiği bir bileşenine, belirli limitler ve kurallar dahilinde özellikle eklenen maddelere "gıda katkı maddeleri" denir.⁽⁵³⁾

Gıda sektöründe her gün değişen ve gelişen teknolojiye paralel olarak ürün yelpazesinin genişlemesi, tüketici algısının değişmesi ve bilinçlenmesi, mevsimlik gıdaların yılın her mevsiminde ulaşılabilir hale gelmesi, raf ömrünün uzaması, kalitede standardizasyonun artması, zamanla azalan kaynakların rasyonel kullanımı gibi hususlar; gıda, kozmetik, ilaç vb. endüstrilerde kullanılan tekniklerin yanı sıra katkı maddelerinin kullanımını ve önemini arttırmış, hatta zorunlu hale getirmiştir.⁽⁵⁴⁾ FDA (Food and Drug Administration /Amerika Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından tüketiciler için kullanımı onaylanan renklendirici katkı maddelerinin dozajı (12 mg/kişi başı/gün) son 50 yılda yaklaşık 5 kat (68 mg/kişi başı/gün) artmıştır.^(55, 56)

Özellikle gıda boyaları, gıda tüketimi konusunda önemli bir role sahiptir ve katkı maddeleri içerisinde geniş bir grubu oluşturmaktadır. Yaklaşık 7000 yıllık tarihinde, ilk olarak sadece bitki ve hayvanlardan elde edilen boyar maddeler günümüzde vazgeçilmez katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Artık hemen her gıda maddesi için alışılmış bir renk bulunmaktadır.⁽⁵⁷⁾

Besin takviyelerine ve ilaçlara da ticari, psikolojik ve pratik nedenlerle boyalar eklenir. Vitamin preparatlarının görünümü farklı gıda boyalarının eklenmesiyle tüketiciler için daha cazip hale getirilir. Renklendirici ajanlar farmasötik ekspiyanlar olarak benzersiz bir statüye sahiptir ve çoğu kurum tıbbi ürünlerde kullanılacak boya listelerine sahiptir.

Quinoline Yellow (Kinolin Sarısı, E104), Sunset Yellow FCF (E110), Ponceau 4R (Kokineal kırmızı, E124), Tartrazine (E102) ve Carmine (Koşineal, Karminik asit, E120) ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılan gıda boyalarıdır.⁽⁵⁸⁾

2.2.1. Renklendirici Katkı Maddelerinin Tarihçesi

Gıdaların ilk olarak, M.Ö. 1500 civarında Mısır'lı şeker üreticileri tarafından renklendirildiği düşünülmektedir. Ürünün görünümünü iyileştirmek için doğal özler ve şarap ekledikleri Mısır mezarlarındaki resimlerde gösterilmektedir. 19. yüzyılın ortalarına kadar bazı gıda maddelerine, yerel bölgelerden üretim birimlerine ulaşana kadar dekoratif amaçla baharat safranı gibi malzemeler eklenmiştir. Sanayi devrimini takiben hem gıda endüstrisi hem de 'işlenmiş gıda' pazarı hızla gelişmiştir. Mineral ve metal bazlı renklendirici maddeler, düşük kaliteli ve tahrif edilmiş gıdaları maskeleyen için kullanılmıştır.^(59, 60)

Peynir ve şekerlemeleri renklendirmek için kırmızı kurşun (Pb3O4) ve Vermilyon (HgS), solmuş çay yapraklarını yeniden renklendirmek için Bakır arsenat, kullanılmıştır.⁽⁶¹⁾

Tarihsel kayıtlar, renklendirici kullanımı sonucu bazı hastalıkların hatta ölümlerin olduğunu göstermektedir.⁽⁶⁰⁾ 1856'da ilk sentetik boya (leylak rengi), Sir William Henry Perkin tarafından geliştirilmiş ve yüzyılın başlarında ABD ve Avrupa'da, ketçap, hardal, reçel ve şarap dahil her türlü popüler gıdada kullanılmıştır.⁽⁶⁰⁾ Birçok renk katkı maddesi, toksisite veya diğer olumsuz etkileriyle ilgili hiç test edilmemiştir.⁽⁶²⁾

1900'lerin başında, kimyasal olarak sentezlenen renklerin büyük kısmı, zehirli bir petrol ürünü olan “anilin”den türetilmiştir. Başlangıçta bunlara 'kömür-katranı' renkleri adı verilmiştir çünkü temel maddeleri ziftli kömürden elde edilmiştir.⁽⁶⁰⁾

Bitki, hayvan ve mineral kaynaklarından elde edilen renkler bu yüzyılın başlarında kullanılmaya devam etse de kimyasal olarak sentezlenen renklerin üretilmesi daha kolay, daha ucuz ve renklendirme özellikleri daha üstündür. Kolayca çözünürler ve yiyeceklere istenmeyen tatlar vermezler. Ancak kullanımları arttıkça sağlık açısından güvenlik endişeleri de artmıştır. Bu durum, ABD'de izin verilen sentetik boyaların sayısını, 700'den 7'ye indiren dünya çapında sayısız düzenlemeye yol açmıştır.⁽⁶²⁾

2.2.2. Renklendirici Katkı Maddelerinin Kullanım Amaçları

Antik çağlardan beri çeşitli kültürler renkleri tekstil ürünlerini boyanmak, yiyecek ve içecekleri renklendirmek, etnik tören veya ritüellerde bedenlerini boyamak gibi çeşitli amaçlar için kullanmıştır. Renklerle ilgili sınırlı araştırmalara rağmen, insan algısı ve rengin hayatımızdaki rolü arasında temel bir bağlantı olduğu görülmektedir.⁽⁶³⁻⁶⁵⁾

Gıda sektöründe renk ve lezzet algıları arasındaki ilişki, üzerinde önemle durulan bir alandır.⁽⁶⁶⁾ Gıda aroması veya nitelikleri hakkındaki görüşlerin büyük ölçüde renk özelliklerine dayandığı gözlenmiştir.⁽⁶⁷⁾ Bu nedenle gıda rengindeki değişiklikler, ürün geliştirme ve iyileştirmede kritik bir rol oynar.⁽⁶⁸⁾

Özellikle hazır gıda'larda ilk uyarıcı ürünün rengidir. Ancak teknolojik işlem görmüş birçok gıda maddesi gerek ton gerek parlaklık olarak renk kaybına uğrar. Bu nedenle modern gıda endüstrisi açısından gıda maddelerinin albenisini arttırmak ve geniş ürün yelpazesi içinde daha dikkat çekici hale getirmek için boyar maddeler mutlaka kullanılmaktadır.⁽⁶⁹⁾

Rengin önemini gösteren bu faktörler ışığında, renklendirici katkı maddesi kullanılmasının nedenleri şu şekilde özetlenebilir:

1. Rengi kaybolan ya da canlılığını yitiren gıdaları eski görüntüsüne kavuşturmak.
2. Tüketici beklentileri doğrultusunda ilk çağrışım yapan rengi yakalamak.
3. Farklı bir renk veya renk tonu elde ederek dikkat çekmek.

4. Kalite kaybını maskeleyememek koşuluyla, tüketimi kabul edilebilir ürünler elde etmek.⁽⁷⁰⁾

2.2.3. Renklendiriciler ile ilgili Yasal Düzenlemeler

Gıda katkıları mevzuatı, günümüzde ulusal bir kavram olmaktan çıkmış, uluslararası boyut kazanmıştır. Gelişmiş ülkelerde renklendiricilerin gıda endüstrisinde kullanım izni toksisite testleri ve katı hükümlere tabidir.⁽⁷¹⁾

Gıda katkı maddelerinin onaylanması ve kullanım miktarlarının belirlenmesi dünyada farklı kuruluşlar tarafından sıkı bir şekilde denetlenmektedir. Bu kuruluşlar:

- BM (Birleşmiş Milletler): GTÖ (Gıda ve Tarım Örgütü), DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü) ve Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi

UN (United Nations): FAO (Food and Agriculture Organization), WHO (World Health Organization) ve JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives).^(72, 73)

- AB (Avrupa Birliği): Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi

EU (European Union): EFSA (European Food Safety Authority).^(72, 74, 75)

- ABD (Amerika Birleşik Devletleri): Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi

USA (United States of America): FDA (Food and Drug Administration).^(76, 77)

Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzman Komitesi (JECFA- Joint Expert Committee for Food Additives), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1955'te kurulmuştur.⁽⁷⁸⁾ Katkı maddelerinin güvenlik değerlendirmesi ve toksikasyonuna yönelik çalışmalar yapan bağımsız bir kuruluştur. Kimyasal maddelerin spesifikasyonları ve günlük maksimum alım miktarları (ADI acceptable daily intake) ile ilgili önerilerde bulunur. ADI değeri o madde için mg/kg bw/day olarak belirlenir (vücut ağırlığının kilogramı başına, günde alınabilecek maksimum katkı maddesi miktarı).⁽⁷⁹⁾ Bu öneriler her yıl Uluslararası Besin Kodeksi'nde (Codex Alimentarius) yayınlar.^(80, 81)

Bu öneriler doğrultusunda Amerika Birleşik Devletleri'nde FDA, Avrupa Birliği'nde EFSA gerekli düzenlemeleri yapar. Ancak Avrupa Birliği, Birleşmiş Milletler'in aksine tavsiye niteliğinde değil, direktif niteliğinde yasalar hazırlamaktadır.^(82, 83)

ABD'de ise boyalar, sertifikalı (yapay) ve sertifikasız (doğal) olarak 2 grupta incelenir ve bu grupların dışında kalan boyaların kullanımına izin verilmez.^(70, 84)

Türkiye’de 25 Ağustos 2002 tarihli Resmî Gazetede (24857), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler Tebliği (Tebliğ No:2002/55) ile gıdalara ilave edilmesine izin verilen renklendiricilerin kullanımı hükme bağlamıştır (Tablo 2.1). Bu Tebliğ Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi dikkate alınarak hazırlanmıştır.⁽⁸⁵⁾

Tablo 2.1. Kullanımına izin verilen sentetik gıda boyları⁽⁸⁶⁻⁹⁰⁾

Renk / E Kodu	Yasal Düzenleme				
	FDA No.		AB	ABD	Türkiye
Erythrosine/E127	FD&C No.1	Red	+	+	+
Brilliant Blue/E133	FD&C No.1	Blue	+	+	+
İndigotine/E132	FD&C No.2	Blue	+	+	+
Tartrazine/E102	FD&C No.5	Yellow	+	+	+
Quinoline Yellow/E104	FD&C No.6	Yellow	+	-	+
Allura Red/E129	FD&C No.40	Red	+	+	+
Yellow 2G/E107			+	-	+
Ponceau 4R/E124			+	-	+
Carmoisine/E122			+	-	+

Amaranth/E123	FD&C No.2	Red	+	-	+
Red 2G/E128			+	-	+
Patent Blue/E131			+	-	+
Green S/E142			+	-	+
Brown FK/E154			+	-	+
Chocolate Brown HT/E155			+	-	+

Türk Gıda Kodeksi'ne göre reçel, meyve suyu ve meyveli yoğurtlarda sentetik gıda boyası kullanılması yasaktır. İzin verilen renklendiriciler alkolsüz aromalı içeceklerde 100 mg/L'ye kadar kullanılabilir, fakat E110 (Sunset Yellow FCF), E122 (Azorubin), E124 (Ponceau 4R) ve E155 (Brown HT) kodlu renklendiriciler 50 mg/L ile sınırlandırılmıştır.⁽⁹¹⁾

Bazı gıda boyaalarının kullanımına (Citrus Red No.2, Orange B, Eritrosin vb.) sadece özel amaçlarla (portakal veya yumurta kabukları, sosis kılıfları, kurutulmuş kirazlar, pasta süslemeleri vb.) veya kısıtlı gıdalarda izin verilir.⁽⁹²⁻⁹⁴⁾

2.2.4. Gıda katkı maddelerinin numaralandırılması ve E kodları

Gıdalarda kullanılan katkı maddeleri evrensel özellikte bir kodlama sistemine sahiptir. Bu kodlar Avrupa Birliği'nin bir alt komitesi olan Gıda Bilim Kurulu (Scientific Committee on Food-SCF) tarafından belirlenmektedir ve E kodu'yla birlikte gösterilir. 'E' harfi "European" kelimesinin baş harfinden gelir. Katkı maddeleri için AB'deki çeşitli dillere karşı kolay ve kullanışlı bir adlandırma yöntemidir.⁽⁹¹⁾

E kodu toksikolojik araştırmaları tamamlanan ve zararsızlık dozu belirlenen gıda katkı maddelerine verilir.⁽⁹⁵⁾ Gıda katkı maddeleri bu sistem ile temel işlevlerine göre sınıflandırılmakta ve renklendiriciler E 100-E 180 kod aralığında yer almaktadır (Tablo 2.2).⁽⁹⁶⁾

Tablo 2.2. E kodlama sistemi⁽⁹⁷⁾

E NUMARASI	ADLANDIRMA
E100-E180	Boyalar
E200-E297	Koruyucular
E300-E385	Antioksidanlar
E400-E466	Jelleştirici ve koyulaştırıcılar

2.2.5. Gıda Boyalarının Sınıflandırılması

Renklendirici katkı maddeleri esas olarak sertifikalı ve sertifikasız olarak iki gruba ayrılır. Sertifikasyondan muaf olan renkler genellikle doğal kaynaklardan elde edilir ve herhangi bir sertifikasyon sürecinden geçmez. Buna karşılık, sertifikaya tabi renkler (sentetik boyalar ve pigmentler) piyasaya sürülmeden önce ilgili kurumların onayından geçer.⁽⁹⁸⁾

Yapılan tüm sınıflandırma ve sınırlamalar, renklendirici katkı maddelerinin "sıfır toksisite etkisinde" olmaları prensibine dayanır.

1. Sertifikasız gıda boyaları (Uncertified Color Additives).
2. Sertifikalı gıda boyaları (Certified Color Additives)

i. Boyalar (Dyes)

ii. Boyar maddeler- Pigmentler (Lakes)⁽⁹¹⁾

Sertifikasız Gıda Boyaları (Doğal Boyalar)

Bu gruptaki renklendirici katkı maddelerinin hepsi doğal kaynaklardan elde edilen maddelerdir. Biyotik kökenli bu maddeler, 1960 yılında ABD Gıda - İlaç ve Kozmetik Yasası (FD&C Act) kapsamında sertifikalı gıda katkı maddeleri listesinden çıkarılarak, öncelikli ve sürekli kullanılmasına izin verilen katkı maddeleri listesine alınmıştır.⁽⁹¹⁾

Doğal gıda boyalarının şu ana kadar evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı yoktur, ancak bitki, hayvan, böcek, alg, mineral vb. gibi doğal kaynaklardan elde edilen; gıda, ilaç, kozmetik veya insan vücudunun herhangi bir parçasını renklendirmek amacıyla

kullanılan maddeler olarak tanımlanabilir. Genellikle "biyolojik renkler" olarak adlandırılırlar.⁽⁹⁹⁾

Doğal boyalar ısı, ışık, depolama, pH gibi ortam koşullarından kolayca etkilenebilirler. Gıdalarda kullanılmasına izin verilen 26; kozmetik ve farmasötiklerde kullanılmasına izin verilen 28 renk vardır.⁽⁹³⁾

Sertifikalı Gıda Boyaları (Sentetik Boyalar ve Pigmentler)

Sertifikalı renklendirici katkı maddeleri sentetik kaynaklı suni boyalardır. 1959'a kadar yalnızca boyaların bulunduğu gruba, daha sonra bu boyalardan sentezlenen pigmentler (boyar maddeler) de dahil edilmiştir.⁽¹⁰⁰⁾

Boyaların renklendirme güçleri çözünürlüklerine göre belirlenir ve renklendirici özellikleri stabildir. 15 yıl boyunca depolanan gıdalarda kullanılmış sertifikalı renklendirici katkı maddelerinde, herhangi bir miktar veya renk kaybı görülmemiştir.^(86, 101)

Boyalar suda çözünürken, pigmentler çözünmezler; yani esas renklendirici katkı maddeleri suda çözünebilir boyalardır. Buna karşılık boyalar da organik çözücüler ve yağlarda çözünmezler.⁽¹⁰²⁾ Sentetik boyalar ancak çözelti haline getirilerek kullanılabilir. Çözücü olarak renklendirici maddenin fiziksel ve kimyasal özelliğine göre su veya yağ kullanılır. Çözücü ne olursa olsun, daha homojen bir çözelti için belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmaları gerekir.^(54, 90, 103-105) Sertifikalı boyaların hepsi suda çözünür ve 4 grupta incelenir (Tablo2.3):

- 1- Azo Boyalar,
- 2-Trifenilmetan,
- 3-Floresan Tip,
- 4-Sülfonatlı Indigo.⁽⁶⁹⁾

Tablo 2.3. Sertifikalı Gıda Boyaları⁽¹⁰⁶⁾

Boya	C.I. adı	C.I no	Renk
Tartrazine	Food Yellow 4	19140	
Sunset Yellow	Food Yellow 3	15985	
Carmoisine	Food Red 3	14720	
Ponceau 4R	Food Red 7	16255	
Amaranth	Food Red 9	16185	
Erythrosine	Food Red 14	45430	
Allura red 40	Food Red 17	16035	
İndigo Carmine	Food Blue 1	73015	
Brilliant Blue	Food Blue 2	42090	
Quinoline Yellow	Food yellow 13	47005	
Chocolate Brown	Food Brown 3	20285	
Food Black PN	Food Black 1	28440	
Fast Green S	Food Green 4	44090	
Patent Blue V	Food Blue 5	42051	
Fast Red E	FastRed E	16045	
Food Red 2G	Food Red 2G	18050	
Fast Green FCF	Food Green 3	42053	

*C.I. (Color Index International): Uluslararası Renk İndeksi

Azo Boyalar: Sentetik boyalar içindeki en büyük grubu oluşturan (%60-70) azo boyalar, aromatik diazo bileşiklerinin aromatik fenol veya aminlerle reaksiyonu sonucu elde edilirler.⁽⁶⁹⁾ Moleküler yapıdaki azo gruplarının sayısına bağlı olarak sınıflandırılırlar.⁽¹⁰⁷⁾

Bu grup içinde bulunan boyalar eklendikleri ürünlere sarı, kırmızı, turuncu gibi sıcak renk tonları vermektedirler; Amarant (FD&C Red No:2, E-123), Sunset Yellow (FD&C Yellow No:6, E-110), Ponceau 4R (E-124), Tartrazin (FD&C Yellow No. 5, E-102), Scarlet GN (FD&C Red No:4, E-125), Carmosine (Azurobine, FD&C Red No:10, E-122), Allura Red AC (FD&C Red No: 40, E-129) ve Orange-B azo yapısındaki sentetik boyalardır.

Trifenilmetan Boyalar: Trifenilmetan karbon atomuna iki benzen halkası ve bir p-kinoit grubunun bağlanmasıyla elde edilir. İçerdikleri sülfonik asit sayesinde sudaki çözünürlükleri yüksektir. Eklendikleri ürünlere mavi, yeşil, menekşe gibi soğuk renk tonları verirler. Brilliant Blue FCF (FD&C Blue No:1, E-133), Fast Green FCF (FD&C Green No: 3, E-143), FD&C Violet No:1, Patent Blue V (E-131) ve Green S (E-142) bu grupta bulunan sentetik boyalardır. Toksikite seviyeleri düşüktür ancak gıdalarda yaygın olarak kullanılmazlar.^(93, 108)

İndigoid Boyalar: Mavi renk veren renklendirici maddelerin en önemli grubunu oluşturan indigoid ve türevleri ışık, su, pH gibi dış etkenlere oldukça dayanıklıdır. Bazı bitkilerin glikozit yapılarında doğal olarak bulunurlar. En çok kullanılan indigoid türevi İndigo Karmin (FD&C Blue No:2, İndigotin, E-132)'dir. Tartrazin ile karıştırılarak yeşil renk (Dark Green) oluşturmak için kullanılır. Gıdalarda kullanım için güvenlidir.^(93, 109)

Floresin Boyalar: Fitalik asit ile resorsin'in ısıtılması sonunda elde edilen bu gruptaki boya maddeleri kırmızı-kahverengi/koyu turuncu arasında değişen renk tonlarını oluşturmak için kullanılırlar. Tıpta diagnostik amaçla veya floresan izleyici olarak kullanılan türleri vardır. Eritrosin (FD&C Red No:3, E-127) floresan (fluoresin) boyalardan en fazla kullanılanıdır.⁽¹¹⁰⁾ Floresin boyalar içinde tek ksantin türevidir^(93, 111).

2.2.6. Gıda, İlaç ve Kozmetik Sanayi'nde Yaygın Olarak Kullanılan Sentetik Renklendirici Katkı Maddeleri

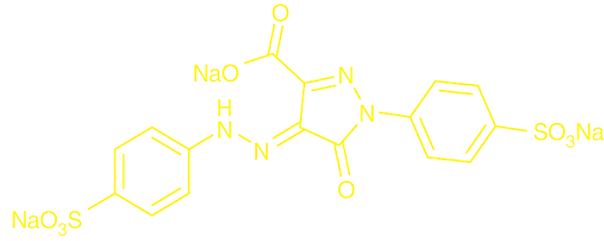
Tartrazin (E-102)

Diğer isimleri: C.I. Food Yellow 4, FD&C Yellow No.5

Sınıfı: Monoazo

Kimyasal Formülü: $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$

Moleküler Yapısı:



Tartrazin asidik koşullarda ve yüksek sıcaklıklarda rengini korur. Bu nedenle kullanımı en yaygın renkler arasındadır. Alkolsüz içecekler, tatlılar, jöleler, gazlı içecekler, şuruplar, ilaç kapsülleri, kozmetik ürünler, hardal vb. hazır gıdalar ve şampuan, sabun, deterjan gibi temizlik ürünlerinde kullanılır (Şekerlemeler 200mg/kg, Süsleme ve Kaplama maddeleri 500mg/kg, Çorbalar 50mg/kg).^(77, 101, 112)

EFSA (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) Gıda Katkı Maddeleri Bilimsel Paneli, rengin kabul edilebilir günlük alım miktarını (ADI) 7,5 mg/kg bw/day olarak belirlemiştir.⁽¹⁰¹⁾

Tartrazin bir dizi alerjiye, yan etkiye ve intolerans reaksiyonuna neden olabilir. Astımı ve salisilatlara (aspirin, dut, çilek) intoleransı olan insanlar dışında tartrazinin bilinen bir yan etkisi yoktur. Tartrazin alerjilerini işaret eden semptomlar arasında hazımsızlık, anksiyete, migren, halsizlik, ciltte lekeler vb. gibi intolerans reaksiyonları bulunur.⁽⁹⁴⁾

Avrupa'da 20 Temmuz 2010 tarihinden itibaren 'Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu' (DEHB) üzerinde ciddi etkileri olduğu belirtilen, altı sentetik gıda boyasını (Tartrazin, Quinolon Yellow, Sunset yellow, Karmosin, Ponceau 4R, Allura

Red AC) içeren gıdaların etiketinde ‘Çocuklarda hiperaktivite ve dikkat eksikliği’ yapabilir ibaresi bulunması zorunlu kılınmıştır.⁽¹¹²⁻¹¹⁵⁾

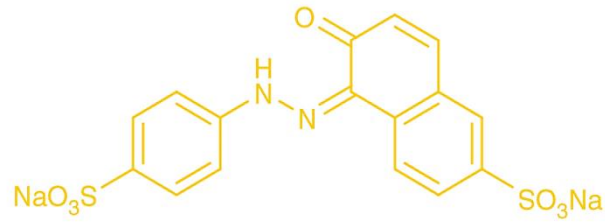
Sunset Yellow FCF (E 110)

Diğer isimleri: C.I. Food Yellow 3, FD&C Yellow No.6

Sınıfı: Monoazo

Kimyasal Formülü: $C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$

Moleküler Yapısı:



Tartrazine ile hemen hemen aynı gıda yelpazesi için yetkilendirilmiştir.⁽¹¹⁶⁾ Alkolsüz içecekler, galeta unu, sıcak çikolata, tatlılar, jöleler (Şekerlemeler 10mg/kg, Süsleme ve Kaplama maddeleri 35mg/kg, Çorbalar 50mg/kg).⁽¹¹²⁾

JECFA, Sunset Yellow için 4 mg/kg bw/day'lik bir ADI belirlemiştir.

Diğer azo boyalara benzer şekilde, Sunset Yellow alımından sonra bazı duyarlılık reaksiyonları bildirilmiştir. Bu reaksiyonlar arasında bağışıklık sistemi ve çocuklarda hiperaktivite bozuklukları bulunur.⁽¹⁰¹⁾

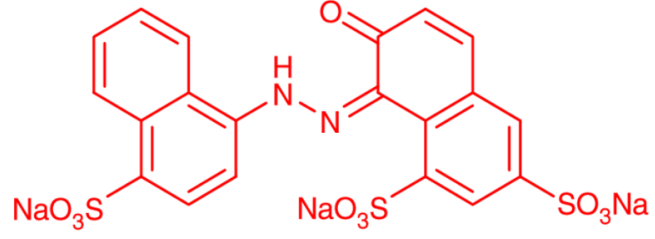
Ponceau 4R (E124)

Diğer isimleri: C.I. Food Red 7, Cochineal Red A

Sınıfı: Monoazo

Kimyasal Formülü: $C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$

Moleküler Yapısı:



Ponceau gıda boyası, kömür katranı kullanılarak sentezlenir. Tatlılar, jöleler, konserve gıdalar, hamur işleri, çorbalar, meşrubatlar vb. gibi çeşitli gıda ürünlerinde kırmızı renk elde etmek için kullanılır (Şekerlemeler 10mg/kg, Süsleme ve Kaplama maddeleri 50mg/kg, Çorbalar 50mg/kg).^(77, 101, 112)

JECFA, Ponceau 4R için 0,7 mg/kg bw/day'lik bir ADI belirlemiştir.⁽¹¹⁷⁾

Ürtiker ve vaskülit reaksiyonları dahil olmak üzere aşırı duyarlılığa ilişkin advers reaksiyonlar bildirilmiştir. Astımı ve aspirin alerjisi olan kişilerde reaktif tepkiler ve çocuklarda hiperaktivite bulguları görülmüştür.⁽¹⁰¹⁾

Karmosin / Azorubin (E-122)

Diğer isimleri: C.I. Acid Red 14, Food Red 3

Sınıfı: Monoazo

Kimyasal Formülü: C₂₀H₁₂N₂Na₂O₇S₂

Moleküler Yapısı:



Rulo pasta, reçeller, jöleler, yoğurtlar, galeta unu, gargara ve cheesecake gibi ürünlerde pembe renk elde etmek için kullanılır (Şekerlemeler 50mg/kg, Süsleme ve Kaplama maddeleri 50mg/kg, Çorbalar 50mg/kg).^(112, 118)

Tek hücreli bir sistem olan *Tetrahymena pyriformis* üzerinde yapılan bir çalışmada Azorubin'in toksik etkisinin olmadığı saptanmıştır.⁽¹¹⁰⁾ Ancak EFSA, hassas bireylerin rengin günlük maksimum alım miktarı olan 4 mg/kg bw/day'dan daha düşük doz seviyelerinde bile reaksiyon gösterebileceğini belirtmiştir.⁽¹¹⁹⁾

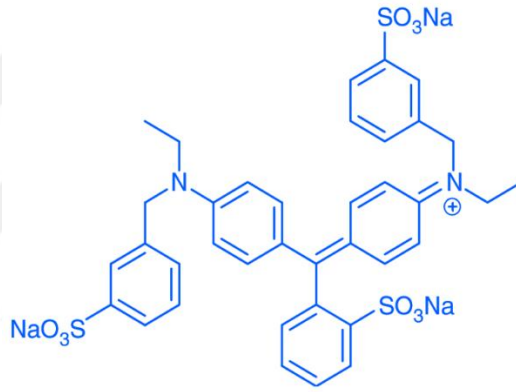
Brilliant Blue FCF (E133)

Diğer isimleri : C.I. Food Blue 2, FD&C Blue No.1⁽¹²⁰⁾

Sınıfı: Trifenilmetan

Kimyasal formülü: $C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$

Moleküler Yapısı:



Gıdalarda kullanımı izin verilen maksimum seviye 500 mg/kg olan geniş bir gıda yelpazesi için onaylanmıştır, ancak kullanım seviyelerinin çok daha düşük olduğu görülmektedir.⁽¹²¹⁾ Süt tozları, renkli içecekler, şekerlemeler, şuruplar, dondurma gibi gıda ürünlerinde ve sabun, şampuan, gargara vb. kozmetik ürünlerde kullanılır (200mg/kg, Süsleme ve Kaplama maddeleri 500mg/kg, Çorbalar 50mg/kg).^(77, 101, 112)

EFSA kömür katranından elde edilen Brilliant Blue için, 6 mg/kg bw/day'lık maksimum alım miktarı belirlemiştir.⁽¹²¹⁾

Sertifikalı gıda boya arasında Brilliant Blue (E133), Tartrazine (E102) ve Sunset Yellow (E120) en sık kullanılan renklendiricilerdir.^(102, 122)

2.2.7. Gıda Boyaları ve Ağız Sağlığı

Deri, bağırsak ve ağız florasında bulunan (*Neisseria flavescens*, *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus lentis*, *Lactobacillus* vb.) birçok bakteri azoredüktaz aktivitesi gösteren enzimler salgılar.^(123, 124)

Yetersiz diş bakımı, diş minesini üzerinde bakteri birikimini hızlandırarak (Gram-negatif: *P. gingivalis*, *T. denticola* ve *T. forsythia* ve Gram-pozitif: *Strep. Gordonii*), erezyona ve plak oluşumuna neden olur.⁽¹²⁵⁾

Azo boyalar, oral mikrobiyom (*P. gingivalis*, *T. denticola*, *T. forsythia*, *Strep. Gordonii* ve *F. nucleatum*) tarafından salınan azoredüktaz enzimleriyle aromatik aminlere indirgenir.^{153, 157} Açığa çıkan aminler diş taşı ve plak oluşumunu teşvik eder.¹⁵⁸ Bu durum, birçok periodontal ve diş eti hastalığına öncülük eder.^(126, 127) Dental plakta bulunan bakteriyel patojenler (*P. gingivalis* ve *F. nucleatum*), inflamatuvar yanıt üreterek Fusobacterial toksinler (*FadA* ve *Fap2*) salarlar.⁽¹²⁸⁻¹³⁰⁾ Bu kimyasallar damar geçirgenliğini arttırarak bakterilerin sistemik dolaşıma girmelerine ve kardiyovasküler hastalıklara neden olan, kardiyak arterlerde plak birikimine neden olabilir.^(123, 131, 132)

Sentetik boyalar arasında, büyük ölçüde asidik olan azo grubu boyaların en fazla risk teşkil ettiği düşünülmektedir.^(133, 134)

2.3. Beyazlatıcı Ağız Çalkalama Suları

Yüz ve diş estetiği son yıllarda toplum tarafından giderek daha fazla değer görmektedir. Renklenmiş dişler sosyal ve profesyonel ilişkileri etkileyebileceğinden, beyaz ve iyi sıralanmış dişler gülümsemenin en önemli yönünü temsil eder.⁽¹³⁵⁾ Günümüzde diş beyazlatma en önemli kozmetik tedavilerden biri olarak kabul edilmiştir.^(136, 137)

Diş renklenmesi, genel olarak dışsal ve içsel faktörlerin birleşik etkisinin bir sonucudur. Ekstrinsik renklenmeler, esas olarak duman, yiyecek ve içecek lekelerinin neden olduğu yüzeysel renk değişiklikleri iken, intrinsik renklenme ise mine ve dentin özellikleriyle ilişkili olan yüzey altı renk değişikliğidir.⁽¹³⁸⁾

Diş rengini iyileştirmek için, vital ve devital diş beyazlatma teknikleri, mine mikroabrazyonu, porselen laminalar, kronlar, ve kompozit bonding işlemleri dahil olmak üzere çeşitli prosedürler mevcuttur.⁽¹³⁹⁾

Diş beyazlatma teknikleri profesyonel uygulamalı (ofis beyazlatma), diş hekimleri gözetiminde hasta uygulamalı (ev kullanımı), tezgâh üstü ürünler (OTC- Over the counter) ve dental olmayan alternatifler olarak dört kategoriye ayrılmaktadır.⁽¹⁴⁰⁾

Vital diş beyazlatma, doğru uygulandığında, renklenmiş dişlerin tedavisi için mevcut olan en güvenli, etkili ve konservatif prosedürlerden biridir.^(141, 142) Bununla birlikte, ilk iki kategoriye kapsayan teknikler sadece diş hekimleri tarafından uygulanmalıdır. Evde diş beyazlatma için kişiye özel plakların kullanılması ise günümüzde en yaygın beyazlatma işlemidir.^(140, 143)

Bir çok beyazlatma tekniğinde kullanılan ajanlar, diş yapısına nüfuz eden ve renk değişikliğinden sorumlu olan pigmentleri ortadan kaldırmaya yönelik moleküler oksijeni serbest bırakan bir oksidasyon-redüksiyon reaksiyonuna neden olur.^(144, 145)

Klinik deneyler hem evde hem de ofiste beyazlatma protokolleri ile ilgili önemli gelişmeler gösterse de hala Amerikan Diş hekimleri Birliği (ADA) tarafından en güvenli ve etkili kabul edilen tek ürün karbamid peroksittir (%10 ± %1 CP).⁽¹⁴⁵⁻¹⁴⁸⁾ %10 CP ile görülen beyazlatma tedavisinin başarısı ve beyazlatma tedavisi talep eden hasta sayısının artması, evde diş beyazlatma için OTC ürünlerinin geliştirilmesini teşvik etmiştir.⁽¹⁴⁹⁾ Bu ürün sınıfı ilk olarak 2000 yılında ABD'de, dişlerdeki renklenme problemlerini, profesyonel olarak reçete edilen ürünlerden daha düşük bir maliyetle tedavi etmek ve beyazlatma tedavisine erişim eşitsizliğini ortadan kaldırmak için bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır.⁽¹⁵⁰⁾

OTC ürünlerinin çeşitli ticari formları arasında jeller, macunlar, çalkama suları, sakızlar, beyazlatıcı şeritler ve dişler üzerinde film tabakası oluşturarak optik illüzyona sebep olan bir nevi beyazlatıcı makjaj ürünleri bulunur.⁽¹⁴⁶⁾

Tüm bu ürünler düşük konsantrasyonlarda (%2) CP veya HP içerir ve eczanelerde, süpermarketlerde veya internette kolayca bulunabilirler.⁽¹³⁹⁾ Ancak hastaların kendine uyguladığı bu ürünlerin beyazlatma etkileri diş hekimi odaklı tedaviler kadar etkili görünmemektedir.⁽¹⁴⁹⁾ Ayrıca, kendi kendine uygulanan bazı beyazlatma ürünleri, potansiyel olarak dişlere veya ağız yumuşak dokularına ve hatta daha da kötüsü genel sağlığa zararlı olabilir.^(151, 152) Ek olarak, bu beyazlatıcı ürünlerle ilgili önemli bilimsel arka plan sağlamak için yeterli klinik deney ve araştırma bulunmamaktadır.⁽¹⁴⁴⁾

OTC ağartma ürünlerinin etkilerini değerlendiren birkaç bağımsız klinik çalışma özellikle beyazlatma şeritlerinin yan etkilere sebep olduğunu bildirmiştir.^(140, 153) Ağız çalkalama ürünleri güvenilirliği, uygulama kolaylığı, düşük maliyeti ve yaygın olarak bulunmaları nedeniyle popüler bir reçetesiz ağartma ürünü haline gelmiştir.⁽¹⁵⁴⁾ Bu ürünler beyazlatıcı ajan olarak peroksitler, pirofosfatlar, sodyum heksametafosfat, sodyum sitrat veya enzimler gibi çeşitli maddeler içerirler.⁽¹⁵⁵⁾ Peroksitlerin ağartma etkisi bir çok literatür çalışmasında gösterilmiştir.⁽¹⁵⁵⁾ Birçok beyazlatıcı gargara genel olarak düşük konsantrasyonlarda (%1-%2) H₂O₂ veya CP içermektedir.⁽¹⁵⁶⁾

Ancak tüm beyazlatıcı gargaralar aktif bileşen olarak hidrojen veya karbamid peroksit içermemektedir.^{(157) (158)}

Hidrojen peroksit bir çok komplikasyondan sorumlu tutulmaktadır.^(149, 152, 159-162) Düşük pH'lı hidrojen peroksit içeren ağız gargaralarına sık sık maruz kalmak, mine yüzeyini etkileyebilir, diş hassasiyetine yol açabilir ve renklendirici pigmentlerin dokulara nüfuz etmesini kolaylaştırabilir.^(149, 161)

Hidrojen peroksit gargaralarının kullanımı sırasında alkol ve sigara kullanımından kaçınılması gerektiği önerilmektedir. Bu ürünler kimyasal karsinogenin ana mekanizması olarak kabul edilen DNA hasarı ile ilişkilendirilmektedir.^(155, 159, 163)

Hidrojen peroksit beyazlatıcı ağız gargaralarının düşük pH'ı ve bunların ağız boşluğuna kontrolsüz uygulanmasının potansiyel riskleri dikkate alınmış ve şirketleri yeni hidrojen peroksit içermeyen beyazlatıcı gargaralar geliştirmeye motive etmiştir.^(149, 152, 159, 163, 164)

Bunlar sodyum heksametafosfat, tetrasodyum pirofosfat ve ftalimido peroksi-kaproik asit gibi alternatif maddeler içerir. Ayrıca sodyum heksametafosfat içeren tipleri diş yüzeylerini yeni lekelerden korumayı amaçlayan bir formülasyona sahiptir.⁽¹⁴⁹⁾

Ekstrinsik lekeler genellikle minenin pozitif yüklü kalsiyum iyonları (Ca²⁺) için afinitesi olan negatif yüklü moleküllerdir. Ayrıca pelvikül proteinlerine çapraz bağlanma yeteneğine de sahiptirler. Sodyum heksametafosfat kalsiyum için güçlü bir afiniteye sahip negatif yüklü bir moleküldür ve minedeki bağlanma bölgeleri için pigment molekülleriyle rekabet eder. Başlangıçta pelvikül tabakasını bozar ve yüzeysel renklenmeleri giderir ve daha sonra minedeki kalsiyum iyonları ve yeni oluşan

pellikıla güçlü bir şekilde bağlanarak kromojen moleküllerin tekrar birikimini önler.⁽¹⁶⁵⁻¹⁶⁸⁾ Tetrasodyum pirofosfatta benzer bir etkiye sahiptir.⁽¹⁶⁹⁾ Öte yandan, ftalimido-peroksi-kaproik asit, kaproik asit ve ftalimitten türetilen sentetik bir organik peroksi asittir ve aktif oksijen salınımıyla yüksek bir oksidasyon potansiyeline sahiptir.⁽¹⁷⁰⁾

Beyazlatıcı gargaraların çeşitliliği ve kullanımı hızla artmasına rağmen, bu ürünlerin etkinliği hakkında çok az bilgi mevcuttur.⁽¹⁴⁹⁾ Dahası hidrojen peroksit içermeyen gargaraların restoratif materyaller üzerindeki etkisini gösteren geniş çaplı çalışmalar sınırlıdır.

Listerine Advanced White formülünde ağartıcı/leke çıkarıcı bileşenler olarak tetrapotasyum pirofosfat ve tetrasodyum pirofosfat içermektedir. Polipirofosfat olarak bilinen sodyum heksametafosfat ise ekstrinsik lekeleri kimyasal olarak çıkarır.^(171, 172)

2.4.Diş Hekimliğinde Renk ve Ölçüm Yöntemleri

2.4.1 Renk Notasyon Sistemleri

Renk hem öznel hem de nesnel olguları kapsayan ve kendine özgü yasalara sahip, ışığın bir tür algılanma halidir.⁽¹⁷³⁾ Bu algı kişisel değişkenler dahil olduğundan subjektif kabul edilir ve rengin ölçümüyle ilgili karşılaşılabilecek sorunlar sürpriz olmayacaktır.⁽¹⁷³⁻¹⁷⁸⁾ Rengin fiziksel halinin zihinsel (algısal) dataya çevrilmesi, yani dalga boyunun bir fonksiyonu olan yansımanın ölçülmesi amacıyla, psikofiziksel bir yöntem olan renk ölçüm bilimi (kolorimetri) geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, bu öznel olguyu nesnel olarak ölçme girişimleri için bir çalışma temeli sağlamıştır.^(173, 174, 177, 179)

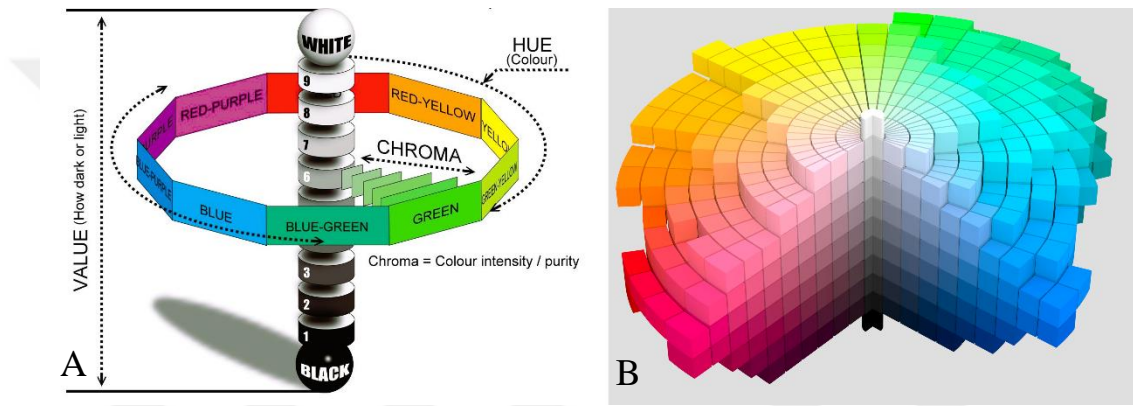
1611'de Sigfrid Forsius rengin üç farklı boyuta sahip bir bileşen olduğunu göstermiştir.^(173, 180) Bu üç boyutlu özelliği matematiksel olarak açıklamak için tasarlanmış birçok sistem ve yaklaşım denenmiştir.^(175-177, 181) Maddesel formun üç boyutlu doğası (uzunluk, genişlik ve yükseklik) anlaşılabilirse de, bu durum daha üst bir zihinsel soyutlamayı içeren renk için o kadar kolay olmamıştır.⁽¹⁷³⁾

Yirminci yüzyılın başından bu yana renklerin üç boyutlu uzaydaki yerini analitik ve sistematik olarak belirlemek için geliştirilen sistemler içinde en fazla, Munsell ve

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE- Commission internationale de l'éclairage) renk sistemleri öne çıkmıştır.⁽¹⁸²⁻¹⁸⁵⁾

Munsell Renk Sistemi

Albert H. Munsell tarafından 1905 senesinde ortaya koyulan bu renk sistemi, yapılmış olan en eski sistem olup, renkleri silindir şeklindeki (orijinali küresel olan) uzaysal bir düzlemde, koordinatlar ile ifade eder (Şekil 2.1).^(182, 186) Munsell Renk Sistemi, uygulaması nitekim daha basit ve tekrarlanabilir bir sistem olup, rengin yoğunluğu (chroma), tonu (hue) ve değeri (value), nesnelerin x, y ve z eksenlerindeki üç boyutlu haritalandırılmasına karşılık gelir (Şekil 2.2).^(182, 187)



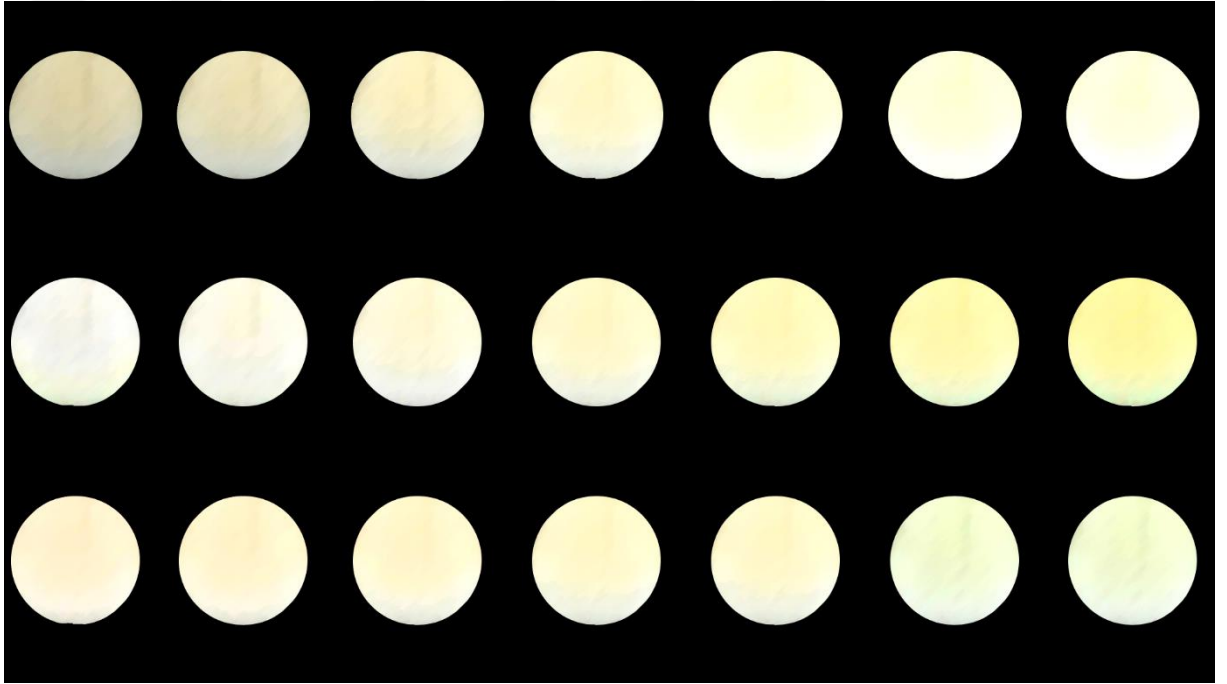
Şekil 2.1. Munsell renk sistemi A) Silindirik B) Küresel ^(188, 189)

Silindir ya da küre şeklinde tasarlanmış bu sistemde kürenin dikey eksen parlaklık (L^*) değerini gösterir ve 11 basamaktan oluşur. 0. basamak siyah, 10. basamak beyaz ve 5. basamak nötral griyi gösterir. Bu dikey eksen etrafında ise 10 basamağa ayrılmış rengin tonunu gösteren daireler bulunur.^(190, 191)

Hue; ana rengi veya renk tonunu gösterir. Renklerin birbirleriyle olan farkını gösteren esas niteliğidir. Işığın dalga boyuyla değişir. 10 ana (Mor, mavi, sarı, kırmızı, yeşil, kırmızı-mor, kırmızı-sarı, yeşil-sarı, mor-mavi, mavi-yeşil) renkten oluşur ve renklerin İngilizce baş harfleriyle ifade edilir.^(182, 192) Bu harfler, diş hekimliği pratiğinde çoğunlukla kullanımı tercih edilen Vita renk skalasında (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) A, B, C ve D harflerine karşılık gelir.⁽¹⁹³⁾ Her ana renk kendi içerisinde de 10 basamağa ayrılır ve toplamda 100 ton elde edilir.^(194, 195) Bunlar bir daire şeklinde düzenlendiğinde "Ton Çemberi"ni oluşturur.⁽¹⁹²⁾

Value; bir rengin beyazlık/siyahlık oranını ya da rengin parlaklığını gösterir. Value değeri fazla ise renk açık, az ise koyu anlamına gelir. Işık enerjisinin nesnelerin absorbanans değeriyle olan ilişkisinin bir sonucudur. Yüzeyden yansıyan ışık miktarı arttıkça value değeri de artar. Rengin parlaklığı dış rengi eşleştirme ve kıyaslama aşamasında en önemli belirteçtir.⁽¹⁸⁷⁾ Munsell sisteminde beyazdan siyaha doğru gri bir ölçek olarak tanımlanan parlaklık, 0-10 arasındaki farklı 11 değerle ifade edilir.⁽¹⁹⁶⁾ 10 değeri beyazı, 0 ise siyahı temsil eder.⁽¹⁹⁷⁾

Kroma; rengin kuvvetini veya doygunluğunu ifade eder.⁽¹⁹⁸⁾ Parlaklık ile ters orantılıdır. Vita renk skalasında numaralarla ifade edilir.⁽¹⁹³⁾ Renklerin yoğunluğu dikey eksenden uzaklaştıkça artar.^(184, 185) Kromanın daha fazla artmadığı ve sabit kaldığı noktaya, o rengin ‘‘doygunluk noktası’’ denir.⁽¹⁹⁹⁾



Şekil 2.2. Value, Chroma, Hue (satır sırasıyla)⁽²⁰⁰⁾

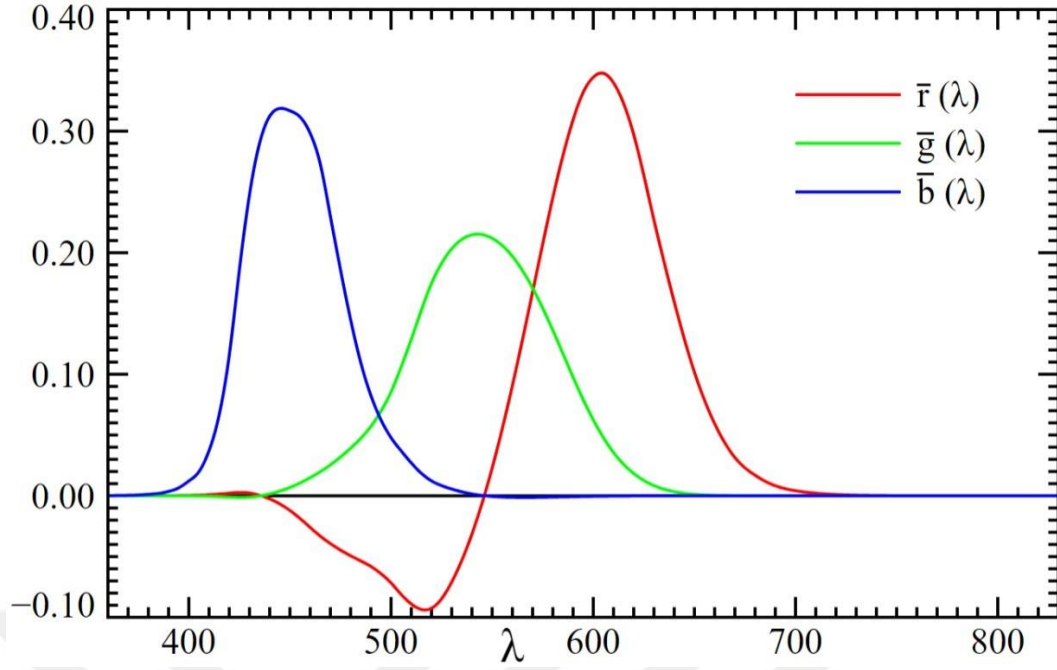
Bir rengin belirlenmesinde ilk olarak value, ardından chroma, son olarak hue değeri tespit edilir.⁽²⁰¹⁾ Munsell renk sisteminde bir renk ifade edilirken hue, value ve chroma (H V/C) sıralamasıyla, ‘‘Munsell Notasyonu’’ olarak isimlendirilen sayısal bir kodlama kullanılır.⁽²⁰²⁾ Translüsens özelliğinin ise bulunmaması, sistemin bir dezavantajı olarak görülebilir.⁽²⁰³⁾

Doğal dişlerin value değerleri L^*4 ve L^*8 arasında değişmektedir. Kroma ve Value arasında ters bir orantı mevcuttur. Yani düşük parlaklık değerlerine sahip renkler daha koyu görünmektedir. Ayrıca parlaklık, kullanılan materyalin opasitesine ve restorasyonun yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak da değişir. Yüksek value değerlerine sahip restorasyonlar daha parlak ve opak, dolayısıyla daha suni bir görünüme sahiptir ve doğal dişlerden daha kolay ayırt edilebilir. Bu nedenle çoğu araştırmaya göre, renk seçiminde ilk ve en kritik aşama value değerinin belirlenmesidir.^(182, 194)

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu Renk Sistemi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE; “Commission internationale de l'éclairage” veya “International Commission on Illumination”), Fransa’da kurulan, merkezi ise Viyana’da bulunan bir komisyondur.⁽¹⁹⁹⁾ CIE, 1913'te Uluslararası Fotometri Komisyonu'nun (Commission Internationale de Photometrie) işlevlerini devralarak, görünüm ve renk ölçümleri için çeşitli standartlar ve ölçüm prosedürleri geliştirmiştir. Işık kaynaklarını, renklerin tristimulus (three stimulus- üç uyarıcı) değerlerini ve yansıma spektrofotometreleri için geometrik analizleri standardize etmiştir.⁽²⁰⁴⁾

İnsan görme sistemi ışığın sadece 360 nm (mor)- 780 nm (kırmızı) dalga boyu aralığına (görünür ışık spektrumu) duyarlı hücrelerden oluşmaktadır.⁽²⁰⁵⁾ Tüm renkler kırmızı (700 nm), yeşil (546,1 nm) ve mavi (435,8 nm) ışınların değişen oranlarda birleşimiyle elde edilebilir.⁽¹⁹⁹⁾ Bu ışınların beyinde oluşturdukları uyarılar X (red), Y (green) ve Z (blue) harfleriyle ifade edilir. Herhangi bir rengi elde etmek için karıştırılması gereken bu x, y ve z oranlarına tristimulus değerleri denir (Şekil 2.3). Tristimulus değerleri, nesnenin yansıtma ve geçirgenlik özelliklerine, aydınlatma koşullarına ve gözlemciye bağlıdır. Tristimulus değerleri aynı olan nesnelerin, CIE standartları altında renklerinin eşleşmesi beklenir.^(200, 206)



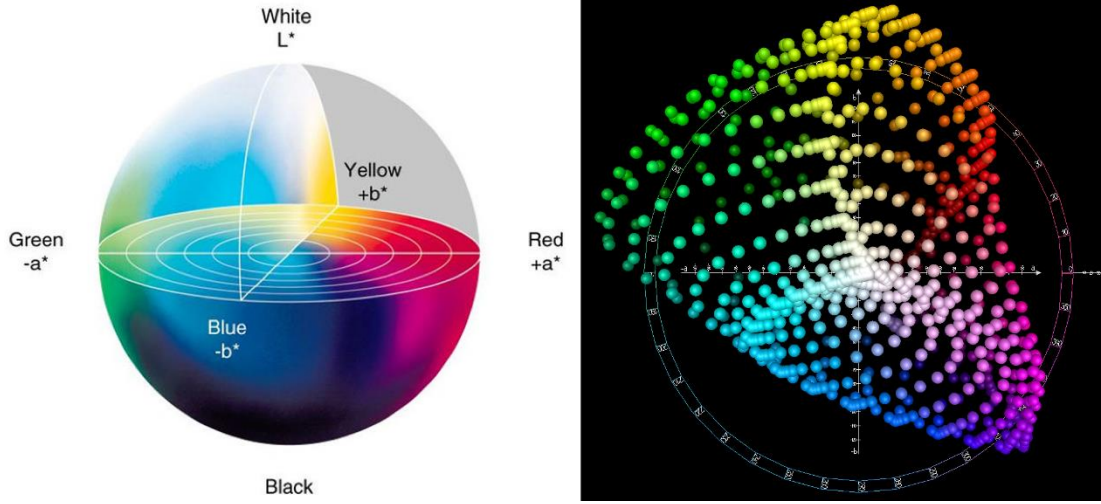
Şekil 2.3. Tristimulus Değerleri⁽²⁰⁷⁻²⁰⁹⁾

CIE'nin ilk standart gözlemci eğrisi 1931 yılında yayınlanmış ve renklerin tristimulus değerleri bu eğriden elde edilmiştir. Bu sistemin içerdiği 3 ana renge hassas sensörler aynı zamanda insan retinasında da bulunmaktadır. Her bir tristimulus değerinin ayrı ayrı toplam sinyal miktarına oranı rengi oluşturur.⁽¹⁹⁵⁾ Tüm değerlerin tamamı %100 oranında alınırsa beyaz, %0 oranında alınırsa siyah renk elde edilir.⁽²¹⁰⁾

CIE, fiziksel (geometrik) özellikleri yani yüzey dokusunu yok sayar. Bu nedenle, anlamlı sonuçlar elde etmek için aynı yüzey özelliklerine sahip bir standart ve bir örneğe sahip olmak gerekir. Rengin saflık derecesi ve baskın dalga boyu dolaylı olarak Hue ve Chroma'yı ifade etse de, direkt olarak bu parametreleri belirtmez.⁽¹⁹⁹⁾

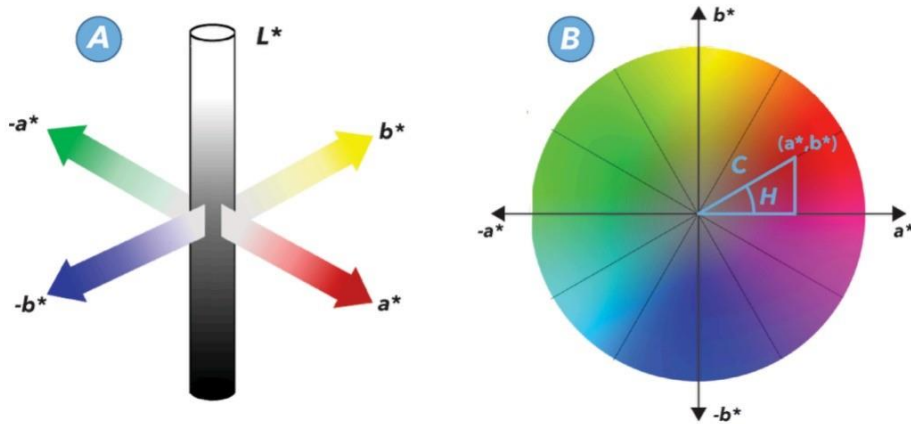
CIE L*a*b* Renk Sistemi

CIE tarafından 1976 yılında geliştirilmiş olan bu sistem, standart bir gözlemci ile insan gözünün renge verdiği psikofiziksel cevabın koordinat değerlerinin hesaplanması sonucu ortaya çıkmıştır. Renk, yine üç farklı uzamsal koordinatta gösterilir ve tüm renkler bu koordinatların oluşturduğu eksenlerin kesişim merkezi etrafında bulunan bir küre üzerinde yer alır (Şekil 2.4). CIE L*a*b* renk sisteminde renklerin L*, a* ve b* koordinatlarına göre dağılımları lineerdir, daha düzgün bir sıralama gösterir ve oluşturdukları farklı renkler arasındaki uzaklıklar eşittir. Bu nedenle renk ölçümü ve kıyaslamaları yapılırken, dış hekimliği araştırmaları ve literatürde en sık kullanılan sistemdir.⁽¹⁹⁵⁾



Şekil 2.4. CIE L*a*b* Renk Sistemi (207, 208)

L*, Munsell sistemindeki parlaklık değeri ile orantılıdır ve rengin açıklık-koyuluk veya siyah-beyaz oranını gösterir. L* koordinatları, 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişen dikey bir eksen boyunca yer alır. CIE L*a*b* sisteminde a* ve b* değerleri, Munsell sistemindeki ana renk ve doygunluk değerlerine karşılık gelir. a* ve b* koordinatları L* etrafındaki iki eksen üzerinde döner (Şekil 2.5). a* parametresi kırmızı (+) - yeşil (-); b* parametresi ise sarı (+) - mavi (-) renk skalasını gösterir.^(201, 205, 211-213) a* ve b* koordinatlarının 0 değerleri nötral renkleri (beyaz, gri) ifade ederken, bu değerlerin artması rengin daha yoğun ve doygun olmasına sebep olur.^(182, 214)



Şekil 2.5. CIELAB Renk Uzayı A) Üç boyutlu L*a*b* düzlemi, B) İki boyutlu a* b* düzlemi (C kromayı, H tonu temsil eder)⁽²¹⁵⁾

CIE L*a*b* renk sisteminin en büyük avantajı, renk farklılıklarının algılanabilir düzeyde ve klinik olarak anlamlı olmasıdır. Sistem ışık kaynaklarının standardizasyonunu sağlayarak, görsel algı sonucu doğabilecek hataları elimine eder.

CIE L*a*b* renk sisteminde renkler geometrik olarak dizildiğinden iki renk arasındaki farklılıklar matematiksel olarak hesaplanabilir. İki renk uyarımı arasındaki renk farklılığı (ΔE_{ab}^*), bu renklerin L*a*b* değerlerinin, ilgili formül kullanılarak hesaplanması ile elde edilmektedir.⁽²¹⁶⁾

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Prensipite, bir materyalin rengi tamamen stabil kaldıysa, test sonuçları hesaplandıktan sonra hiçbir renk farkı saptanmayacaktır ($\Delta E_{ab}^*=0$). ΔE_{ab}^* değeri arttıkça, renk farklılığı da belirginleşerek gözle algılanabilir seviyeye çıkar. Yapılan çalışmalara göre klinik olarak algılanabilir ΔE_{ab}^* eşik değeri tam olarak netleşmese de, genel olarak insan gözünün 1.5'ten küçük ΔE_{ab}^* değerlerini algılayamadığı kabul edilir.⁽³⁹⁾

Çalışmamızda algılanabilir ΔE_{ab}^* değeri 1,2; klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri 2,7 olarak belirlenmiştir.^(217, 218)

CIEDE2000 sisteminde ise algılanabilir eşik değerleri (PT) $\Delta E_{00} \leq 0,8$ ve kabul edilebilir eşik değeri (AT) $\Delta E_{00} \leq 1,8$ olarak hesaplanmıştır.⁽²¹⁹⁾

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c'}{k_c S_c}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \cdot \frac{\Delta c'}{k_c S_c} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}}$$

2.4.2 Renk Ölçüm Yöntemleri

Renk değişikliği görsel veya enstrümantal tekniklerle değerlendirilebilir. Görsel karşılaştırma ile renk değerlendirmesi, farklı gözlemciler için, hatta farklı zamanlarda aynı gözlemci için bile, renk algısı ve ifade tarzındaki tutarsızlıklar nedeniyle güvenilir bir yöntem değildir. Renk ölçümü için enstrümantal teknikler arasında kolorimetri, spektrofotometri ve dijital görüntü analizi yer almakta olup, spektrofotometrinin dental materyal çalışmalarında güvenilir bir teknik olduğu bildirilmiştir.^(39, 220)

Görsel Renk Ölçümü

Kullanımı hala yaygın olarak tercih edilen bu geleneksel teknik, bir nesnenin, standartlaştırılmış başka bir nesne ile (Renk skalaları vb.) karşılaştırılması olup, en eski yöntemdir (Şekil 2.6).⁽¹⁹⁹⁾



Şekil 2.6. VİTA toothguide 3D Master skalası.^(221, 222)

Renk algısı, ışık enerjisine karşı psikofizyolojik ve subjektif bir yanıttır.⁽²²³⁾ Yalnızca retinaya düşen ışınların spektral bileşimine bağlı değildir.^(224, 225) Görsel renk ölçüm yöntemiyle yapılan renk seçimlerinin tutarlılığını etkileyebilecek pek çok kontrolsüz faktör sonucu, renk algısında değişiklikler meydana gelebilir.^(173, 174, 214, 226-228) Görsel renk seçimini etkileyen faktörler subjektif, çevresel ve referansla ilgili sorunlar olarak üç ana başlıkta incelenebilir.⁽²²⁹⁾ Bunlar;

- Işık kaynağının şiddeti, spektrum aralığı, maruziyet süresi ya da ortamın değişmesi (metamerizm)
- Gözlemciye ait yaş, cinsiyet, tecrübe, yorgunluk gibi bireysel faktörler
- Renk skalasının materyali ve yeterliliği.^(230, 231)

Cihaz Kullanılarak Yapılan Renk Ölçümü

Renk ölçümünde cihaz kullanmanın en büyük avantajı objektif sonuçlar elde edilebilmesidir.⁽²³²⁾ Günümüzde bu amaçla tercih edilen araçlar; kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve dijital kameralardır (Tablo 2.4).^(183, 224, 233)

Tablo 2.4. Diş hekimliğinde kullanılan farklı renk ölçüm cihazları arasındaki karşılaştırması⁽²⁰⁰⁾

Cihaz	Spektral Veri	Kalorimetrik Veri	Uzamsal Veri	Kontakt Ölçüm	Spesifikasyon
Spektroradyometre	Var	Var	Yok	Yok	Uygun kalibrasyonla spektral yansımayı (ve dolayısıyla CIE XYZ ve CEILAB değerlerini) hesaplamak için kullanılabilen spektral parlaklığı ölçer.
Kalorimetre	Yok	Var	Yok	Var	CIE XYZ'yi ölçer ve CIELAB renk koordinatlarını hesaplayabilir.
Spektrofotometre	Var	Var	Yok	Var	Spektral yansıtma faktörlerini (ve dolayısıyla CIE XYZ ve CIELAB değerlerini) ölçer
Dijital Kamera	Yok	Var	Var	Yok	RGB (Red, Green, Blue) değerlerini kaydeder ve bunlar yaklaşık CIE XYZ değerlerine dönüştürülebilir. Spektral veriler zorlukla tahmin edilebilir.

Tablo 2.4.'teki cihazların dördü de CIE XYZ değerlerini gösterebilirler. Bu değerler sayısal olarak ifade edilebilir, yorumlanabilir ve farklı sonuçlar birbiriyle kıyaslanabilir.⁽¹⁹⁸⁾

CIE XYZ sistemi bir kolorimetri sistemidir, oysa birçok araştırmacı CIE L*a*b* veya CIELAB sistemine daha aşınadır. CIELAB sistemi, lineer XYZ sisteminin üç boyutlu hale dönüştürülmüş şeklidir.⁽²⁰⁰⁾

Cihaz kullanılarak yapılan renk ölçümleri bireysel, çevre ve aydınlatma koşullarından etkilenmez. Elde edilen sonuçlar tekrarlanabilir, matematiksel olarak hesaplanabilir ve aktarılabilir. Dezavantajları ise maliyetli olması, doğru kullanım için deneyim gerektirmesi ve düzenli aralıklarla kalibrasyon ve bakım yaptırılması zorunluluğudur.^(183, 224)

Kolorimetre

Kolorimetre cihazları standartlaştırılmış bir renk kalibrasyonundan faydalanarak, rengi belirlenmek istenen maddenin renk verilerini analiz eder.⁽²⁰³⁾ Sabit bir görme açısı ve ışık kaynağı altında üç adet geniş bant filtre kullanarak yansıyan ışık miktarını ölçer.⁽²⁰⁰⁾ Bu filtreler insan gözünü taklit edebilir ve CIE L*a*b* sistemine göre renk tespiti yapabilir.⁽²³⁴⁾ Cihaz içerisindeki algılayıcı, renkli görmeyi sağlayan koni hücrelerine benzer sensörler içermektedir.⁽²³⁵⁾

Kolorimetrelerin kullanımları, diğer cihazlara göre (spektrometre ve spektrofotometrelere) daha kolay ve daha az maliyetlidir. Ancak aletin filtrelerinin zamanla eskimesine bağlı olarak tutarlılığı, sürekliliği ve CIE renk sistemine uyumlu sonuç verme olasılığı zayıflar. Kolorimetreler daha çok düz yüzeylerden ölçüm yapabilmek için tasarlanmış olduklarından klinik kullanıma tam olarak uygun değillerdir. Ayrıca yarı saydam materyallerin renklerinin belirlenmesinde, ışığın kırılarak dağılmasından dolayı güvenilir olmayan sonuçlar elde edilebilir. Örneğin, gerçek diş ile aynı renkte bir restorasyonun kolorimetrik sonuçlarında farklılık görülebilir. Bu duruma "edge loss" adı verilmektedir ve yansıyan ışığın kolorimetreye tam olarak ulaşamadığı durumlarda görülür.^(235, 236)

Spektrofotometre

Spektrofotometreler, diş hekimliğinde renk eşleştirme için en doğru ve kullanışlı cihazlardır.⁽²³⁷⁾ Sproull tarafından 1973 senesinde doğal dişin sahip olduğu renk aralığının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir.⁽²³⁸⁾ Görünen ışık spektrumunda, 1-25 nm aralıklarla yansıyan ışık enerjisinin miktarını ölçmektedirler.^(228, 233, 239, 240) Elde edilen veriler renk skalasındaki eşdeğerlerine dönüştürülür.⁽²⁴¹⁾ Geleneksel tekniklerle

karşılaştırıldığında, doğruluk oranında %33'lük bir artış ve vakaların %93,3'ünde daha objektif bir eşleşme sağladığı görülmüştür.⁽²⁴²⁾ Bu cihazlarla doğru bir yanıt alınabilmesinin sebebi, renk tespitini insan gözünün kavrayabildiği tüm dalga boylarındaki (380-720 nm aralığı) ışığın tamamını toplayarak gerçekleştiriyor olmasıdır.⁽¹⁷⁵⁾ Bir prizma, spektrofotometre içindeki tungsten filaman bir ampülden çıkan beyaz ışığı, 10 ve 20 nm'lik dalga boyu bantlarındaki bir spektrumda iletir. Görsel spektrumdaki her dalga boyu için örnekten yansıyan ışığın miktarı ölçülür.⁽¹⁸³⁾

Spektrofotometreler, temel olarak kararlı bir ışık kaynağı içermeleriyle spektrometrelerden ayrılırlar. Metamerizmi ayırt edebilirler ve birden fazla dalga boyunda ölçüm yapabilmeleri sonucunda insan gözünün tespit edemeyeceği renkleri dahi algılayabilirler. Bu nedenle kolorimetrelerden daha çok tercih edilirler. Vita Easyshade (VITA Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Almanya) spektrofotometreler arasında yapılan çalışmalarda, tekrarlanan renk ölçümlerinde güvenilir sonuçlar vermiştir. Witkowski ve ark.⁽²⁴³⁾'nın 2012 yılında yaptıkları çalışmada, farklı ışık kaynakları ve gözlemci kullanıldığı durumlarda bile tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Klinik çalışmalar ve dental araştırmalarda kullanılan spektrofotometrelerin pek çoğu; pahalı ve karmaşık olmaları gibi dezavantajlara sahiptir. Ayrıca, dental spektrofotometrelerde ışık dış yüzeyinden tek bir açıyla verilebilmektedir.⁽¹⁸³⁾

Spektrometreler

Spektrometreler, parlaklık ve ışınım gibi radyometrik değerlerin ölçümünde kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Aydınlatıcı ışık, alet ve nesne arasında açıklık olmadığı ve renk belli bir mesafeden ölçüldüğü için, "edge loss" ve kavisli yüzeyin olumsuz etkilerinden kaçınılmış olur (Şekil 2.13). Optik ölçümün yapılması sırasında konumlandırmadaki küçük bir değişiklik hatalı ölçüme neden olabilir.^(244, 245)

Dijital Kameralar ve Görüntü Sistemleri

Optik ölçümlerde dijital cihazlar öne çıkmaktadır. Bu sistemde objenin renginin tek bir noktadan ölçülmesi yerine objenin tamamına ait görüntüsü ölçülebilir. Bu sistemin teknolojisi, kolorimetrik ve multispektral olarak iki açıdan ele alınmaktadır. Kullanıcıların fotoğraf metodolojisi ve bilgisayar teknolojisindeki becerilerini geliştirmesiyle beraber bu yöntem, renk ölçümü açısından son derece basit ve

kullanılışlıdır. X, Y, Z tristimulus değęerlerinin hesaplanması gibi, kamerada da RGB (kırmızı, yeşil ve mavi) değęerleri bir formül ile hesaplanır. Kameranın optik algılayıcıları CIE'nin standart algılayıcıları ile aynı hassasiyette olmadıklarından kameranın RGB değęerleri, CIE'nin XYZ değęerleri ile eşleşmez. Renk ölçümü için bu değęerlerin "kamera karakterizasyonu" denen bir yöntem ile eşleştirilmesi gerekmektedir.^(183, 246) Yapılan ölçümler sonucunda, klinik ve laboratuvar arasında kolay bağlantı sağlanması açısından önemlidir. Geleneksel renk skalalarıyla beraber alınan fotoğraflar, bu bağlantıyı daha da arttırmakta ve dışın translusensi, opasite ve yüzey özellikleri hakkında da bilgi vermektedir.

Dijital kameraların kullanımını tek başına tercih edildiğı takdirde renk tespiti için güvenilir bir seçenek olmayabilir.⁽²¹⁰⁾ Kamera rengi belirlerken, fotografik görüntülerin kaydı sırasında kullanılan açı ve aydınlatma koşullarından etkilenir.⁽²⁴⁷⁾ Dahası belli bir dereceye kadar, yine insan gözüyle sübjektif bir değęerlendirme gerektirir.^(229, 248)

Çalışmanın sıfır hipotezleri aşağıda listelenmiştir:

1. Farklı gıda boyalarının kompozit rezinlerin renk stabiliteleri üzerindeki etkileri, test edilen kompozitler arasında farklılık göstermez.
2. Farklı gıda boyalarının kompozit rezinlerin renk stabiliteleri üzerindeki etkileri, boyalar arasında farklılık göstermez.
3. Gıda boyaları ile renklendirilmiş kompozit rezinlerin renk stabiliteleri, beyazlatıcı ağız çalkalama suyu ile muameleden etkilenmez.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu in vitro tez çalışmasının tüm hazırlık ve deney aşamaları Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Farklı inorganik doldurucu ve viskoziteye sahip, ışıkla sertleşen altı kompozit rezin, beş farklı renkte gıda boyası ve bir adet florürlü beyazlatıcı ağız çalkalama suyu kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin renk değişim değerleri bir spektrometreyle ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar CIE L*a*b* renk sistemine göre hesaplanmıştır.

3.1 Materyal Seçimi

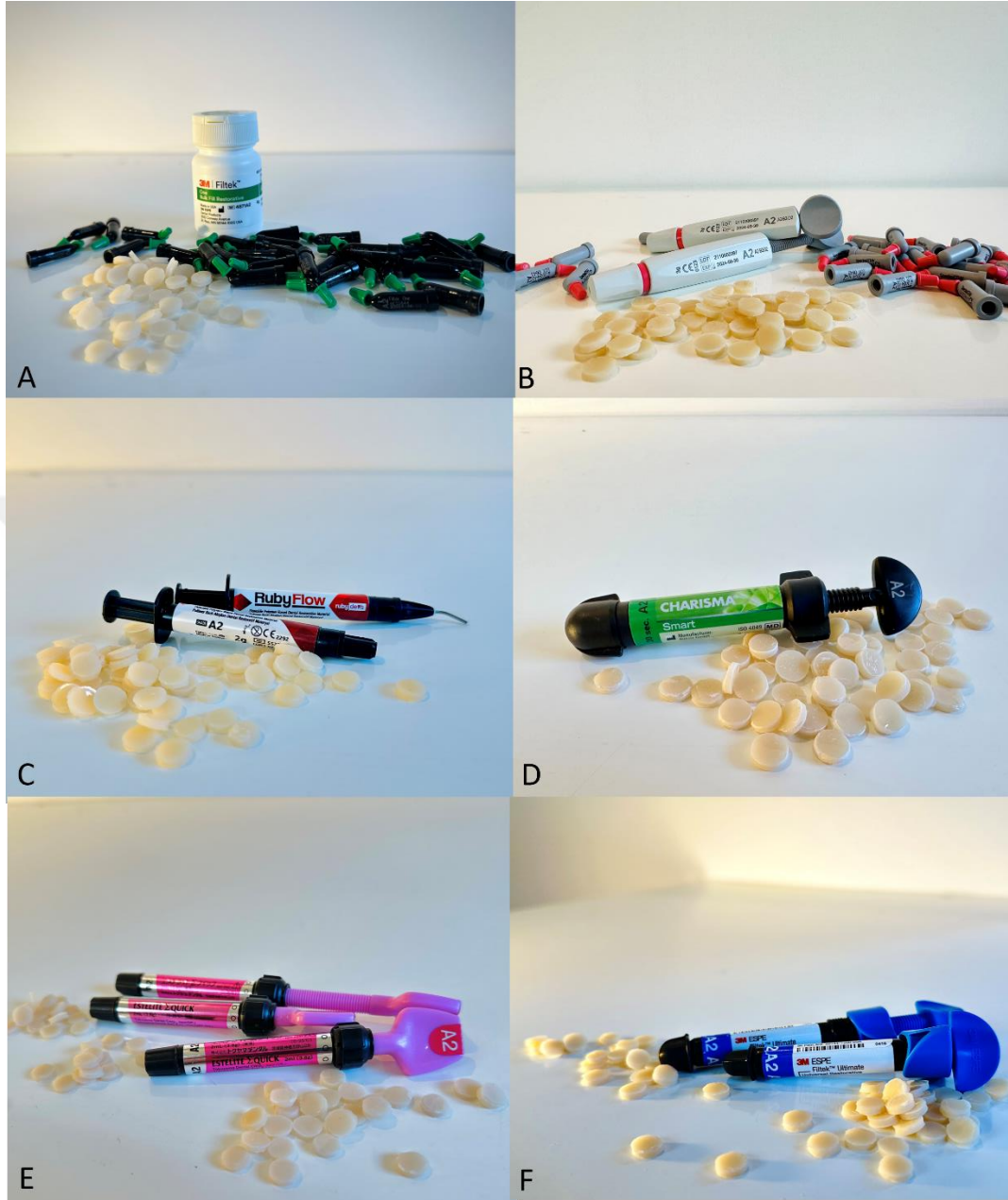
Bu in-vitro çalışma için altı adet farklı boyutlarda inorganik doldurucu içeriğine ve farklı rezin matris yapısına sahip A2 renğinde rezin kompozit; RubyFlow (Ruby Dent, İstanbul, Türkiye), Charisma Smart (Kulzer GmbH, Hanau, Almanya), Estelite Σ Quick (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), Filtek One Bulkfill Restorative (3M ESPE, Minnesota, ABD), Filtek Ultimate Universal Restorative (3M ESPE, Minnesota, ABD) ve Spectra ST HV (Dentsply Sirona, Konstans, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.1). Kullanılan tüm rezin kompozitler ve özellikleri Tablo3.1 de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kompozitler ve özellikleri

Materyal	Tip	Doldurucu Boyutu	Doldurucu Yüzdesi (wt.%/vol.%)	İçerik	Lot No	Özellik	Üretici Firma
RubyFlow	Mikrohibrit	0,02-0,7 µm Baryum cam, nanosilika	– %62wt	Bis-GMA, TEGDMA	RFA270	Akıcı	Ruby Dent, İstanbul, Türkiye
Charisma Smart	Submikrohibrit	0,005-10 µm Baryum alüminyum boroflor silikat cam	%78wt. / %59 vol.	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Kamforokinon	M010538	Mikroglase (Baryum alüminyum boroflor silikat cam), Renk sabitleme teknolojisi	Kulzer GmbH, Hanau, Almanya)
Estelite Σ Quick	Supra-nanofil	0,2 µm küresel submikron silika-zirkonya, kompozit doldurucu	%82wt. / %71 vol.	Bis-GMA, TEGDMA, UDMA, Kamforokinon, RAP	E8662	Radikal güçlendirilmiş fotopolimerizasyon başlatıcı teknolojisi (RAP-Radical Amplified Photopolymerization initiator technology)	Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya)

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kompozitler ve özellikleri ‘devam’

One Bulk Fill Restorative	Nanofil (Bulk Fill)	<p>20nm silika,</p> <p>4-11nm zirkonya,</p> <p>4-20nm zirkonya/ silika nanocluster</p> <p>100nm iterbiyum triflorid(YbF3)</p>	<p>%76.5wt. /%58.5 vol.</p>	<p>AUDMA, AFM, diüretan-DMA, DDDMA (1,12-Dodekanediol dimetakrilat)</p>	<p>NE55682</p>	<p>AFM (ek fragmantasyon monomerleri): polimerizasyon stresi</p> <p>AUDMA: stresi ve polimerizasyon büzülmesi</p>	<p>3M ESPE, Minnesota, ABD)</p>
Ultimate Universal Restorative	Nanofil	<p>20nm silika,</p> <p>4 -11nm zirkonya,</p> <p>0.6-10 µm zirkonya/ silika nanocluster</p>	<p>%78,5wt. / %63.3vol.</p>	<p>Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, PEGDMA, Bis-EMA</p>	<p>NE14463</p>	<p>3M’in TRUE nanoteknoloji sistemi: arttırılmış doldurucu içeriği</p>	<p>3M ESPE, Minnesota, ABD)</p>
Spectra STHV (SphereTEC® High Viscosity)	Nanohibrit seramik	<p>Küresel, 15 µm PPRD partiküller, Baryum alüminyum borosilikat cam, iterbiyum florür</p>	<p>%78-80wt. / %60-62vol.</p>	<p>Polisiloksan metakrilat dimetakrilat,</p> <p>Bis(4-metil-fenil) idoniyum heksaflorofosfat,</p> <p>Etil-4 (dimetilamino) benzoat, UV stabilize edici, Kamforkinon</p>	<p>0643</p>	<p>SphereTEC® küresel, granüle edilmiş dolgu teknolojisi (submikron Pre-Polimerize Rezine Doldurucu cam partiküller)</p>	<p>Dentsply Sirona, Konstans, Almanya)</p>



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan rezin kompozitler: A) Filtek One Bulkfill Restorative B) Spectra STHV C) RubyFlow D)Charisma Smart E) Filtek Ultimate Universal Restorative F) Estelite Σ Quick

Renklendirici olarak gıda, ilaç ve kozmetik sanayinde en çok kullanılan ve bireysel tüketicilerin kullanımına izin verilen beş adet suda çözünür sentetik gıda boyası; Tartrazin (E102), Sunset Yellow (E110), Brilliant blue (E133), Ponceau 4R (E124) ve Azorubin (Karmosin) (E122) seçilmiştir (Parti/Seri No. GR1900). (KRK Gıda, Karakaş Boya, Baharat, Kimyevi Maddeler San. ve Tic. Ltd. Şti. Sultanbeyli / İstanbul) (Şekil 3.2). Kullanılan gıda boyalarının özellikleri Tablo 3.2' de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan gıda boyaları ve özellikleri.⁽⁷⁷⁾

<i>Gıda Boyası</i>	<i>E Kodu (AB)</i>	<i>FD&C (U.S.)</i>	<i>C.I.</i>	<i>Rengi</i>	<i>Grubu</i>	<i>Kullanım Yeri</i>	<i>ADI</i>
<i>Tartrazin</i>	E102	Yellow 5	19140	Limon sarı	Monoazo	Konfeksiyon, ilaç, gıda, kozmetik,	7,5 mg/kg
<i>Sunset Yellow</i>	E110	Yellow 6	15985	Turuncu	Monoazo	Gıda, prezervatif, kozmetik, ilaç	2,5 mg/kg
<i>Brilliant Blue</i>	E133	Blue No:1	42090	Mavi	Trifenilmeta n	Gıda, ilaç, diyet takviyesi, kozmetik	10 mg/kg
<i>Ponceau 4R</i>	E124	-	16255	Çilek Kırmızı	Monoazo	Gıda	0,7 mg/kg
<i>Karmosin</i>	E122	Red No. 10	14720	Koyu Kırmızı	Monoazo	Peynir, kuru meyve gibi sınırlı gıdalar, alkollü içecekler, ilaç	4 mg/kg



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan gıda boya ları A) Azurobin (Karmosin) B) Brilliant Blue C) Ponceau 4R D) Sunset Yellow E) Tartrazin

Beyazlatıcı ağız çalkalama suyu olarak Listerin Advanced White (Johnson& Johnson, Pomezia, İtalya) ağız bakım ürünü kullanılmıştır. (Şekil 3.3). Kullanılan çalkama suyunun özellikleri ve kullanım protokolü Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Kullanılan ağız çalkama suyunun özellikleri

Ürün	Üretici firma	İçerik	Sınıfı	Kullanım şekli
Listerin Advanced White	Johnson & Johnson, Pomezia, Italy	Aqua, Sorbitol, Tetrapotassium Pyrophosphate, Pentasodium Triphosphate, Citric Acid, Poloxamer 407, Aroma, Sodium Methyl Cocoyl Taurate, Caprylyl Glycol, Eucalyptol, Thymol, Menthol, Sodium Saccharin, Sucralose, Sodium Fluoride (220ppm F ⁻)	Mouth rinse	Günde 2 kere 60 sn 10 ml (5 ml'lik 2 tatlı kaşığı)

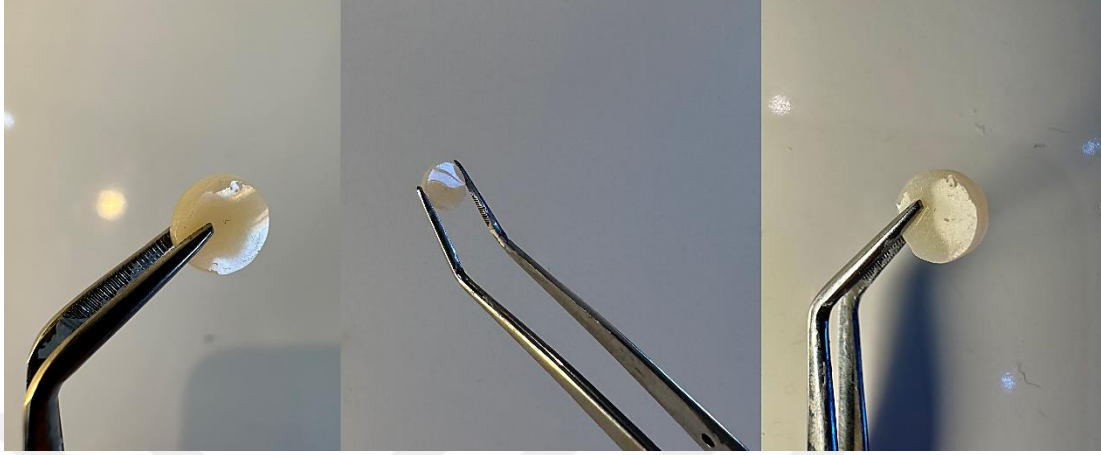


Şekil 3.3. Listerin Advanced White

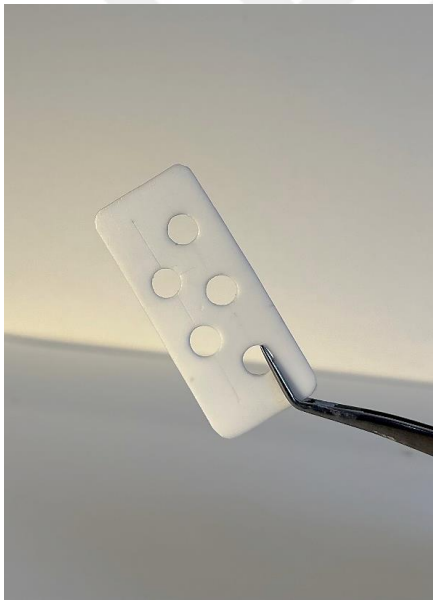
3.2 Örneklerin Hazırlanması

Önsel bir güç analizi, $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde istenen %95 güce ulaşmak için minimum $N=288$ örnek sayısının gerekli olduğunu gösterdi ($f = 0,15$). Her bir renk tonu için 10 ($n=10$) ve kontrol grubu için 10'ar adet olmak üzere, her kompozit rezin için 60, toplamda 360 ($N=360$) adet 7mm çap ve 2mm kalınlığa sahip disk şeklinde

örnek hazırlandı. (Şekil 3.4) Disk çapı, ölçüm cihazının okuma açıklığı boyutunu (5mm) 1mm aşacak şekilde, teflon/politetrafloroetilen (PTFE) kalıp kullanılarak hazırlandı. (Şekil 3.5)

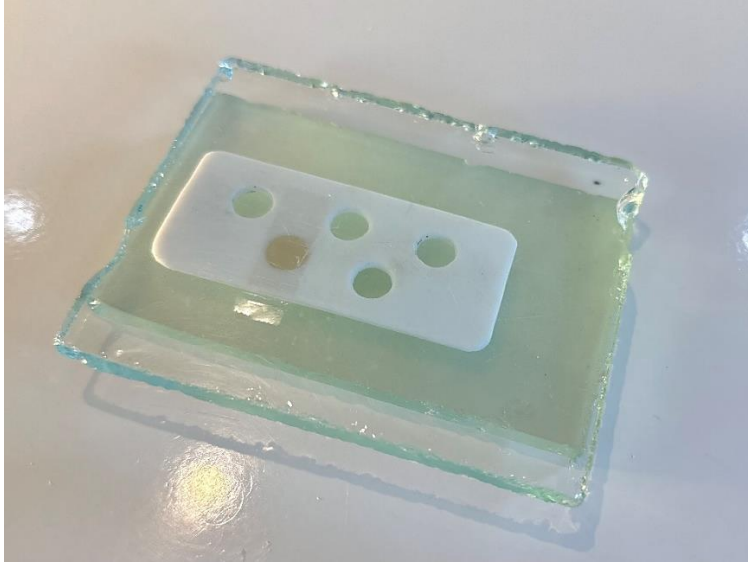


Şekil 3.4. Hazırlanan disk şeklinde örnekler (2 mm kalınlık x 7 mm çap)



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan teflon kalıp

Örnekler hazırlanırken Teflon kalıbın altına bir cam ve şeffaf bant (Mylar Tip D, DuPont, DE, ABD) yerleştirildi. Ardından teflon kalıp boşluk kalmamasına dikkat edilerek resin kompozit ile dolduruldu ve üst yüzeyine yine bir şeffaf bant ve bir cam levha yerleştirildi. Fazla materyal, cam levha üzerine basınç uygulanarak uzaklaştırıldı. (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Örneklerin hazırlanması

Tüm örnekler üreticilerinin önerileri doğrultusunda LED ışık cihazı kullanılarak standart güç modunda (1000 mW/cm², 20 sn) 20 saniye süreyle her iki yüzeyinden polimerize edildi (Valo, Ultradent, South Jordan, UT, ABD). Her kullanımdan önce ışık cihazı tam şarjda tutuldu ve ışınım bir radyometre (SDS Kerr, Orange, CA, ABD) ile kontrol edildi. Işık cihazının başlığı, kürlenme esnasında numune yüzeyine olan mesafeyi standardize etmek için cam levha ile doğrudan temas haline tutuldu. (Şekil 3.7)



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan ışık cihazı ve örneklerin kürlenmesi

Örnekler hazırlandıktan sonra 24 saat oda sıcaklığında distile suda (pH= 7.27) bekletildi. (Şekil 3.8) Daha sonra kontrol grubu dışında hazırlanan örnekler gıda boyalarına, kontrol grubu ise tekrar distile suya daldırıldı.



Şekil 3.8. Örneklerin distile suda bekletilmesi

Boya solüsyonları hazırlanırken standardizasyonu sağlamak için alkolsüz içeceklerde izin verilen maksimum doz (50mg/L) değeri baz alındı. Toz halindeki boyalar hassas terazi (Shimadzu AP225WD Yarı-Mikro Terazi, Shimadzu Corporation, Kyoto / Japonya) ile ölçüldü. (Şekil 3.9). 500ml suya 25mg toz ilave edilerek 5 adet solüsyon hazırlandı. (Şekil 3.10)



Şekil 3.9. Kullanılacak boya miktarlarının hassas terazide ölçülmesi



Şekil 3.10. Gıda boyalarıyla hazırlanan renklendirici solüsyonlar

3.3. Örneklerin Gruplandırılması ve Çalışmanın Yapılması

3.3.1 Renklendirme protokolü

Çalışmada toplam 360 adet (N:360) örnek elde edildi. Örnekler 5 boya ve bir kontrol grubu olacak şekilde altıya gruba ayrıldı (n=10). Toplamda 36 adet grup oluşturuldu. (Tablo 3.4)

Tablo 3.4. Test edilen gruplar

	Tartrazin	Sunset Yellow	Brilliant Blue	Ponceau 4R	Karmosin	Kontrol
RubyFlow	T-RBF	S-RBF	B-RBF	P-RBF	K-RBF	Ko-RBF
Charisma Smart	T-CHR	S-CHR	B-CHR	P-CHR	K-CHR	Ko-CHR
Estelite Quick Σ	T-EST	S-EST	B-EST	P-EST	K-EST	Ko-EST
One Bulkfill Restorative	T-OBF	S-OBF	B-OBF	P-OBF	K-OBF	Ko-OBF
Ultimate Universal Restorative	T-ULT	S-ULT	B-ULT	P-ULT	K-ULT	Ko-ULT
Spectra ST	T-SPC	S-SPC	B-SPC	P-SPC	K-SPC	Ko-SPC

Kontrol grubu 1 hafta (7 gün) distile (pH= 7.27) suda bekletildikten sonra, kurularak bir spektrofotometre (Vita Easyshade, VITA Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Almanya) ile başlangıç renk değerleri standart siyah bir zemin üzerinde ölçüldü (T0). (Şekil 3.11)



Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı

Kontrol grubu dışındaki kompozit örnekler farklı gıda boyası solüsyonlarına daldırılarak bir hafta (7gün) boyunca bekletildi (Şekil 3.12). Boya solüsyonları günlük periyotlarda düzenli olarak değiştirildi. Yedi gün sonunda 300 adet örnek akan su altında 60 sn. boyunca durulandı. Örnekler kurularak spektrofotometre ile renk değişim değerleri L^* , a^* ve b^* koordinatlarına göre ölçüldü. Her grubun ortalama ve ΔE değerleri hesaplandı (T1). (Şekil 3.13)



Şekil 3.12. Gıda boyalarında bekletilen kompozit örnekler



Şekil 3.13 Kompozit örneklerin renk ölçümlerinin yapılması

3.3.2 Beyazlatma protokolü

36 grup bir hafta (7gün) gün boyunca Listerin Advanced White ağız çalkalama suyunda bekletildi. Beyazlatıcı ağız gargarası her gün düzenli olarak değiştirildi. Bir hafta sonra örnekler akan su altında 60 sn durulandı ve kurulandı. Ölçümler spektrofotometre ile yapılarak (T2) tüm grupların renk değişim değerleri hesaplandı.

3.4. Renk Ölçümlerinin Yapılması

Boyama ve beyazlatma işlemlerinden sonra tüm örneklerin başlangıç (T0), renklenme (T1) ve beyazlama (T2) renk parametreleri bir spektrofotometre (Vita Easysshade, VITA Zahnfabrik GmbH, Bad Sackingen, Almanya) kullanılarak kaydedildi. Başlangıç ölçümü yapılmadan önce tüm gruplar distile suda oda sıcaklığında 24 saat bekletildi. Her ölçüm öncesi cihaz kalibre edildi.

Spektrofotometrenin ölçüm ağızı örnekleri tam ortalayacak şekilde konumlandırıldı. Her bir örnek için bir kez ölçüm yapıldı ve her grubun (n=10) ortalaması alındı. Renk değişikliklerini belirlemek için L^* , a^* ve b^* parametrelerinin ortalama değerleri CIELAB ve CIEDE2000 formülü kullanılarak belirlendi.⁽²⁴⁹⁾ K_L , K_C ve K_H parametrik değerleri 1 olarak ayarlandı.⁽²⁵⁰⁾ CIELAB sistemi için algılanabilir/gözlemlenebilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \geq 1,2$; klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \leq 2,7$ olarak alındı.^(217, 218) CIEDE2000 sisteminde ise algılanabilir eşik değeri $\Delta E_{00} \geq 0,8$; kabul edilebilir eşik değeri $\Delta E_{00} \leq 1,8$ olarak alındı.⁽²¹⁹⁾

Ön dişlerdeki restorasyonlar klinik olarak siyah arka plan konfigürasyonuna daha yakın olduğu için, ölçümler siyah arka plan üzerinde, aynı aydınlatma koşulları altında yapıldı.⁽²⁵¹⁾ Tüm çalışma, işlemler arasında farklılık oluşmaması ve standardizasyonu sağlamak amacıyla tek araştırmacı tarafından yapıldı.

3.5 İstatistiksel Analiz ve Örneklem Büyüklüğü

Çalışmamızda örneklem büyüklüğünün belirlenmesi amacıyla G*power programı kullanıldı(G*Power 3.1.7, Kiel Üniversitesi, Almanya).⁽²⁵²⁾ Verileri analizleri Jamovi Software version 2. 3.28.0 (The Jamovi project, New Castle, New South Wales, Avustralya) ile yapıldı.⁽²⁵³⁾ Veri dağılımı Skewness ve Kurtosis testleri ile değerlendirildi. Veriler, Tekrarlı varyans analizi (repeated measures ANOVA) ile analiz edildi. Tukey's post-hoc testi ile çoklu karşılaştırmalar yapıldı. Tüm analizler için istatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlendi.

4.BULGULAR

4.1. Renk Ölçüm Sonuçları

Tüm örneklerin başlangıç (T0), renklendirme (T1), ve beyazlatma (T2) prosedürleri sonucu elde edilen CIELAB renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) bir spektrofotometre cihazı ile kaydedilerek, 3 farklı zamanda yapılan ölçümler arasındaki renk değişim değerleri ΔE_{ab} ve ΔE_{00} formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

4.1.1. CIELAB Formülü ile Hesaplanan Renk Değişim Değerleri

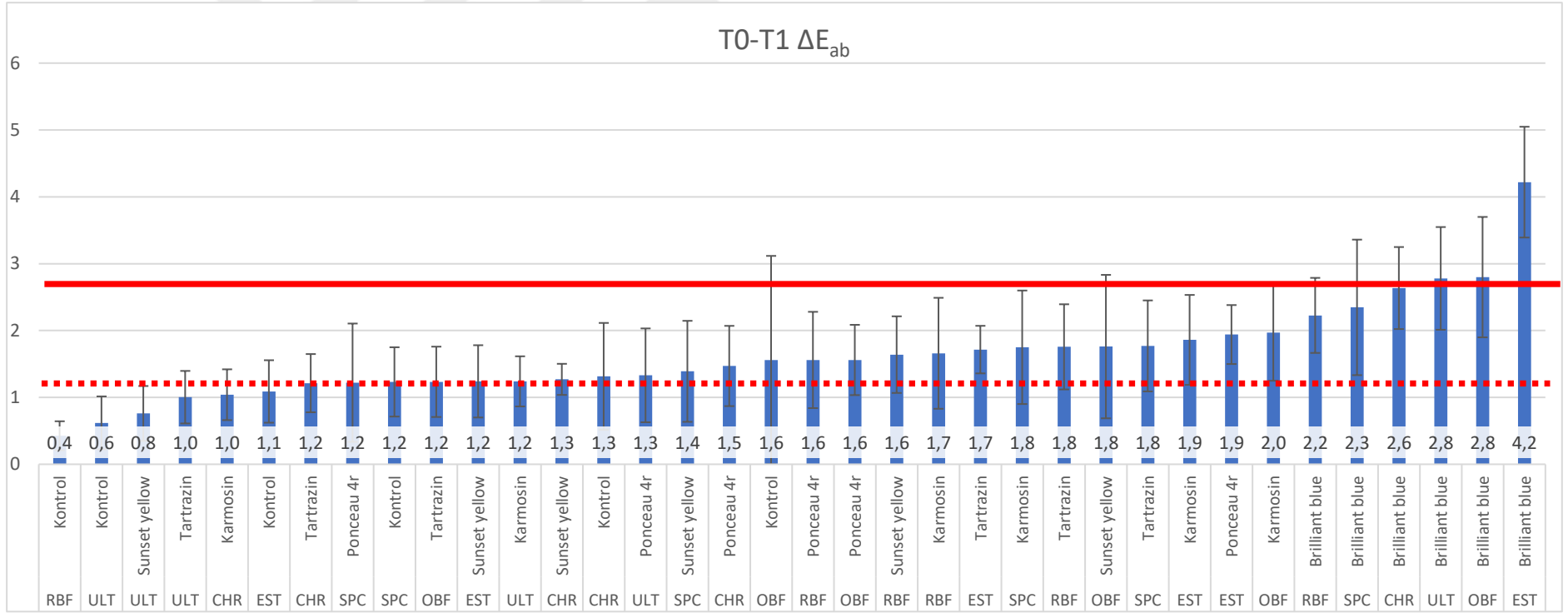
Tüm örneklerin T0 ve T1 zaman aralığındaki ortalama renk değişim değerleri (ΔE_{ab}) Şekil 4.1.'de gösterilmektedir. Algılanabilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \geq 1,2$; kabul edilebilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \leq 2,7$ olarak belirlenmiştir.

Renklendirme prosedürü (T1) sonrası tüm örneklerde çeşitli derecelerde renk değişimleri tespit edilmiştir ($\Delta E_{ab} > 0$).

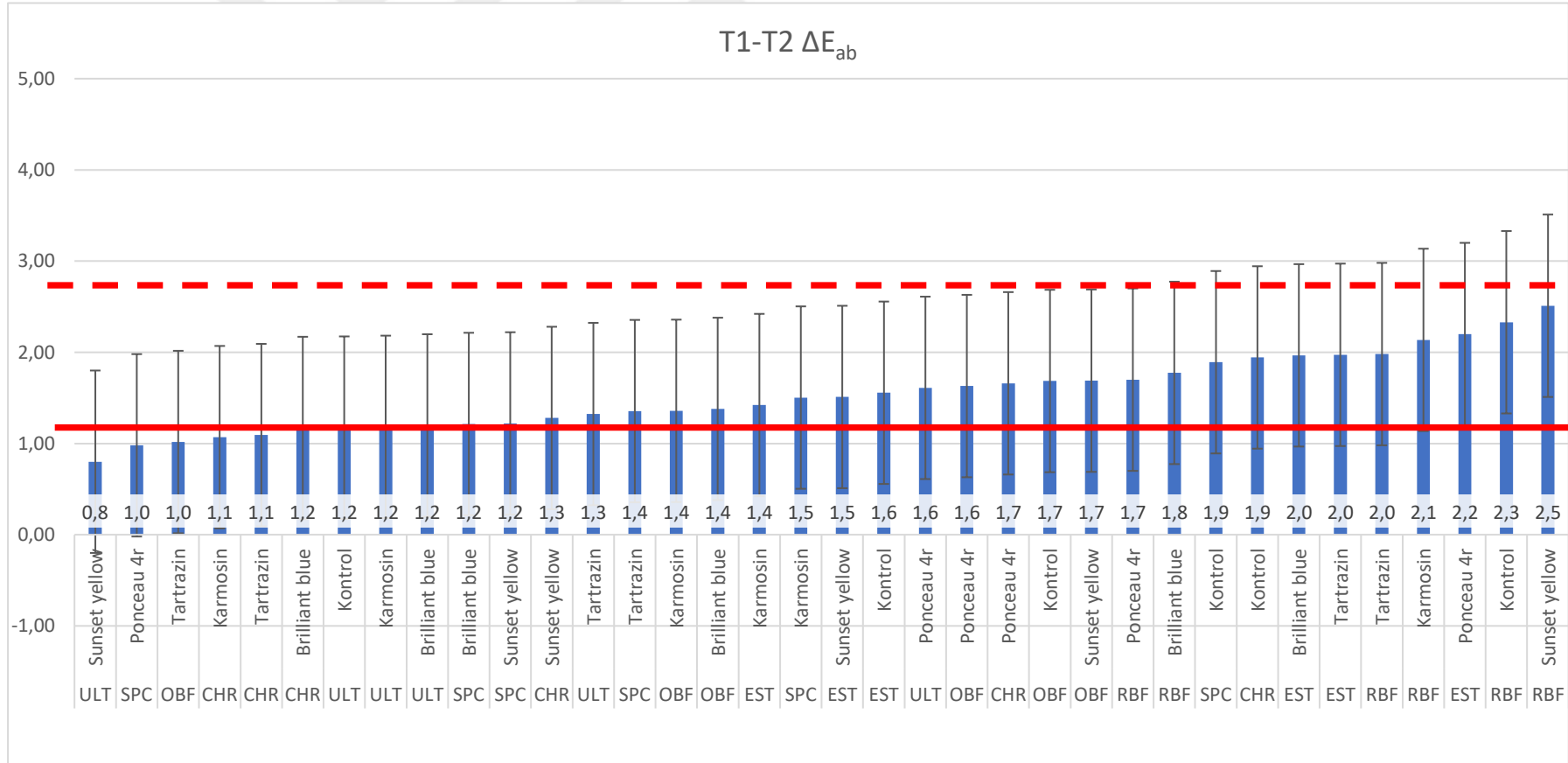
Ko-RBF, Ko-ULT, S-ULT, T-ULT, K-CHR ve Ko- EST gruplarında algılanabilir bir renk değişimi gözlenmemiştir ($\Delta E_{ab} < 1,2$). B-ULT, B-OFB ve B-EST grupları ise kabul edilebilir eşik değerini aşmışlardır ($\Delta E_{ab} > 2,7$).

Beyazlatma prosedürü (T2) sonunda tüm örneklerde farklı derecelerde renk değişimi ($\Delta E_{ab} > 0$) tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Renk değişim değerleri ΔE_{ab} , T1-T2 zaman aralığında değişen L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülerek hesaplanmıştır.

Beyazlatma sonucu S-ULT, P-SPC, T-OFB, K-CHR ve T-CHR gruplarında algılanabilir bir renk değişimi gözlenmemiştir. Diğer tüm gruplar ise algılanabilir eşik değerinin üzerinde renk değişimi göstermişlerdir ($\Delta E_{ab} \geq 1,2$).



Şekil 4.1. Örneklerin renklendirme prosedürü sonucu ΔE_{ab} değerleri. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=1,2$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=2,7$) göstermektedir.



Şekil 4.2. Örneklerin beyazlatma prosedürü sonucu ΔE_{ab} değerleri. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=1,2$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=2,7$) göstermektedir.

4.1.2. CIEDE2000 Formülü ile Hesaplanan Renk Değişim Değerleri

Tüm örneklerin T0 ve T1 zaman aralığındaki renk değişim değerleri (ΔE_{00}) Şekil 4.3.'de gösterilmektedir. Algılanabilir eşik değeri $\Delta E_{00} \leq 0,8$ ve kabul edilebilir eşik değeri $\Delta E_{00} \leq 1,8$ olarak belirlenmiştir.

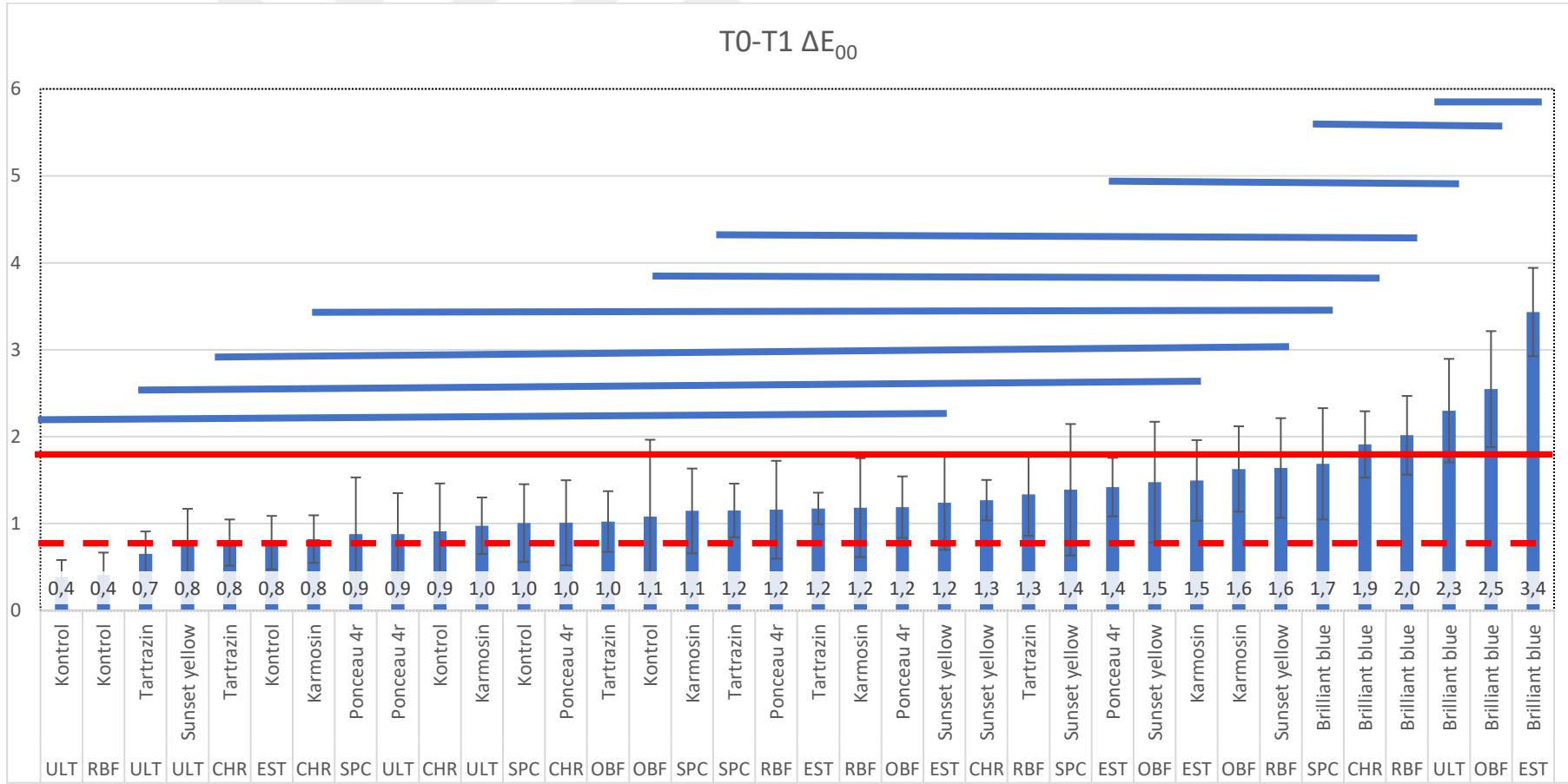
Ko-ULT, Ko-RBF ve T-RBF gruplarında algılanabilir bir renk değişimi gözlenmemiştir ($\Delta E_{00} < 0,8$).

B-RBF, B-CHR, B-EST, B-OBF ve B-ULT grupları klinik olarak kabul edilebilir renk eşik değerini aşmışlardır ($\Delta E_{00} > 1,8$).

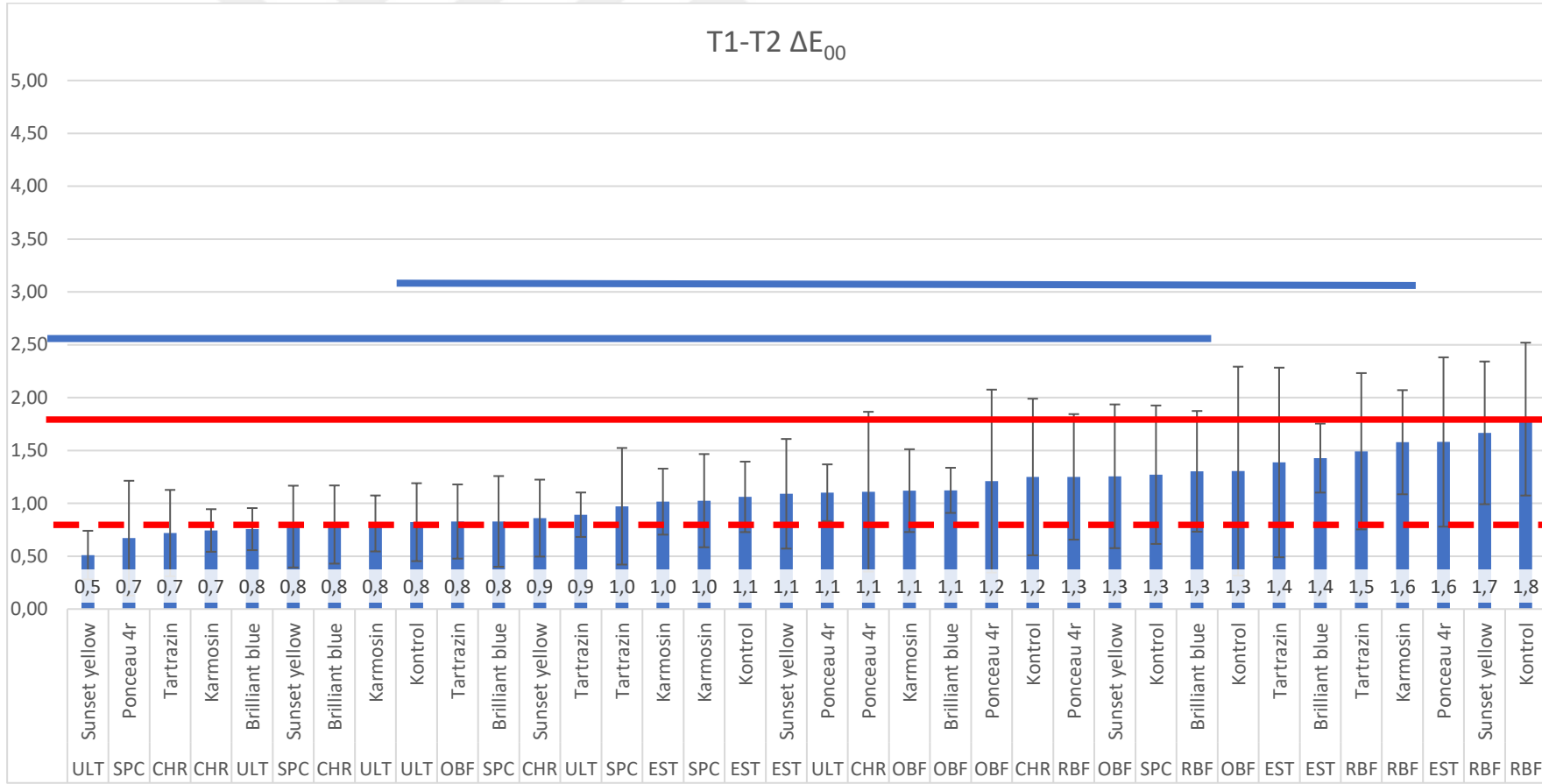
Diğer tüm gruplar ise algılanabilir renk eşiklerinin üstünde ($\Delta E_{00} \geq 0,8$), kabul edilebilir eşik sınırları içerisinde renk değişimi göstermişlerdir ($\Delta E_{00} < 1,8$).

Beyazlatma prosedürü (T2) sonunda tüm örneklerde renk değişimi ($\Delta E_{00} > 0$) tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Renk değişim değerleri (ΔE_{00}), T1-T2 zaman aralığında değişen L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülerek hesaplanmıştır.

Beyazlatma prosedürü sonunda S-ULT, P-SPC, T-CHR ve K-CHR gruplarında algılanabilir renk değişimleri görülmemiştir ($\Delta E_{00} < 0,8$).



Şekil 4.3. Örneklerin renklendirme prosedürü sonucu ΔE_{00} değerleri. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=0,8$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=1,8$) göstermektedir. Aynı mavi çizgi altında kalan tüm gruplar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir.

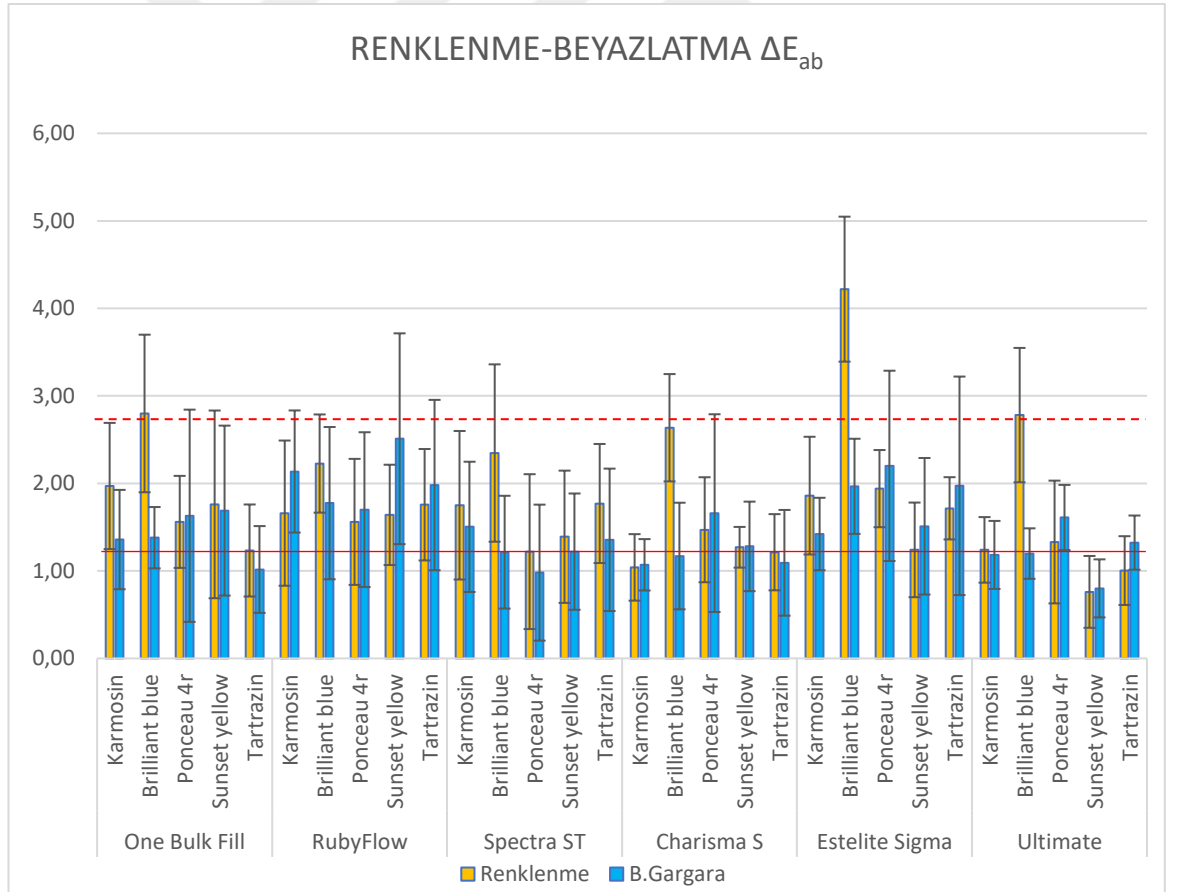


Şekil 4.4. Örneklerin beyazlatma prosedürü sonucu ΔE_{00} değerleri. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=0,8$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=1,8$) göstermektedir. Aynı mavi çizgi altında kalan gruplar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir.

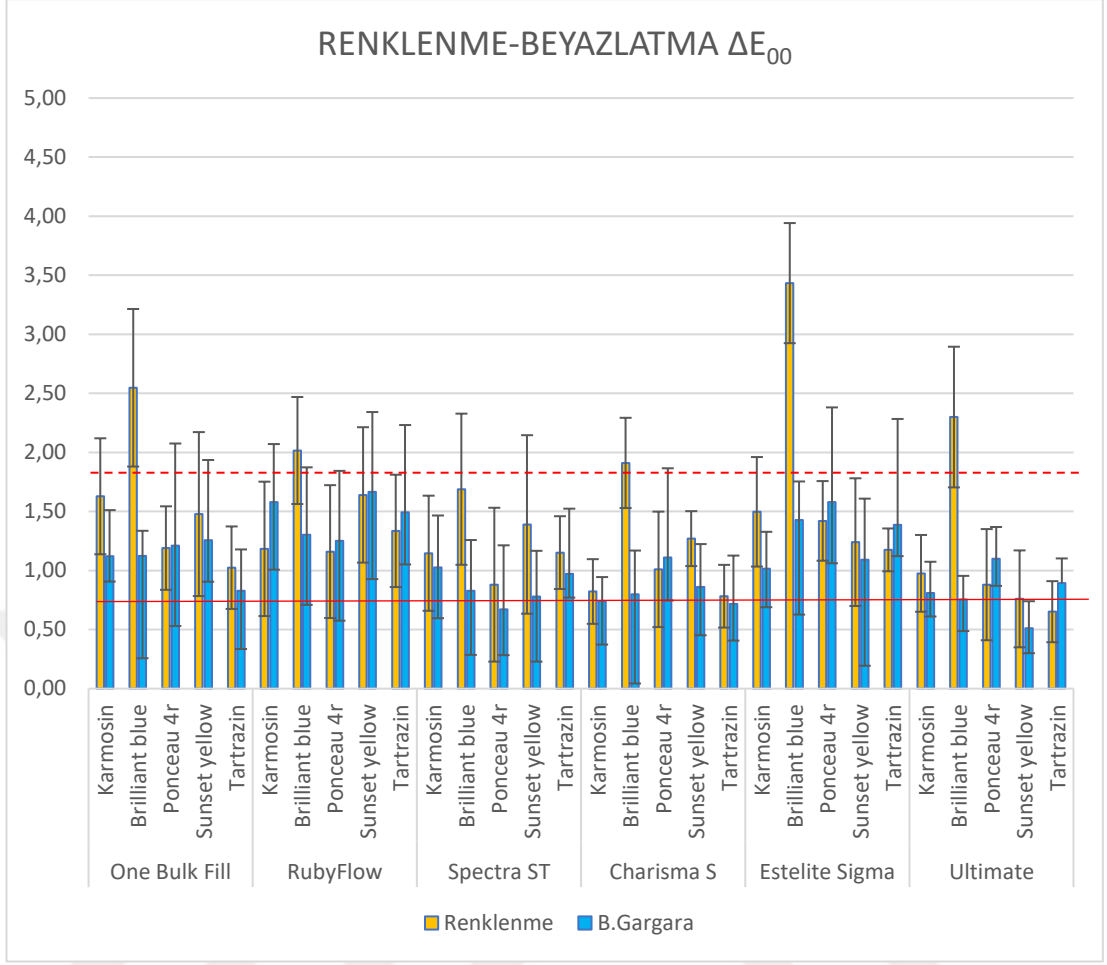
4.1.3. Renklenme ve Beyazlatma Sonrası Kompozit Örneklerde Meydana Gelen Renk Değişikliklerinin Karşılaştırılması

Renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonrası örneklerde tespit edilen renk değişimleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 da görülmektedir. Örnekler hem renklendirici solüsyonlar, hem de beyazlatıcı ağız gargarasında 1'er hafta bekletilmiştir. Renklendirme sonunda algılanabilir renk değişimleri gösteren tüm gruplarda, L* değerlerinde genel olarak azalma görülürken, a* ve b* koordinatlarındaki renk değişimleri ise renklendirici solüsyonun renk tonuna göre değişiklik göstermektedir.

Renklendirme ve beyazlatma sonucu ölçülen renk değerleri, hem ΔE_{ab} (Şekil 4.5) hem de ΔE_{00} (Şekil 4.6) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. T2 sonunda ölçülen değerlere göre beyazlatma işlemi tüm gruplarda L* koordinatlarında genel olarak artış sağlamıştır. Brilliant blue grubu dışındaki tüm örneklerin renk parametreleri (L*, a*, b*) başlangıç ölçüm değerlerine yakın sonuçlar göstermiştir.



Şekil 4.5. Renklenme ve beyazlatma prosedürleri sonrası ΔE_{ab} değerlerinin karşılaştırılması. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=1,2$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{ab}=2,7$) göstermektedir.

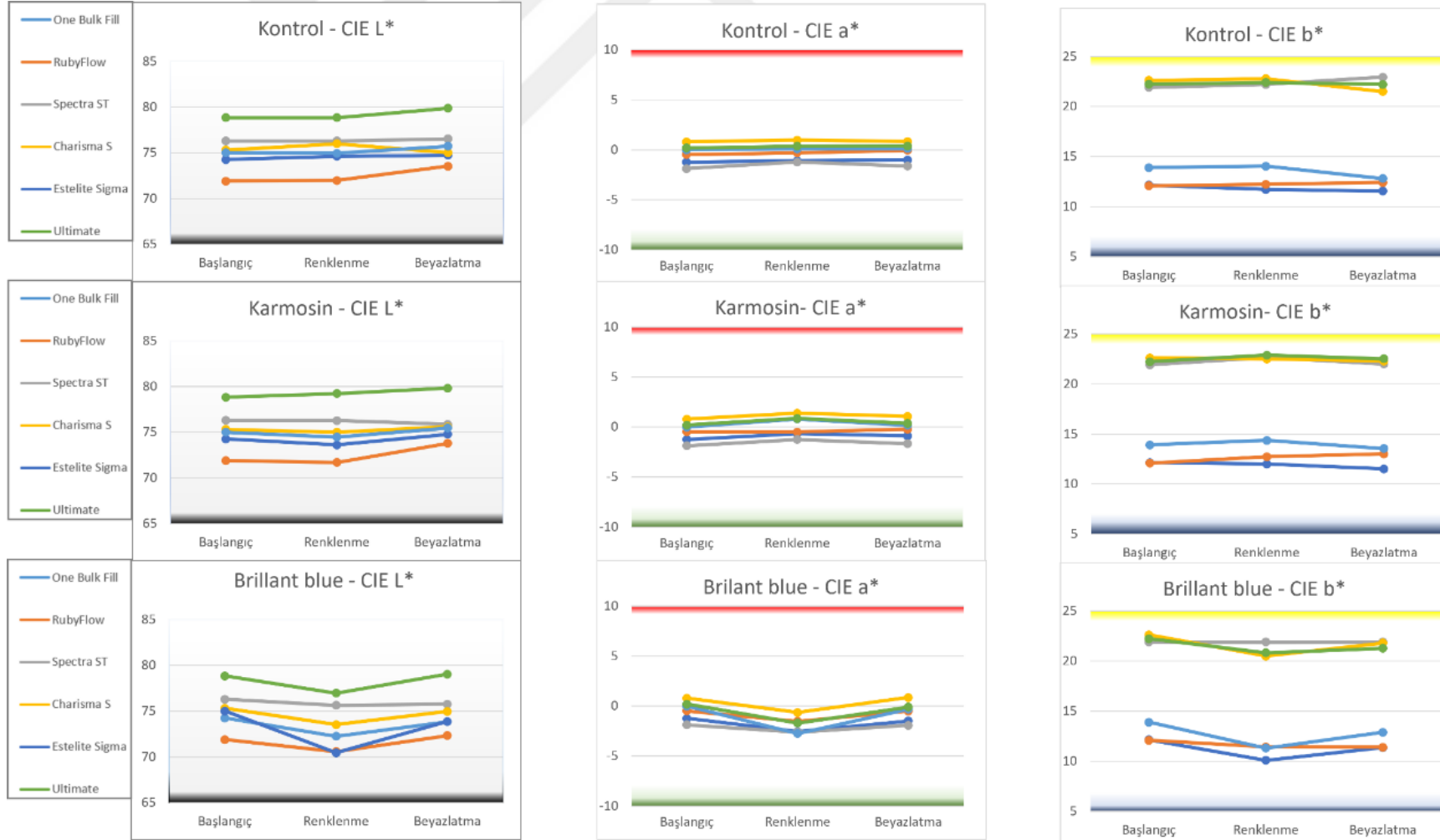


Şekil 4.6. Renklenme ve beyazlatma prosedürleri sonrası elde edilen ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması. Düz kırmızı çizgi algılanabilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=0,8$), kesikli kırmızı çizgi ise kabul edilebilir eşik değerini ($\Delta E_{00}=1,8$) göstermektedir.

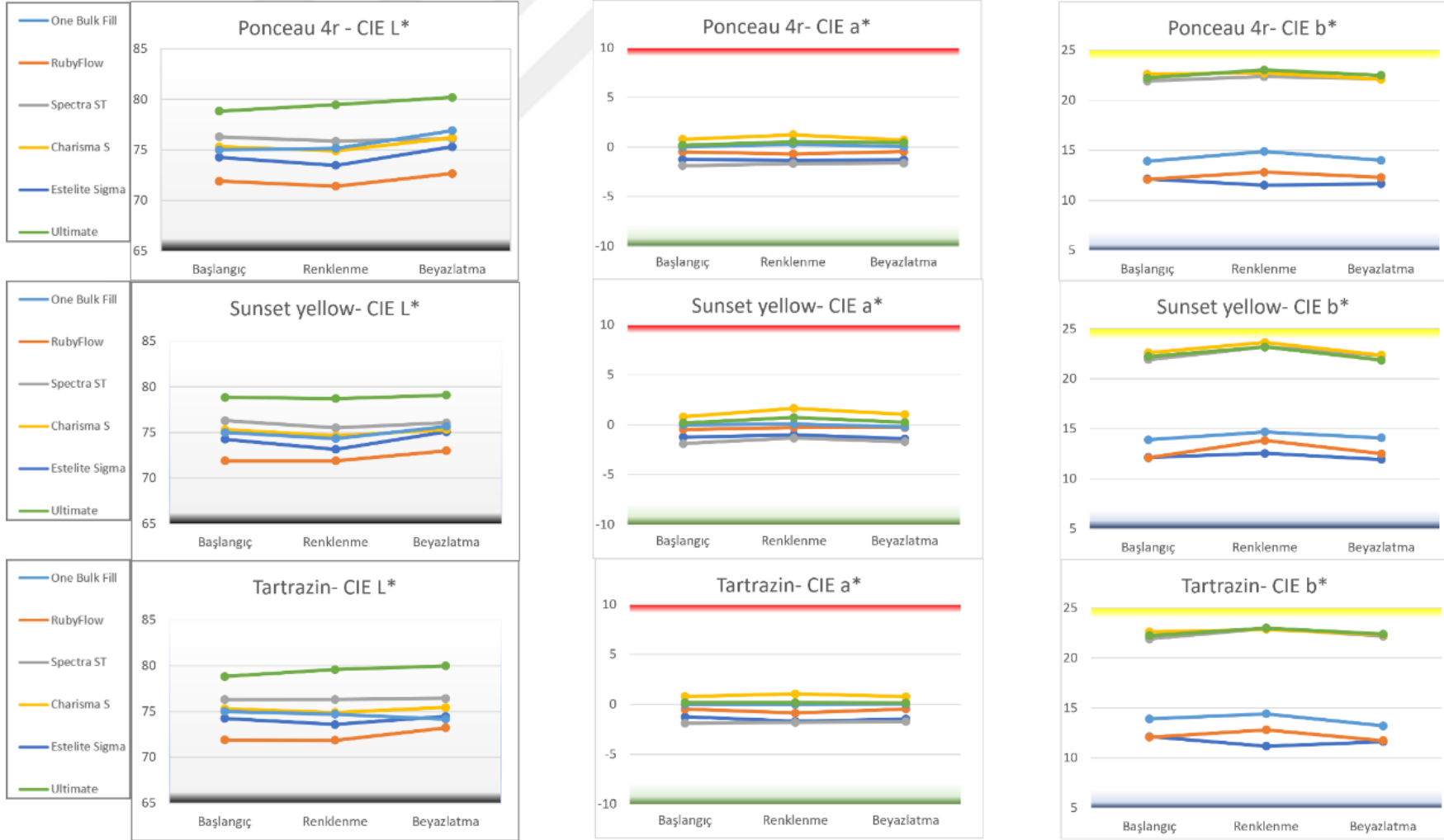
4.1.4. T0-T1 Zaman Aralığında Tüm Grupların L^* , a^* ve b^* Koordinatlarındaki Ortalama Renk Değişimlerinin İncelenmesi

Tüm grupların T0-T1 zaman aralığında L^* , a^* ve b^* koordinatlarındaki renk değişim grafikleri Şekil 4.7' de gösterilmiştir

Şekil 4.7: Grupların T0-T1 zaman aralığında, L*, a* ve b* koordinatlarındaki renk değişim grafikleri.

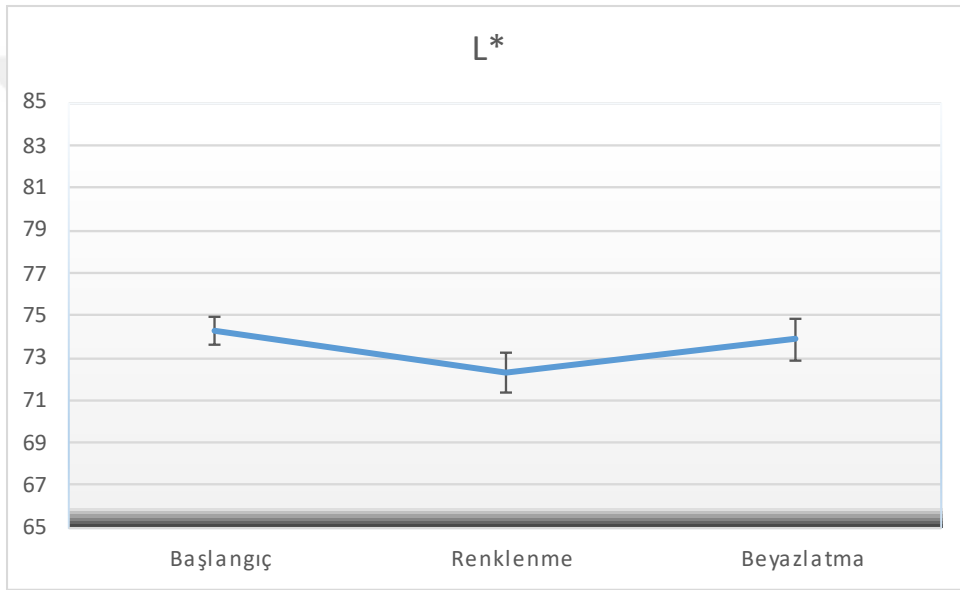


Şekil 4.7: Grupların T0-T1 zaman aralığında, L*, a* ve b* koordinatlarındaki renk değişim grafikleri ‘devam



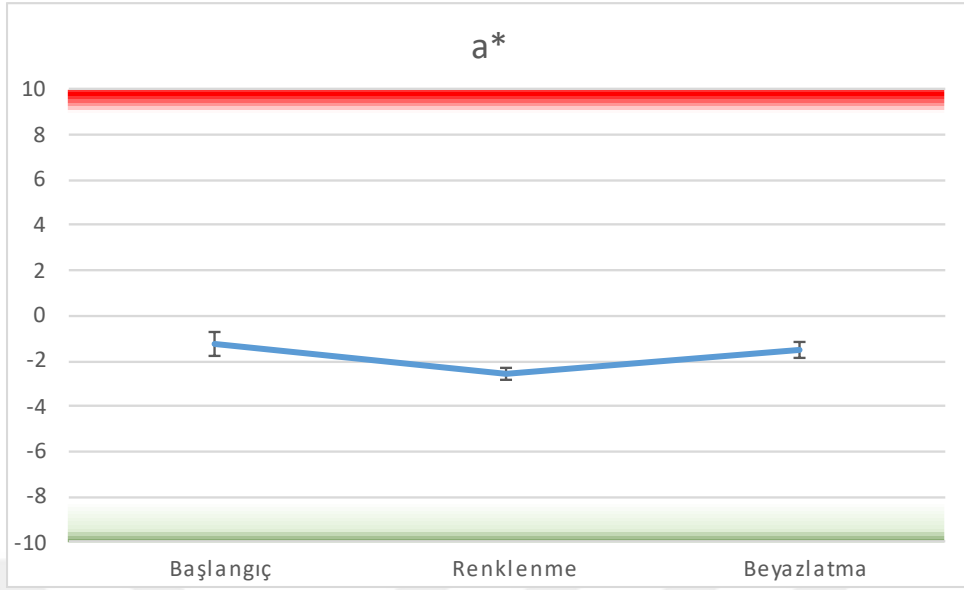
Çalışmamızda T0-T1 zaman aralığında en fazla renk değişimi Brilliant Bule'da bekletilen gruplarda gözlenmiştir. B-SPC grubu kabul edilebilir renk değişim eşliğini aşmazken ($\Delta E_{00} < 1,8$); diğer gruplar (B-CHR, B-RBF, B-OBF, B-ULT, B-EST) kabul edilebilir eşik değerinin üzerinde renk değişim değerleri göstermişlerdir ($\Delta E_{00} \geq 1,8$). Brilliant Blue boyasında bekletilen kompozit örneklerin renk değişim değerlerine ait L^* , a^* ve b^* parametrelerinin grafikleri aşağıda sırayla sunulmuştur.

B-OBF grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.8., Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



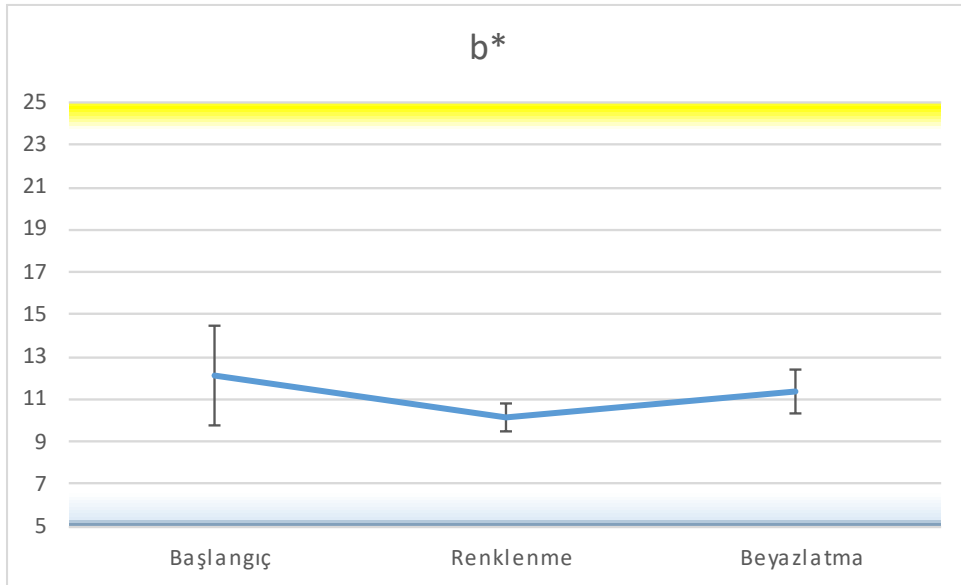
Şekil 4.8. B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L^* koordinatındaki başlangıç değeri $L_0 = 74,26$ 'dan $L_1 = 72,26$ 'ya düşerek parlaklık değerinde $\Delta L^* = -2$ kadar düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri $72,26$ 'dan $L_3 = 73,86$ değerine çıkmıştır ($\Delta L^* = 73,86 - 72,26 = +1,6$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında value değerinde $\Delta L^* = L_3 - L_1 = -0,4$ 'lük bir azalma görülmektedir.



Şekil 4.9. B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

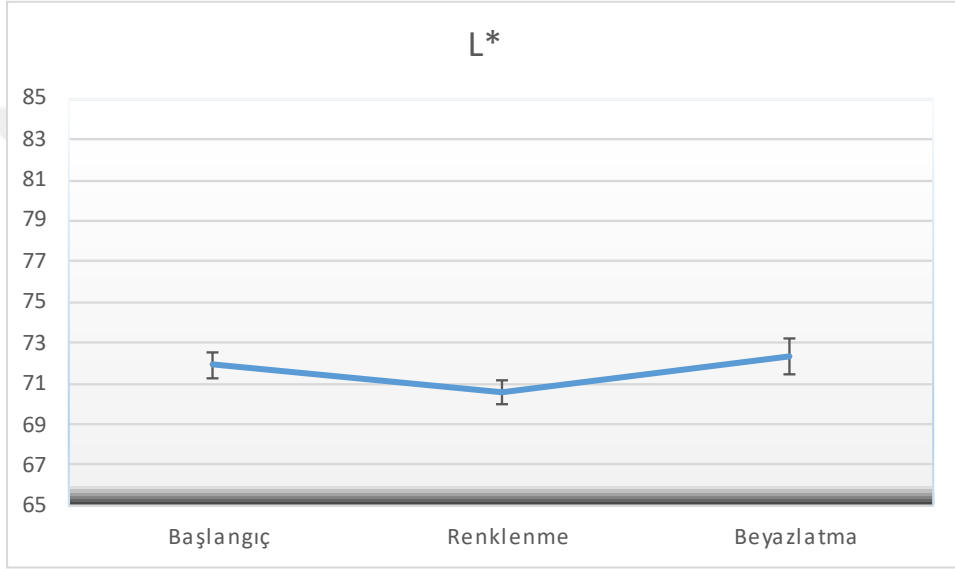
a^* koordinatındaki başlangıç değeri $a_0 = -1,24$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1 = -2,55$ 'e düşmüştür ($\Delta a^* = -1,31$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a^* = -1,5 - (-2,55) = +1,05$ olarak bulunmuştur. Örneklerin Kırmızı tonlarında 1,05'lük bir artış olmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a skalasında $\Delta a^* = -1,5 - (-1,24) = -0,26$ 'lık bir renk değişimi (yeşil tonlarına doğru) görülmektedir.



Şekil 4.10. B-OBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

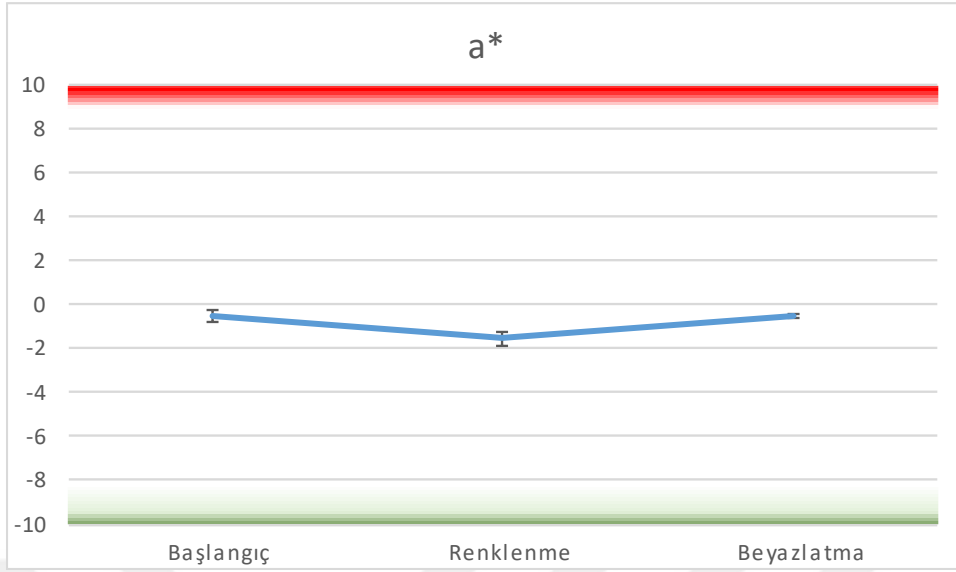
Örneklerin b koordinatındaki başlangıç değeri $b_0=12,15$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1=10,11$ 'ye düşmüştür ($\Delta b^* = -2,04$). Beyazlatma sonunda ise örneklerin sarı tonlarında $\Delta b^*=10,37-10,15= +0,22$ 'lik bir artış olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b^*=10,37-12,15= -1,78$ 'lik bir mavi ton artışı görülmektedir.

B-RBF grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.11., Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



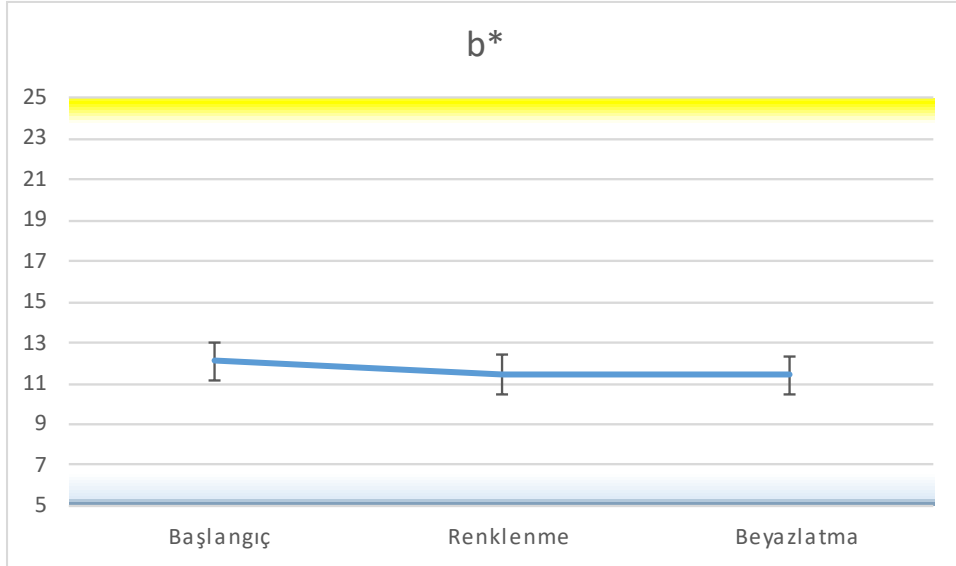
Şekil 4.11. B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L^* koordinatındaki başlangıç değeri $L_0= 71,9$ 'dan $L_1= 70,59$ 'a düşerek parlaklık değerinde $\Delta L^*=-1,31$ 'lik bir düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri $70,59$ 'dan $L_3=72,34$ değerine çıkmıştır ($\Delta L^*=72,34-70,59=+1,75$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında ise value değerinde $\Delta L^*=L_3-L_1= +0,4$ 'lük bir artış görülmektedir.



Şekil 4.12. B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

a^* koordinatındaki başlangıç değeri $a_0 = -0,48$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1 = -1,54$ 'e düşmüştür ($\Delta a^* = -1,06$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a^* = -0,51 - (-1,54) = +1,03$ olarak bulunmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a^* skalasında $\Delta a^* = -0,51 - (-0,48) = -0,03$ 'lük bir renk değişimi (kırmızı tonlarına doğru) görülmektedir.

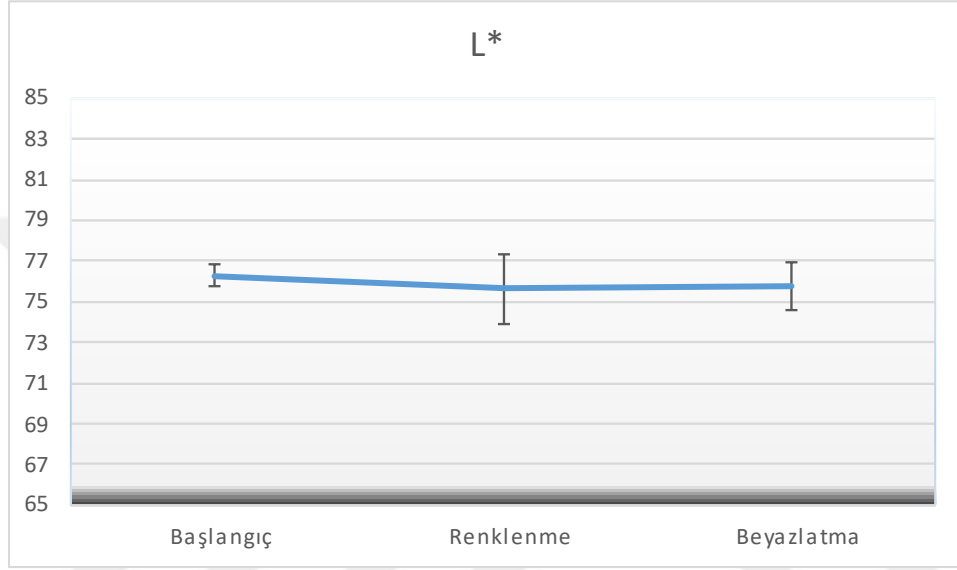


Şekil 4.13. B-RBF grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

Örneklerin b^* koordinatındaki başlangıç değeri $b_0 = 12,09$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1 = 11,44$ 'e düşmüştür ($\Delta b^* = -0,6$). Beyazlatma sonunda ise örneklerin sarı

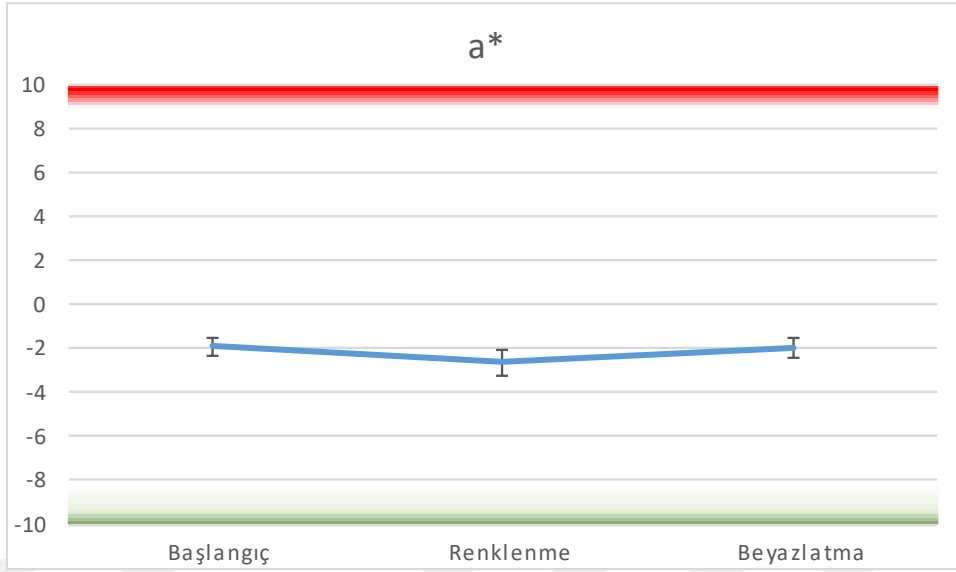
tonlarında $\Delta b^*=11,4-11,44=-0,04$ 'lük bir azalma olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b^*=11,4-12,09=-0,6$ 'lık bir mavi ton artışı görülmektedir.

B-SPC grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.14., Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



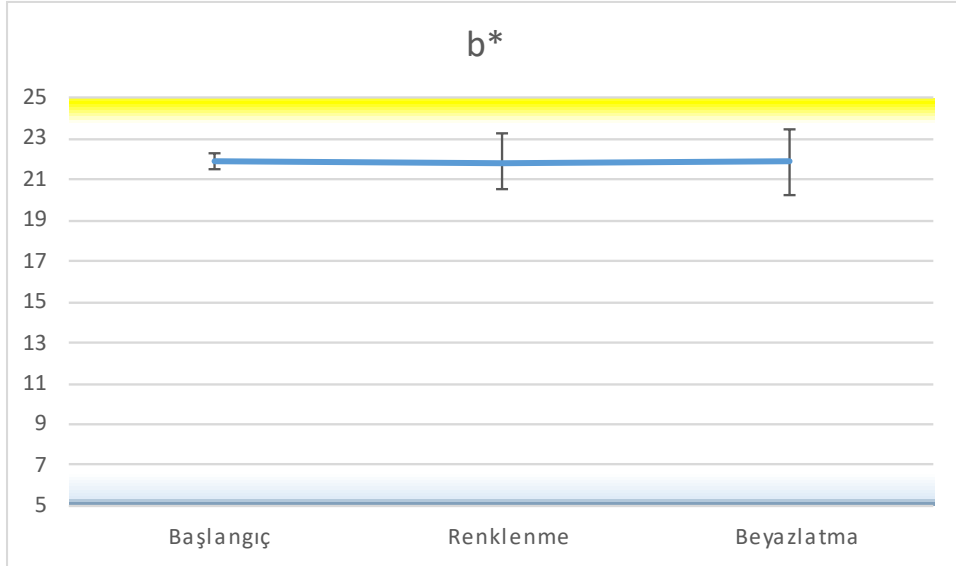
Şekil 4.14. B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L^* koordinatındaki başlangıç değeri $L_0=76,3$ 'ten $L_1=75,63$ 'e düşerek parlaklık değerinde $\Delta L^*=-0,6$ kadar düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri $75,63$ 'ten $L_3=75,76$ değerine çıkmıştır ($\Delta L^*=75,76-75,63=+0,1$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında value değerinde $\Delta L^*=L_3-L_1=-0,5$ 'lik bir azalma görülmektedir.



Şekil 4.15. B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

a^* koordinatındaki başlangıç değeri $a_0 = -1,88$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1 = -2,61$ 'e düşmüştür ($\Delta a^* = -0,7$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a^* = -1,94 - (-2,61) = 0,6+$ olarak bulunmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a skalasında $\Delta a^* = -1,94 - (-1,88) = -0,06$ 'lık bir renk değişimi (yeşil tonlarına doğru) görülmektedir.

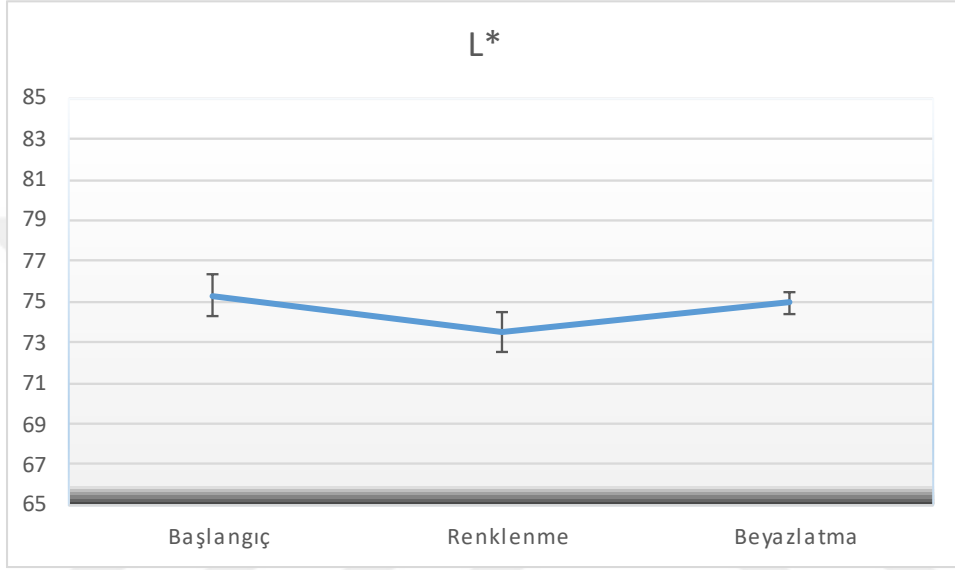


Şekil 4.16. B-SPC grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

Örneklerin b koordinatındaki başlangıç değeri $b_0 = 21,91$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1 = 21,9$ 'a düşmüştür ($\Delta b^* = -0,01$). Beyazlatma sonunda ise örneklerin sarı

tonlarında $\Delta b^*=21,91-21,9=+0,01$ 'lik bir artış olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b^*=21,91-21,91=0$ örneklerin başlangıç renk değerine döndüğü görülmektedir.

B-CHR grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.17., Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da gösterilmektedir.



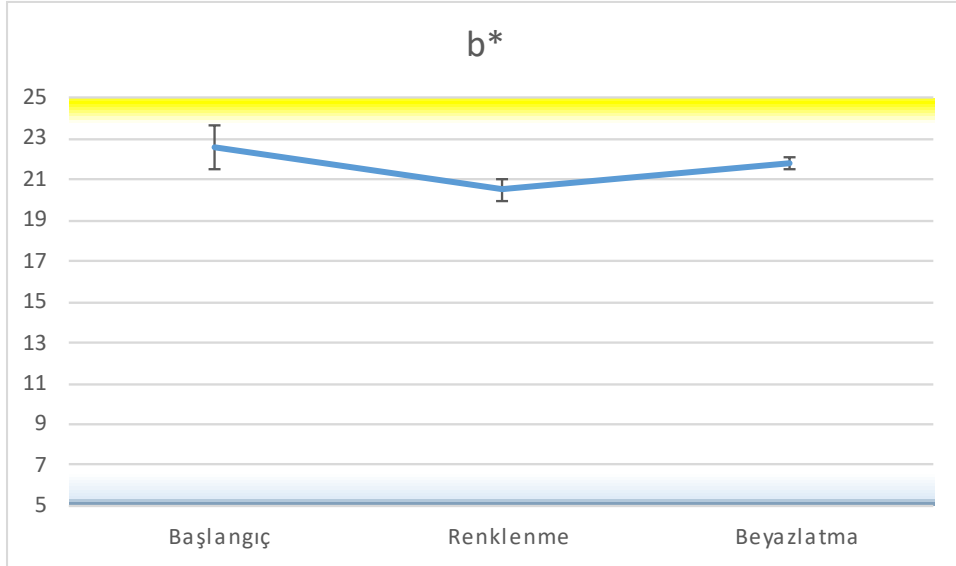
Şekil 4.17. B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L^* koordinatındaki başlangıç değeri $L_0= 75,31$ 'den $L_1= 73,54$ 'e düşerek parlaklık değerinde $\Delta L^*= -1,7$ kadar düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri $73,54$ 'ten $L_3= 74,97$ değerine çıkmıştır ($\Delta L^*=74,97-73,54= +1,4$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında value değerinde $\Delta L^*=L_3-L_1= -0,3$ 'lük bir azalma görülmektedir.



Şekil 4.18. B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

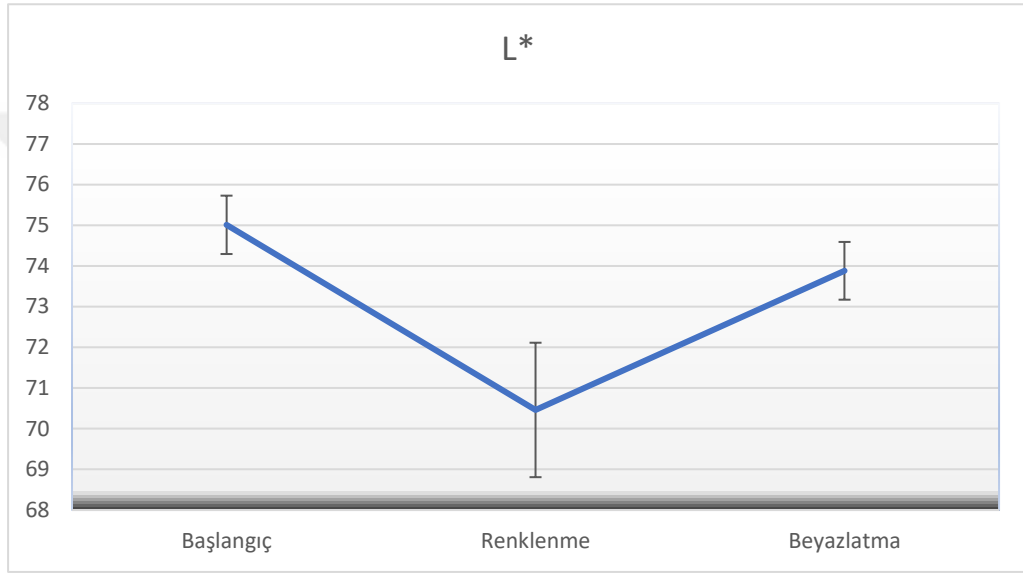
a^* koordinatındaki başlangıç değeri $a_0=0,79$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1=-0,65$ 'e düşmüştür ($\Delta a^* = -1,4$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a^* = 0,86 - (-0,65) = +1,51$ olarak bulunmuştur. Örneklerin Kırmızı tonlarında 1,51'lik bir artış olmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a skalasında $\Delta a^* = 0,86 - (0,79) = 0,07$ 'lik bir renk değişimi (kırmızı tonlarına doğru) görülmektedir.



Şekil 4.19. B-CHR grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

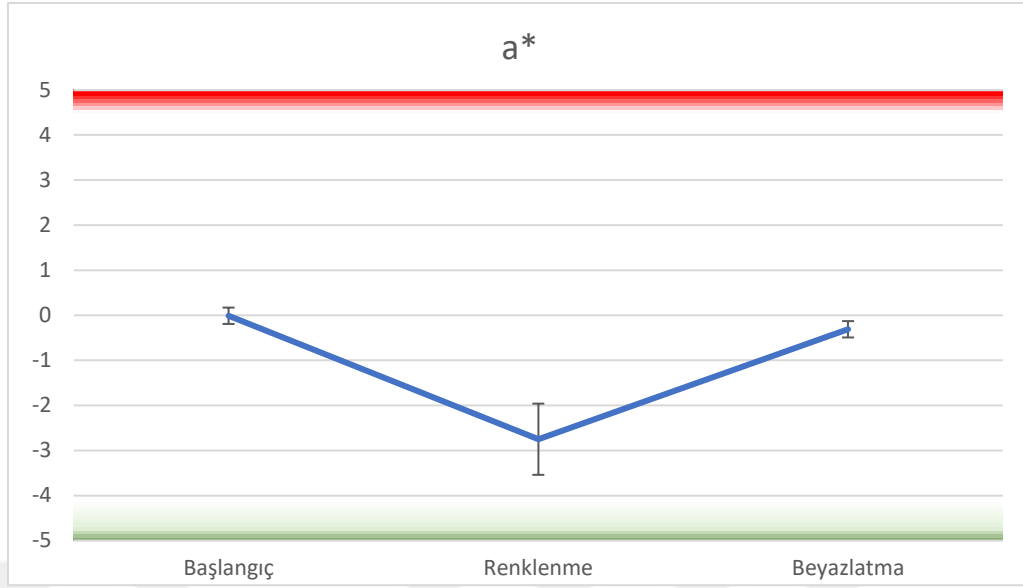
Örneklerin b koordinatındaki başlangıç değeri $b_0=22,61$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1=20,5$ 'e düşmüştür ($\Delta b^* = -2,1$). Beyazlatma sonunda ise örneklerin sarı tonlarında $\Delta b^*=21,8-20,5= +1,3$ 'lük bir artış olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b^*=21,8-22,61=-0,8$ 'lik bir mavi ton artışı görülmektedir.

B-EST grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.20., Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'te gösterilmektedir.



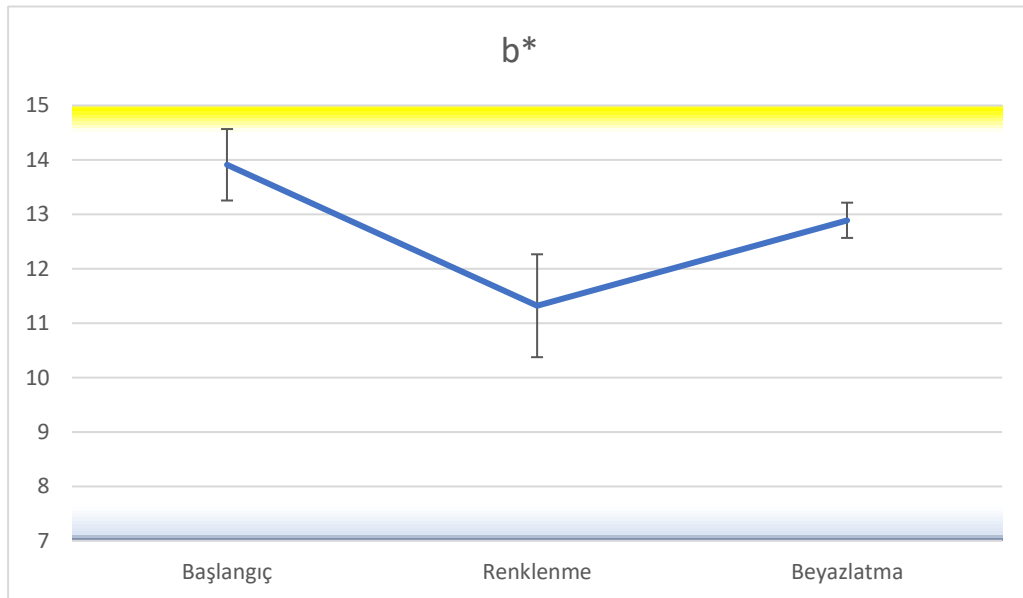
Şekil 4.20. B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L koordinatındaki başlangıç değeri $L_0=75,01$ 'den $L_1=70,46$ 'ya düşerek parlaklık değerinde $\Delta L=-4,55$ kadar düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri 70,46'dan $L_3=73,88$ değerine çıkmıştır ($\Delta L=73,88-70,46= +3,42$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında value değerinde $\Delta L=L_3-L_1= -1,13$ 'lük bir azalma görülmektedir.



Şekil 4.21. B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

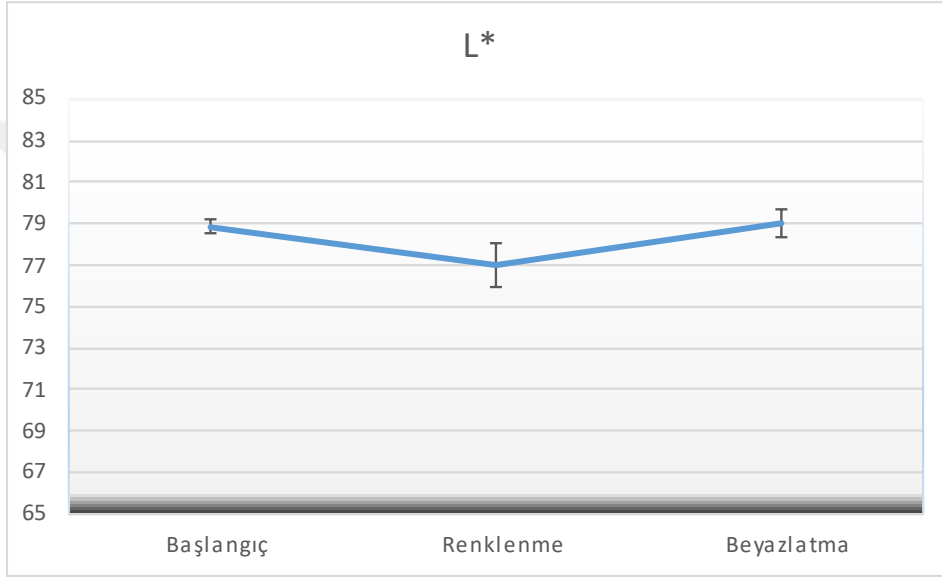
Örneklerin a koordinatındaki başlangıç değeri $a_0 = -0,01$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1 = -2,75$ 'e düşmüştür ($\Delta a = -2,74$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a = -0,31 - (-2,75) = +2,44$ olarak bulunmuştur. Örneklerin Kırmızı tonlarında 2,44'lük bir artış olmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a skalasında $\Delta a = -0,31 - (-0,01) = -0,3$ 'lük bir renk değişimi (yeşil tonlarına doğru) görülmektedir.



Şekil 4.22. B-EST grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

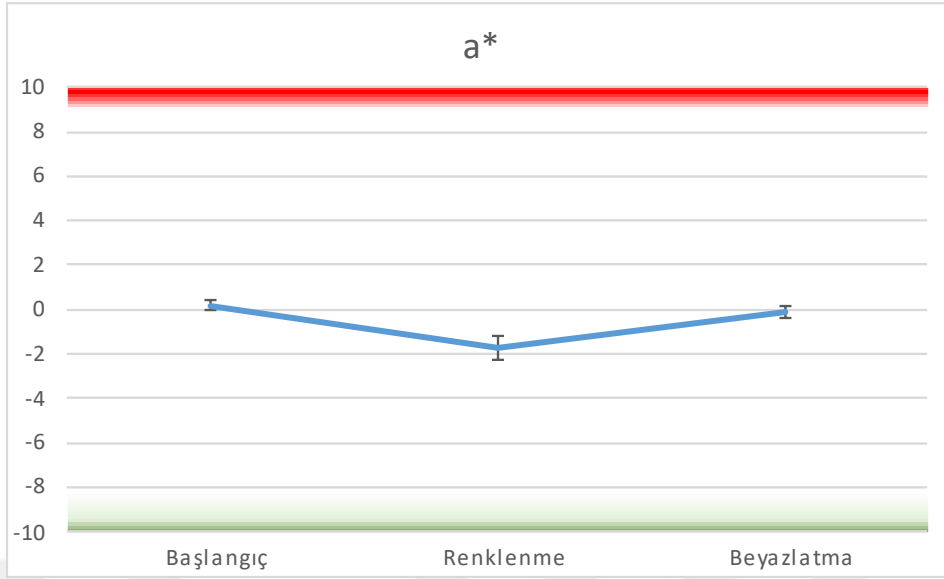
Örneklerin b koordinatındaki başlangıç değeri $b_0=13,91$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1=11,32$ 'ye düşmüştür ($\Delta b= -2,59$). Örneklerin mavi tonlarında, klinik olarak kabul edilebilir eşik değerini aşan bir renk değişimi olmuştur. Beyazlatma sonunda örneklerin sarı tonlarında $\Delta b=12,89-11,32= +1,57$ 'lik bir artış olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b= 12,89-13,91= -1,02$ 'lik bir mavi ton artışı görülmektedir.

B-ULT grubunun renklendirme sonrası L^* , a^* ve b^* parametrelerinin değişim grafikleri sırasıyla Şekil 4.23., Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te gösterilmektedir.



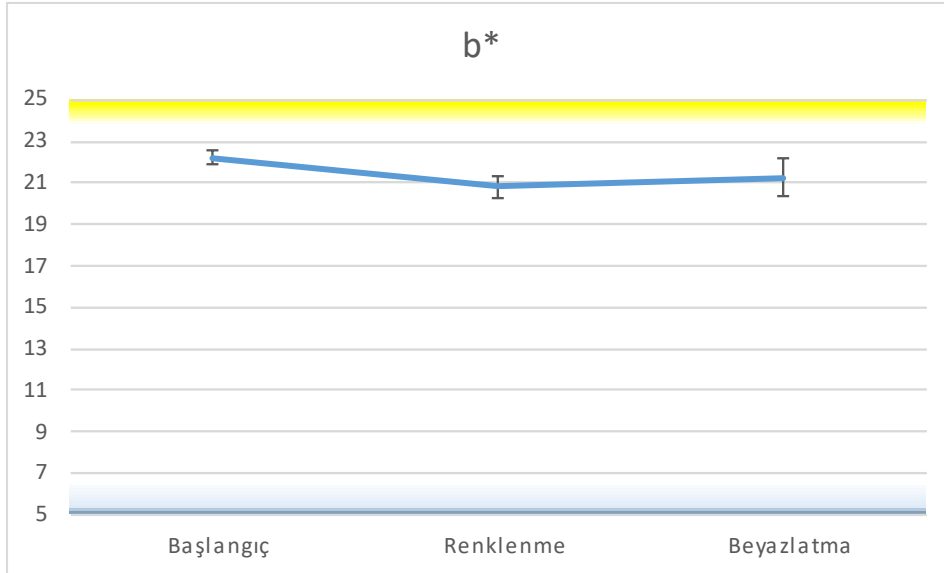
Şekil 4.23. B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda ΔL^* değerlerinin değişim grafiği

L^* koordinatındaki başlangıç değeri $L_0= 78,84$ 'ten $L_1= 76,97$ 'ye düşerek parlaklık değerinde $\Delta L= -1,8$ kadar düşüş olmuştur. Beyazlatma sonrası ise L değeri $76,97$ 'den $L_3=79,03$ değerine çıkmıştır ($\Delta L=79,03-76,97=+2.06$). Başlangıç ve son değerler karşılaştırıldığında value değerinde $\Delta L=L_3-L_1= +0,1$ 'lik bir artış görülmektedir.



Şekil 4.24. B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δa^* değerlerinin değişim grafiği

a^* koordinatındaki başlangıç değeri $a_0=0,19$, renklendirme prosedürü sonunda $a_1=-1,7$ 'e düşmüştür ($\Delta a^*=-1,89$). Beyazlatma işlemi sonucu renk değişimi $\Delta a^*=-0,11 - (-1,7) = +1,5$ olarak bulunmuştur. Başlangıç ve son koordinat değerleri karşılaştırıldığında a skalasında $\Delta a^*=-0,11-(0,19) = -0,3$ 'lük bir renk değişimi (yeşil tonlarına doğru) görülmektedir.



Şekil 4.25. B-ULT grubunun renklendirme ve beyazlatma prosedürleri sonunda Δb^* değerlerinin değişim grafiği

Örneklerin b koordinatındaki başlangıç değeri $b_0=22,23$, renklendirme prosedürü sonunda $b_1=20,83$ 'e düşmüştür ($\Delta b^*=-1,4$). Beyazlatma sonunda ise örneklerin sarı

tonlarında $\Delta b^*=21,28-20,83=+0,4$ 'lük bir artış olmuştur. Başlangıç ve son b koordinatları karşılaştırıldığında $\Delta b^*=21,28-22,23=-0,9$ 'luk bir mavi ton artışı görülmektedir.

T0-T1 zaman aralığı sonunda kompozit örneklerde görülen renk Şekil 4.26'da gösterilmektedir. En fazla renk değişimi mavi tonlarında gözlenirken bunu sırasıyla kırmızı, turuncu ve sarı tonlar izlemiştir.



Şekil 4.26. T0-T1 zaman aralığı sonrası kompozit örneklerde görülen renk değişimleri.

4.2. Bulguların İstatiksel Değerlendirilmesi

Çalışmamızda istatistiksel analizler daha ayrıntılı sonuçlar verdiği belirtilen ΔE_{00} formülü kullanılarak elde edilen veriler ile yapılmıştır.^(216, 254) Tablo 4.1' de gösterildiği gibi tekrarlı varyans analizi (ANOVA) ölçümleri sonucunda T0-T1-T2 zamanlarında gözlenen renk değişimlerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). Benzer şekilde test edilen kompozitlerin ($p=0,004$) ve gıda boyalarının ($p<0,001$) da renk değişimleri üzerinde belirleyici bir etkisi olduğu bulunmuştur. T0-T1-T2 zaman periyotları, kullanılan kompozitler ve

gıda boyaları birlikte ele alındığında, renk değişimlerinin bu üç değişkenin etkileşiminden bağımsız olduğu saptanmıştır ($p=0,186$).

Tablo 4.1. Tekrarlı varyans analizi (ANOVA) ölçümleri sonucu veriler üzerinde istatistiksel olarak etkili olan faktörlerin değerlendirilmesi

	F	p
Renk Değişimi	26.60	< .001
Renk Değişimi * Kompozit	5.97	< .001
Renk Değişimi * Gıda boyası	37.54	< .001
Renk Değişimi * Kompozit * Gıda boyası	1.41	0.094

T0-T1 ve T1-T2 zaman aralığında tüm örneklerde farklı derecelerde renk değişimleri ($\Delta E_{00}>0$) tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

OBF grubuna ait tüm örnekler algılanabilir eşik değerinin üzerinde ortalama değerler göstermişlerdir ($\Delta E_{00}>0,8$). B-OBF grubu kabul edilebilir eşik değerini aşmıştır ($\Delta E_{00}>1,8$). Ko-RBF grubu algılanabilir eşik değerinin altında renk değişimi gösterirken ($\Delta E_{00}<0,8$); B-RBF kabul edilebilir eşik değerini aşmıştır ($\Delta E_{00}>1,8$). SPC grubundaki tüm örnekler algılanabilir eşik değerini aşarken ($\Delta E_{00}>0,8$); kabul edilebilir eşik değerinin altında ortalama renk değişim değerleri göstermişlerdir ($\Delta E_{00}<1,8$). T-CHR grubundaki örnekler algılanabilir eşik değerinin altında kalırken ($\Delta E_{00}<0,8$); B-CHR grubu kabul edilebilir renk eşik değerinin üstünde bir ortalama değer göstermiştir ($\Delta E_{00}>1,8$). Ko-EST grubu algılanabilir bir renk değişimi göstermemiştir ($\Delta E_{00}<0,8$).

B-EST grubu ise kabul edilebilir eşik değerini aşmıştır ($\Delta E_{00}>1,8$). Ko-ULT, S-ULT ve T-ULT grupları algılanabilir eşik değerinin altında kalırken ($\Delta E_{00}<0,8$); B-ULT grubu kabul edilebilir eşik değerini aşmıştır ($\Delta E_{00}>1,8$).

T1-T2 zaman aralığında tüm örneklerde renk değişimleri ($\Delta E_{00}>0$) tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Beyazlatma prosedürü sonrası P-SPC, S-SPC, K-CHR, T-CHR, B_ULT ve S-ULT gruplarında algılanabilir bir renk değişimi gözlenmezken ($\Delta E_{00}<0,8$);

diğer tüm gruplar algılanabilir eşik değerinin üstünde ortalama renk değişim değerleri göstermişlerdir ($\Delta E_{00} \geq 0,8$)



Tablo 4.2. T0-T1 ve T1-T2 Zaman Aralığında Örneklerde Gözlenen Ortalama Renk Değişim değerleri ve Standart Sapmaları

		Renklenme ΔE_{ab}	Renklenme Std E_{ab}	B.Gargara ΔE_{ab}	B.Gargara Std E_{ab}	Renklenme ΔE_{00}	Renklenme Std 2000	B.Gargara ΔE_{00}	B.Gargara Std 2000
One Bulk Fill	Kontrol	1,56	1,56	1,69	0,99	1,08	0,88	1,30	1,63
	Karmosin	1,97	0,72	1,36	0,39	1,63	0,49	1,12	0,57
	Brilliant blue	2,80	0,90	1,38	0,21	2,55	0,67	1,12	0,35
	Ponceau 4r	1,56	0,53	1,63	0,87	1,19	0,35	1,21	1,21
	Sunset yellow	1,76	1,07	1,69	0,68	1,48	0,69	1,26	0,97
	Tartrazin	1,23	0,53	1,02	0,35	1,02	0,35	0,83	0,50
RubyFlow	Kontrol	0,43	0,22	2,33	0,72	0,41	0,26	1,80	1,06
	Karmosin	1,66	0,83	2,14	0,49	1,18	0,57	1,58	0,70
	Brilliant blue	2,23	0,56	1,77	0,57	2,02	0,45	1,30	0,87
	Ponceau 4r	1,56	0,72	1,70	0,59	1,16	0,56	1,25	0,88
	Sunset yellow	1,64	0,57	2,51	0,67	1,64	0,57	1,67	1,20
	Tartrazin	1,76	0,64	1,98	0,74	1,34	0,48	1,49	0,97
Spectra ST	Kontrol	1,23	0,52	1,89	0,65	1,01	0,45	1,27	0,93
	Karmosin	1,75	0,85	1,50	0,44	1,15	0,49	1,03	0,74
	Brilliant blue	2,35	1,01	1,21	0,43	1,69	0,64	0,83	0,64
	Ponceau 4r	1,22	0,88	0,98	0,54	0,88	0,65	0,67	0,78
	Sunset yellow	1,39	0,76	1,22	0,39	1,39	0,76	0,78	0,66
	Tartrazin	1,77	0,68	1,35	0,55	1,15	0,31	0,97	0,81
Charisma S	Kontrol	1,31	0,80	1,94	0,74	0,91	0,55	1,25	1,26
	Karmosin	1,04	0,38	1,07	0,20	0,82	0,27	0,74	0,29
	Brilliant blue	2,64	0,61	1,17	0,37	1,91	0,38	0,80	0,61

Tablo 4.2. T0-T1 ve T1-T2 Zaman Aralığında Örneklerde Gözlenen Ortalama Renk Değişim değerleri ve Standart Sapmaları 'devam'.

	Ponceau 4r	1,47	0,60	1,66	0,76	1,01	0,49	1,11	1,13
	Sunset yellow	1,27	0,23	1,28	0,36	1,27	0,23	0,86	0,51
	Tartrazin	1,21	0,44	1,09	0,41	0,78	0,27	0,72	0,60
Estelite Sigma	Kontrol	1,09	0,47	1,56	0,33	0,78	0,31	1,06	0,54
	Karmosin	1,86	0,67	1,42	0,31	1,50	0,46	1,02	0,41
	Brilliant blue	4,22	0,83	1,97	0,33	3,43	0,51	1,43	0,54
	Ponceau 4r	1,94	0,44	2,20	0,80	1,42	0,34	1,58	1,09
	Sunset yellow	1,24	0,54	1,51	0,52	1,24	0,54	1,09	0,78
	Tartrazin	1,72	0,36	1,97	0,90	1,17	0,18	1,39	1,25
Ultimate	Kontrol	0,62	0,40	1,17	0,37	0,39	0,19	0,82	0,53
	Karmosin	1,24	0,37	1,18	0,26	0,98	0,32	0,81	0,39
	Brilliant blue	2,78	0,77	1,20	0,20	2,30	0,60	0,76	0,29
	Ponceau 4r	1,33	0,70	1,61	0,27	0,88	0,47	1,10	0,37
	Sunset yellow	0,76	0,41	0,80	0,23	0,76	0,41	0,51	0,33
	Tartrazin	1,00	0,39	1,32	0,21	0,65	0,26	0,89	0,31

Kompozit örneklerin tüm boyalar karşısında birbirleriyle renk değişim eğilimleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Kompozit örneklerin Post-Hoc karşılaştırma testi sonucu istatistiksel değerlendirilmesi

Post Hoc Comparisons - Kompozit

Comparison							
Kompozit	Kompozit	Mean Difference	SE	df	t	p _{Tukey}	
OBF	- RBF	-0.0827	0.0761	314	-1.087	0.886	
	- SPC	0.2483	0.0757	314	3.280	0.015	
	- CHR	0.3001	0.0757	314	3.963	0.001	
	- EST	-0.0980	0.0827	314	-1.185	0.844	
	- ULT	0.4147	0.0761	314	5.453	< .001	
RBF	- SPC	0.3310	0.0757	314	4.372	< .001	
	- CHR	0.3828	0.0757	314	5.056	< .001	
	- EST	-0.0153	0.0827	314	-0.185	1.000	
	- ULT	0.4974	0.0761	314	6.540	< .001	
SPC	- CHR	0.0518	0.0754	314	0.687	0.983	
	- EST	-0.3463	0.0824	314	-4.204	< .001	
	- ULT	0.1664	0.0757	314	2.198	0.242	
CHR	- EST	-0.3980	0.0824	314	-4.832	< .001	
	- ULT	0.1146	0.0757	314	1.514	0.655	
EST	- ULT	0.5127	0.0827	314	6.200	< .001	

Ortalama renk değişim değerleri incelendiğinde en yüksek değerler sırasıyla Estelite Sigma, RubyFlow ve One Bulk Fill gruplarına aittir. Bu üç kompozite ait renk değişim değerleri (ΔE_{00}) arasında fark olsa da sonuçlar kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir. En az renk değişimi gösteren Spectra, Charisma ve Ultimate ise farklı boyalarda farklı sonuçlar göstermişlerdir. Ancak bu üç kompozite ait renk değişim sonuçları (ΔE_{00}) da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermemişlerdir. Sonuç olarak kendi aralarında benzer renk değişimi özellikleri gösteren EST, RBF ve OBF grupları; yine benzer özellikler gösteren SPC, CHR ve ULT grupları ile istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir.

Gıda boyalarının kompozit örneklerdeki renklendirme etkilerinin karşılaştırılması Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Gıda Boyalarının Post-Hoc karşılaştırma testi sonucu istatistiksel değerlendirilmesi

Post Hoc Comparisons - Gıda boyası

Comparison					
Gıda boyası	Gıda boyası	Mean Difference	t	P _{tukey}	
Karmosin	- Bri. blue	-0.53428	-6.4616	< .001	
	- Ponceau 4R	0.00701	0.0930	1.000	
	- Sunset Yel	-0.02873	-0.3777	0.999	
	- Tartrazin	0.09467	1.2561	0.808	
	- Kontrol	0.12179	1.6160	0.589	
Bri. blue	- Ponceau 4R	0.54129	6.5464	< .001	
	- Sunset Yel	0.50555	6.0677	< .001	
	- Tartrazin	0.62894	7.6065	< .001	
	- Kontrol	0.65607	7.9346	< .001	
Ponceau 4R	- Sunset Yel	-0.03574	-0.4699	0.997	
	- Tartrazin	0.08765	1.1631	0.854	
	- Kontrol	0.11478	1.5230	0.650	
Sunset Yel	- Tartrazin	0.12339	1.6224	0.584	
	- Kontrol	0.15052	1.9790	0.357	
Tartrazin	- Kontrol	0.02713	0.3599	0.999	

Brilliant Blue ve diğer boyalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar varken; Karmosin, Sunset Yellow, Ponceau 4R ve Tartrazin'in kompozitleri renklendirme etkileri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Brilliant Blue ve kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar varken; kontrol grubu ve diğer boyaların renklendirme etkileri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

5. TARTIŞMA

Diş çürükleri hala yaygın bir hastalıktır, bu nedenle restoratif prosedürlere olan talep devam etmekte ve direkt restorasyonlar (veya değiştirilmesi) en yaygın diş tedavilerinden biri olmaya devam etmektedir.⁽²⁵⁵⁾

Özellikle kompozit rezinler, ön ve arka dişlerin doğrudan restorasyonları için ilk tercih edilen materyallerdir.^(256, 257) Bu durum, üstün estetik, diş yapısına kimyasal olarak bağlanma ve konservatif diş preparasyonu gibi birçok faktöre bağlıdır.^(258, 259) Ayrıca insan ömrünün ve nüfusun hızla artması sonucu talepleri karşılamak üzere sürekli olarak yeni sistemler geliştirilmekte ve piyasaya sürülmektedir.^(260, 261)

Diş rengindeki kompozit rezinler, geliştirilmiş estetik özelliklerinden dolayı artan bir popülerlik kazanmıştır.⁽²⁶²⁾ Posterior restorasyonların başarısızlık kriterlerinin ana nedenleri ikincil çürükler ve kırıklar iken, anterior restorasyonlarda estetik problemler halen ilk sıradadır.^(263, 264) Estetik açıdan en önemli faktör ise kompozitlerin renk stabiliteyi olarak gösterilmektedir.⁽³⁹⁾

Renk uyumu ve anatomik form, rezin materyallerin prognozunu tahmin etmek için önemlidir ve Birleşik Devletler Halk Sağlığı Sistemi (United States Public Health System-USPHS)'nin mevcut restorasyonların kalite değerlendirme parametreleri arasında üst sıralarda yer almaktadır.⁽²⁶⁵⁾

Dental materyallerin rengini belirlemek veya renk değişikliklerini ölçmek için birçok yöntem kullanılır. Geleneksel (görsel) yöntem halen yaygın olarak, özellikle deneyimli diş hekimleri tarafından kullanılsa da teknolojinin gelişmesi, enstrümental yöntemlerin kullanımını pratik hale getirmiştir. Kolorimetre ve spektrofotometre gibi renk ölçüm cihazlarının boyutlarının küçülmesi, kullanımının daha pratik hale gelmesi ve depolama, aktarma gibi özelliklerin eklenmesi sonucu kullanımları daha da yaygınlaşmıştır.^(266, 267) Literatürde, spektrofotometrelerin klinik çalışmalar ve materyal araştırmalarında güvenle kullanılabilmesi belirtilmiştir.⁽²⁶⁷⁾ Bu nedenle spektrofotometreler en çok kullanılan renk değerlendirme cihazları olmuştur.⁽²⁶⁸⁻²⁷⁰⁾ Özellikle Vita Easyshade, spektrofotometreler arasında yapılan çalışmalarda, tekrarlanan renk ölçümlerinde güvenilir sonuçlar vermiştir.⁽²⁷¹⁾

Farklı doldurucu tipi ve monomer içeriğine sahip kompozit rezinlerin gıda boyaları karşısındaki renk stabilitesi Vita Easysshade spektrofotometre ile ölçülmüştür. Tekrarlı varyans analizi (ANOVA) testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu sebeple birinci sıfır hipotezi ‘farklı gıda boyaalarının kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerindeki etkilerinin, test edilen kompozitler arasında farklılık göstermeyeceği’ önermesi reddedilmiştir.

Arttırılmış doldurucu içeriğinin, gelişmiş renk stabilitesi sağladığı bir çok çalışmada rapor edilmiştir.⁽²⁷²⁾ Günümüzde yaygın olarak mikro doldurucu (mikrohibrit) ve nano doldurucu içeriğe sahip (nanofil, nanohibrit) kompozit materyaller kullanılmaktadır. Çalışmamızda renk stabilitesi test edilmek üzere altı adet farklı içeriğe sahip kompozit rezin kullanılmıştır. Bu kompozitler RubyFlow (Ruby Dent, İstanbul, Türkiye), Charisma Smart (Kulzer GmbH, Hanau, Almanya), Estelite Σ Quick (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya), Filtek One Bulkfill Restorative (3M Espe, Minnesota, ABD), Filtek Ultimate Universal Restorative (3M Espe, Minnesota, ABD) ve Spectra STHV (Dentsply Sirona, Konstans, Almanya)’dir.

Elde edilen sonuçlara göre en fazla renk değişimi sırasıyla EST, RBF ve OBF gruplarında görülmüştür. Her üç kompozitin doldurucu oranı ve içeriği farklı olsa da renk değişimi açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

RubyFlow mikrohibrit yapısında akıcı kıvamlı bir kompozittir. Viskozite ve yayılma yeteneği sayesinde kavite duvarlarına adaptasyon sağlar. Ancak küçük kavitelerin restorasyonu, tamir prosedürleri, adeziv simantasyon veya kaide olarak kullanımı gibi klinik işlemler dışında tavsiye edilmemektedir. One Bulk Fill ise özellikle posterior geniş kaviteelerde, inkremental tekniğin dezavantajlarını elimine etmek amacıyla 5 mm’e kadar kullanılabilen ve yüksek radyopaklığa sahip (3,1mm Alüminyum) nanofil kompozittir.⁽²⁷³⁾ RubyFlow ve One Bulk Fill materyallerinin azaltılmış doldurucu içeriğine sahip olmaları (%62 ve %58,5) renk değişim derecelerinin yüksek olmasını açıklayabilir.⁽²⁷⁴⁾ Her iki kompozitin üretim amacı düşünüldüğünde, optik özellikleriyle ilgili beklentilerin ilk sıralarda olmadığı değerlendirilebilir.

Estelite Σ Quick, sferik submikron inorganik partiküller içeren, çalışma süresi Radikal Güçlendirilmiş Fotopolimerizasyon Başlatıcı Teknolojisi (RAP-Radical-Amplified Photopolymerization initiator technology) ile uzatılmış supra-nanofil kompozittir.

RAP ile polimerizasyon hızı 10sn.'ye düşürülmüştür (CQ için 20sn.). Çalışmamızda kullandığımız rezin materyaller içinde doldurucu yüzdesi en yüksek (hacimce %71) olan kompozittir. Ilie ve ark.⁽²⁷⁵⁾,ın RAP foto-polimerizasyon sistemine sahip kompozitler üzerinde yaptıkları bir araştırmada, Estelite Sigma'nın yüksek doldurucu hacmine rağmen mekanik özelliklerinin sınırlı olduğunu göstermişlerdir. Yüksek doldurucu miktarının yüzeysel polimerizasyon hızını arttıracakını ve daha derin katmanlara ulaşan ışık miktarını engelleyerek artık monomer oranını yükselteceğini iddia etmişlerdir.^(46, 276) Ayrıca RAP sisteminin polimerizasyon hızını CQ'na kıyasla çok daha kısa sürede başlatması bu iddialarını desteklemektedir.^(275, 277)

Estelite Sigma doldurucu hacminin yanında nispeten büyük boyutlu partiküllere de (0,2–3,5 µm) sahiptir. Irawan ve ark.⁽²⁷⁸⁾,nın 2015'te yapmış oldukları bir çalışmada submikron inorganik partikül içeriğine sahip kompozitlerin, test ettikleri diğer kompozitlere kıyasla en yüksek renk değişim değerlerini gösterdiğini bildirmişlerdir. Daha küçük boyutlara sahip ve irregüler şekilli partiküller, gelen kuvvetler karşısında matris içine daha çok gömülürken, büyük boyutlu partiküllerde doldurucu /matris arayüzünde fleksürel yorgunluğa bağlı kopmalar olmaktadır.⁽²⁷⁹⁾ Ayrıca daha büyük partikül boyutları daha pürüzlü bir yüzeye neden olacağından, renklendirici maddelerin rezin yüzeyine nüfuz etmesi ve adsorpsiyonu da artacaktır.^(280, 281)

Dental kompozitlerin, formülasyonlarındaki maddelerin doğası gereği, ağız gibi sulu bir ortama uzun süre maruz kaldıklarında, çeşitli derecelerde renk değişimine uğradıkları bilinmektedir. Uchida ve ark.⁽⁴³⁾,na göre bu renk değişikliği, sarı tonlarında (chroma) artış olarak meydana gelir.

Renk stabilitesi üzerindeki en büyük iki ana parametre, su emiliminden büyük ölçüde etkilenen rezin matrisin hidrofilik yapısı ve doldurucu partikül miktarına oranıdır.^(282, 283) Bu nedenle özellikle suda çözünür pigmentlerin (sentetik boyalar gibi) daha fazla renk değişimine neden olması beklenecektir.⁽²⁸⁴⁻²⁸⁹⁾ Resin matrisin doldurucu partikül miktarına oranı ne kadar yüksek olursa, o kadar fazla su emilimi ve müteakip renk değişikliği gerçekleşecektir.⁽²⁹⁰⁻²⁹²⁾ Bu nedenle yüksek oranda inorganik doldurucu içeriği, daha düşük su emilimine neden olarak daha iyi bir renk stabilitesi sağlayabilir.⁽²⁹³⁻²⁹⁵⁾

Çalışmamızda en az renk değişimi CHR, UST ve SPC gruplarında görülmüş ve bu kompozitlerin renk değişim değerleri arasında (ΔE_{00}) istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Charisma Smart, baryum alüminyum boro floro silikat cam (microglass) partiküllere sahip sub-mikrohibrit kompozittir. Üretici firma (Kulzer GmbH, Almanya), microglass özelliği ve renk sabitleme teknolojisini ön plana çıkarmıştır. Balkaya ve ark.⁽³¹⁾'nin 2020'de yapmış oldukları retrospektif bir klinik çalışmada Charisma Smart ile restore edilen sınıf-2 kavitelere 2 yıl sonunda anlamlı bir renk değişikliği gözlenmediği sonucuna varmışlardır ($p < 0,05$). Çelik ve ark.⁽²⁹⁶⁾ ise (2011) submikrohibrit kompozit materyallerin nanohibrit kompozitlere göre, daha az renk değişimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Fidan⁽²⁹⁷⁾ 2022'de yapmış olduğu submikrohibrit kompozit (Charisma Smart) rezinlerin, nanohibrit ve mikrohibrit rezinlerden önemli ölçüde daha düşük ΔE değerlerine sahip olduğunu göstererek, Çelik ve ark.⁽²⁹⁶⁾'ın çalışmasıyla uyumlu sonuçlar elde etmiştir. Ancak yine submikron partikül büyüklüğüne sahip EST'nin çalışmamızda en büyük renk değişim değerlerini göstermesi bu sonuçlarla çelişmektedir. EST'nin aktivatör olarak RAP sistemine sahip olması ve doldurucu içeriğinin eşit boyutlarda sferik partiküllerden oluşması, Charisma ile farklılık gösteren esas faktörlerdir.

Ultimate Universal Restorative, 3M'in TRUE nanoteknoloji sistemi sayesinde doldurucu içeriği artırılmış (hacimce %63) nanofil kompozittir. Ultimate'in renk stabilitesinin yüksek olması doldurucu / matris oranı (hacimce %63,3) ve hidrofobik monomer içeriği düşünüldüğünde tutarlı görünmektedir. UDMA, Bis-EMA ve polimerizasyon büzülmesini önlemek için TEGDMA ile yüksek oranda değiştirilen PEGDMA düşük su emilim özelliklerine sahiptir.⁽²⁹⁸⁾

Spectra ST, SphereTEC® pre-polimerize küresel, granüle dolgu teknolojisine sahip nanohibrit kompozittir. Gurgan ve ark.⁽²⁹⁹⁾'ın, 2021'de rezin kompozitlerin mekanik ve optik özellikleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada Spectra ST ve Ultimate restoratif materyallerinin benzer renk stabilitelere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Matris bileşiminde bulunan Tri-etilen-glikol-dimetakrilat (TEGDMA), modifiye Bis-GMA (Etoksillenmiş bisfenol-A dimetakrilat; Bis-EMA) ve aromatik UDMA (AUDMA) gibi ek ko-monomerler, değişen derecelerde su afinitesine sahiptir.

Özellikle TEGDMA yüksek miktarda su absorpsiyonu gösterir. AUDMA'nın aromatik grubu, monomerin su afinitesini azaltır ve UDMA'ya kıyasla daha dik bir temas açısına sahiptir.⁽²⁸²⁾ Genel olarak, çalışmalar, UDMA kompozitlerinin Bis-GMA bazlı rezinlere kıyasla daha iyi renk stabilitesine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermiştir.^(290, 300, 301) Bu da UDMA'nın düşük su absorpsiyonu ve çözünürlük karakteri ile ilgilidir.⁽³⁰²⁾ Gajewski ve ark.⁽³⁰³⁾ Bisfenol-A glisidil metakrilatın (Bis-GMA) su absorpsiyonunun UDMA VE Bis-EMA'dan fazla olduğunu bildirmişlerdir.⁽³⁰³⁾ Ancak TEGDMA'ya kıyasla daha azdır. Monomerlerin su absorpsiyon eğilimlerine göre sıralanışı aşağıdaki gibidir;

AUDMA <UDMA <modifiye Bis-GMA (Bis-EMA) < Bis-GMA <TEGDMA

Rezin esaslı materyallerde bağlayıcı silan içeriği ve kalitesi, renk stabilitesini etkileyen diğer bir faktördür.⁽²⁵¹⁾ Zayıf bir silanizasyon, büyük miktarda su emilimine ve dolayısıyla daha az renk stabilitesine neden olan zayıf bir doldurucu ve matriks arayüzüne neden olur.^(295, 304, 305) Özellikle pre-polimerize partiküllerin rezin matriksten ayrılma risklerinin daha yüksek olduğu düşünülür.⁽³⁰⁶⁾ Aşırı su emilimi, rezin matriksin genişlemesine ve plastisize olmasına ve bağlayıcı silanın hidrolize uğramasına sebep olur.⁽³⁰⁷⁾ Bu çözümler sonucu materyalin yapısından ayrılan inorganik partiküller, fiziksel ve optik özelliklerin değişmesine neden olabilir.⁽³⁰⁸⁾ Ayrıca doldurucu ile matriks arayüzünde oluşan mikro çatlaklar ve boşluklar renklendirici ajanlar için en olası penetrasyon yollarıdır.⁽³⁹⁾

Su emilimini etkileyen bir diğer etken monomerlerin dönüşüm derecesidir.^(295, 309, 310) Dönüşüm derecesi, reaksiyona girmemiş monomer miktarı ile doğrudan ilişkilidir.⁽³⁰⁹⁾ Düşük monomer dönüşümü, yüksek oranda reaksiyona girmemiş monomer oluşumuna neden olarak daha yüksek su emilimine ve renk bozulmasına neden olur.^(301, 311) Rezin esaslı materyallerin aynı kütleme koşullarında dönüşüm derecesi, monomer içeriklerine göre farklılık göstermektedir.^(295, 309) Bis-GMA'nın UDMA ve TEGDMA'ya göre daha düşük dönüşüm derecesi gösterdiği bildirilmiştir.⁽³¹⁰⁾ Başlıca rezin monomerlerin dönüşüm dereceleri aşağıdaki gibidir:^(291, 311)

Bis-GMA <Bis-EMA <UDMA <TEGDMA

Mevcut rezin kompozitlerin çoğunda kütlemeden hemen sonra büyük bir renk değişikliği meydana gelir. Bu değişikliklerin derecesi kompozitin markasına,

kalınlığına ve tonuna bağlıdır. Genel olarak kompozit rezinlerin rengi polimerizasyon sırasında daha koyu bir hale gelse de 24 saat sonra tekrar açılma eğilimindedir. TEGDMA başlangıç polimerizasyon derecesini arttırdığı ve reaksiyona girmemiş monomerler diğer monomerlere kıyasla daha az olduğu için, miktarı ne kadar fazla olursa kürlenmeden sonra devam eden polimerizasyon ve renk değişimi o kadar az olacaktır.^(48, 312)

Çalışmamızda tüm örnekler, ağız ortamını taklit etmek ve post-polimerizasyon sürecinin tamamlanmasını beklemek için başlangıç (T0) ölçümlerinden önce 24 saat distile suda bekletilmiştir.⁽³¹³⁾ Shamszadeh ve ark.⁽²⁷⁰⁾'nın 2016'da yaptıkları bir çalışmada, distile suda bekletilen örneklerin bekletmeden önce, 1. günde ve 7. günde ölçülen renk değişim değerlerinde anlamlı farklılıklar olmadığı gösterilmiştir. Falkensamme ve ark.⁽³¹⁴⁾ ise farklı rezin kompozitlerin renk değişim değerlerini araştırdıkları bir çalışmada 4 hafta boyunca distile suda bekletilen örneklerde algılanabilir bir renk değişimi gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Renklendirici solüsyonlar veya beyazlatıcı ajanlarla yapılan birçok çalışma, bekletme süreleri incelendiğinde 1 ila 365 gün arasında büyük değişkenlik göstermektedir. Ancak bu çalışmalarda en çok 7, 28 ve 30 günlük bekletme süreleri tercih edilmiştir.⁽³¹⁵⁾ Hafez ve ark.⁽³¹⁶⁾ 24 saat kahveye daldırmanın 1 aylık klinik etkiyi simüle ettiğini bildirmişlerdir.^(268, 316) Bu ifade 8 yıllık klinik yaşlanmayı simüle etmek için numuneleri 99 gün boyunca kahveye daldıran, Ertaş ve ark.⁽³¹⁷⁾ ve Ardu et al.⁽²⁵¹⁾ tarafından da onaylanmıştır.

Dental materyalleri 7 gün gibi görece kısa bir süre renklendirici solüsyonlara maruz bırakmanın da materyallerde renk değişikliğine neden olduğu gösterilmiştir.^(299, 318) 7 günlük saklama süresi, içeceğin yaklaşık yedi aylık süre boyunca 10.080 dakikalık tüketimini simüle etmektedir.⁽³¹⁸⁾ Renklenmenin su emilimi ile yakından ilişkili olduğu ve su emiliminin büyük kısmının ilk hafta boyunca gözlemlendiği bildirilmiştir.⁽³¹⁸⁻³²³⁾

Çalışmamızda kullanılan örnekler 2 mm kalınlık ve 7 mm çapında kompozit diskler şeklinde hazırlanmıştır. Literatürde en çok kullanılan numune şekli "disk" olmuştur.^(268, 324, 325) Disk çapı, ölçüm cihazının okuma açıklığı boyutuna bağlı olarak farklı çalışmalarda değişiklik göstermektedir. Çalışmamızda örneklem çapı, ölçüm ucunun

diskleri tam olarak ortalaması ve sonuçların olası kenar düzensizliklerinden etkilenmemesi amaçlanarak, okuma açıklığını (Vita Easyshade için 5mm) 1mm aşacak şekilde hesaplanmıştır. Kalınlıkla ilgili olarak bazı yazarlar, olası renk değişikliklerini saptamak için kalınlığın <3 mm olması gerektiğini ve 2 mm'nin en sık test edilen kalınlık olduğunu bildirmiştir.^(268, 324, 325) Ayrıca polimerizasyon büzülmesi ve C faktörünü asgari düzeyde tutmak için örneklem kalınlığının 2mm üzerinde olmaması önerilmektedir.⁽³²⁶⁾ Ceballos ve ark.⁽³²⁷⁾ ise polimerizasyon derinliği düşünüldüğünde, kompozit kalınlığının 2,5mm'yi aşmaması gerektiğini savunmuşlardır.

Doldurucu boyutlarının küçültülmesiyle renk stabilitesini artırması beklenir⁽²⁹⁶⁾ ancak pratikte, daha küçük partikül boyutları, her zaman daha az renklenme anlamına gelmez.⁽³²⁸⁻³³⁰⁾ Rezin kompozitlerin renk stabilitesi, matriks ve doldurucu içeriği ve oranlarının yanında; makroskobik olaylar, pigment içeriği, oligomerlerin ve monomerlerin saflığı, aktivatörlerin konsantrasyonu/tipi, başlatıcılar, inhibitörler ve reaksiyona girmemiş karbon-karbon çift bağlarının oksidasyonu gibi bir çok faktörden etkilenmektedir.^(296, 330) Özellikle rezidüel aminlerin bozunması ve reaksiyona girmemiş karbon-karbon çift bağlarının oksidasyonu, kompozitlerin sararmasına (b koordinatlarında artışa) neden olur.⁽³²⁹⁾ Bu nedenle nano kompozitlerin renk değişimlerinin, monomerlerin düşük dönüşüm derecesinden veya yaşlanma sürecinden kaynaklandığı varsayılır.⁽³³⁰⁾

Çalışmamızda SPC (Nanohibrit), ULT(Nanofil) ve CHR (Mikrohibrit); RBF (Mikrohibrit), EST(nanofil) ve OBF (nanofil) kompozitlere göre daha iyi renk stabilitesi göstermişlerdir.

Literatürde kompozit rezinlerin renk stabilitesi ve doldurucu özellikleri arasındaki ilişki tartışmalı bir konudur. Poggio ve ark.⁽³³¹⁾ 2012'de yaptıkları bir çalışmada nanohibrit ve mikrohibrit rezin kompozitlerin renk stabiliteeleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını öne sürmüşlerdir. Tanthanuch ve ark.⁽³³²⁾ ise 2016'da nanofil ve nanohibrit kompozitler üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada nanohibrit kompozit rezinlerin daha kötü bir renk stabilitesi gösterdiklerini bildirmişlerdir. Huang ve ark.⁽³³³⁾ 2022'de genel olarak mikrohibrit kompozitlerin, nanohibrit kompozitlere göre daha az renk değişimi gösterdiğini ancak farklı sonuçlar bulunmasına rağmen, nanofil, nanohibrit ve mikrohibrit kompozitler arasında klinik olarak anlamlı bir fark

görülmediğini bildirmişlerdir. Mikrofil kompozitler ise optik özellikler bakımından diğer rakiplerinden önemli ölçüde geri kalmaktadır.⁽²⁶⁾

Çalışmamızda da genel olarak renk değişim değerlerinin, doldurucu partikül büyüklüklerine kıyasla rezin matris/doldurucu oranlarıyla daha çok paralellik gösterdiği söylenebilir (Estelite bu genellemenin dışında kalmaktadır). Partikül büyüklüğü ise esas olarak cilalanabilirlik üzerinde etki göstererek, dolaylı olarak materyallerin renk stabilitesini değiştirebilir. Çalışmada standardizasyonu sağlayarak, cila sistemlerinden kaynaklanabilecek değişimleri ve partikül büyüklüklerinin etkisini en aza indirmek amacı ile örnekler Mylar şeritler ile hazırlanmış, ilave bitirme ve cila işlemleri yapılmamıştır. Ergücü ve ark.⁽³²²⁾, 2008'de yaptıkları bir çalışmada Mylar şeritler ile hazırlanan numunelerin, cilalanmış numunelerle karşılaştırıldığında daha yoğun renk değişiklikleri gösterdiklerini bulmuşlardır. Mylar şerit ile elde edilen yüzey tamamen pürüzsüz olmasına rağmen, organik bağlayıcı açısından zengindir.^(286, 334) Son araştırmalar, Mylar şerit ile bitirme işlemlerinin diğer bitirme işlemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük yüzey sertliğine neden olduğunu göstermiştir.⁽³³⁵⁻³³⁷⁾ Daha düşük polimerizasyon derecesine ve mikrosertliğe sahip bir yüzeyin, daha fazla renk değişimi sergileyebileceği, literatürde daha önce yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.⁽³³⁸⁾ Çok adımlı cilalama tekniği, hem nano dolgulu hem de mikrohibrit kompozitler için, düşük pürüzlülük değerleri ve yüksek renk stabilitesi sağlar.⁽³³⁹⁾

Materyallerin organik matriks içeriği ve doldurucu/matris oranı, inorganik doldurucu boyutlarına göre renk stabilitesi üzerinde daha etkili olabilir.^(295, 311) Ergücü ve ark.⁽³²²⁾'nin 2008 tarihli araştırmalarında, kompozit rezinlerin renk değişimlerinin büyük ölçüde rezin matriks ile ilgili olduğunu ileri sürmeleri, bu önermeyi desteklemektedir. Renk stabilitesi, kompozitlerin rezin fazı ile doğrudan ilişkilidir UDMA, BisGMA veya TEGDMA'dan daha fazla renklenmeye karşı direnç gösterdiği bildirilmiştir.^(339, 340)

Uchida ve ark.⁽⁴³⁾ renk değişiminin, renk seçiminden de (pigment içeriği) güçlü bir şekilde etkilendiğini öne sürmüşlerdir. Seçilen materyalin rengi ne kadar açık olursa, bozulma eğilimi de o kadar yüksek olmaktadır.⁽⁴³⁾ İnsan dişlerinde en yaygın renk tonlarından biri olduğu ve klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada tüm materyallerde A2 renk tonu kullanılmıştır.⁽³⁴¹⁾

Estetik restoratif materyallerin fiziksel özellikleri, özellikle nanokompozitlerin matriks sistemleri, doldurucu miktarları, boyutları ve şekillerinin değiştirilmesiyle büyük oranda iyileştirilmiştir.^(261, 342-344) Ancak üretim teknolojisindeki bu gelişmelere rağmen, restorasyonlar hala pigmentasyona ve renk bozulmasına maruz kalmaktadır.⁽³⁴⁵⁾

Kompozitlerin renk stabilitesinin incelendiği in vitro ve in vivo çalışmalarda, materyallerin optik özelliklerinin ve prognozunun yapısal bileşenleri yanında, bitirme cilalama prosedürleri ve beslenme alışkanlıkları gibi faktörlerden de etkilendiği gösterilmiştir.^(251, 346)

Rezin matriksin ve doldurucu partiküllerin özellikleri içsel değişikliklere neden olurken: gıda, içecek, ilaçlar, besin takviyeleri, kozmetik ürünler, hatta ağız bakım ürünleri genellikle dış kaynaklı renklenmelere neden olur.⁽³⁴⁷⁾

Renk ölçümü ile görsel algı arasındaki ilişkiyi geliştirmek için birçok renk tanımlama sistemi önerilmiştir. Çünkü algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşikleri yalnızca görsel ve enstrümantal ölçüm yöntemleri birleştirilerek nicelendirilebilir.^(229, 348) Karşılaştırılan nesnelere arasındaki renk farkı, gözlemcilerin %50'si tarafından görülebildiğinde (diğer %50 fark görmeyecektir), bu durum %50:50 algılanabilir eşik değerine karşılık gelir.⁽³⁴⁹⁾ Renk farkı, gözlemcilerin %50'si tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirildiğinde (diğer %50'si kabul edilemez olarak değerlendirecektir) ise, %50:50 kabul edilebilir eşik değerine karşılık gelir.⁽³⁵⁰⁾

Diş hekimliğinde, renk farkı için kabul edilebilir eşik değeri, algılanabilir eşik değerinden daha yüksektir.⁽³⁵¹⁻³⁵³⁾ Bununla birlikte, bu değerler çoğu çalışmada in vitro olarak çalışılmıştır. Bu nedenle sonuçlar klinik koşullara uyarlanırken güçlü tahminlerden öteye geçemez.⁽³⁵⁴⁾

Renk parametreleri, 1978'de Commission Internationale de l'éclairage (CIE) tarafından belirlenen uzayın üç yönünde L*, a* ve b* koordinatları olarak belirlenmiştir. L* Munsell renk sisteminde value değişkene karşılık gelirken; a* ve b* ise rengin chroma'sını gösterir.⁽³⁵⁵⁾

Dental materyallerde renk değişiminin hesaplanmasında CIELAB (ΔE_{ab}) veya CIEDE2000 formülü (ΔE_{00}) kullanılmaktadır. CIELAB sisteminde renk değişim

miktarı L^* , a^* ve b^* koordinatlarının başlangıç ve son noktaları arasındaki fark hesaplanarak elde edilir.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

CIELAB, 2001 yılında ΔE_{ab}^* formülünü geliştirerek CIEDE2000'i sunmuştur.⁽³⁵⁰⁾ Algısal tekdüzelik sorununu çözmek için beş düzeltme eklemiştir.⁽³⁵⁶⁾

- 1- Hue rotasyon terimi (RT) (Sorunlu mavi-mor bölgeyi (275° civarındaki hue açıları) çözmek için)
- 2- Nötral renk kompanzasyonu
- 3- Value kompanzasyonu (S_L)
- 4- Hue kompanzasyonu (S_H)
- 5- Chroma kompanzasyonu (S_C)

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \cdot \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

Bu düzeltmeler ile CIELAB formülünde problem yaratan alan düzensizlikleri ve değişen aydınlatma koşullarının negatif etkileri büyük ölçüde iyileştirilmiştir.^(299, 357)

$\Delta L'$, $\Delta C'$ ve $\Delta H'$, lightness, chroma ve hue değerlerinin iki ölçüm arasındaki değişim miktarını gösterir. S_L , S_C ve S_H ise rengin bu üç özelliği için tartım fonksiyonlarıdır. K_L , K_C ve K_H farklı gözlenen parametrelere göre düzenlenmiş faktörlerdir ve 1 olarak kabul edilmiştir.^(358, 359)

2016'da Gómez ve ark.⁽²⁵⁴⁾, in iki formül üzerinde yaptıkları araştırmada, CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülünün daha hassas olduğunu ve insan gözü tarafından algılanan renk farklılıklarını Euclidean CIELAB formülünden daha iyi yansıttığını bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada kadınların renk farklılıklarına erkeklerden daha duyarlı olduklarını iddia etmişlerdir.⁽³⁶⁰⁾

CIEDE 2000 (1:1:1) için algılanabilir (0,81 birim) ve kabul edilebilir (1,77 birim) eşik değerleri belirlenirken, 2015 yılında renklerin eşik değerleri üzerinde yapılan bir çalışma baz alınmıştır.⁽³⁶¹⁾ Çalışmamızda dental materyallerdeki %50:50 algılanabilir eşik değeri (PT) ΔE_{00} : 0,8; %50:50 klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri (AT)

ΔE_{00} : 1,8; olarak belirlenmiştir. Yani 0,8'in altında kalan renk değişim ΔE_{00} değerleri insan gözü tarafından fark edilemezken; 1,8'in altında kalan renk değişim ΔE_{00} değerleri ise anlamlı bulunmamaktadır. ⁽²¹⁹⁾

Çalışmalarda renklendirme potansiyellerini incelemek üzere kola, kahve, çay, meyve suyu, şarap hatta sigara dumanı vb. birçok renklendirici ajan test edilmiştir. ⁽³⁶²⁻³⁶⁴⁾ Ancak literatürde günümüzde birçok üründe sıkça kullanılan renklendirici gıda katkı maddelerinin etkilerini doğrudan inceleyen kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır.

Renk katkı maddeleri dünya genelinde günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Avrupadan, Amerikaya birçok ülkede Evcil hayvan mamalarından kozmetiğe; her gün tüketilen gıdalardan ilaçlara kadar birçok sektörde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. ⁽⁹⁸⁾

Gıda boyaları olası kalite düşüklüğünü gizlememek koşuluyla, ürünlerde doğal olarak bulunan rengi arttırmak, kaybolan rengini tekrar yerine koymak, mevcut rengi değiştirmek veya değişik renk tonları elde ederek, ürünleri daha cazip hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır. ⁽⁵⁷⁾

İlaç sektöründe kullanımı çeşitli tabletleri, kapsülleri, şurupları, multivitamin takviyelerini ve ayrıca renklerinden dolayı çocukların ilgisini çeken bazı ilaçları kapsar. ⁽⁵⁸⁾ Bunun yanında diş macunları, gargaralar, beyazlatıcı jeller gibi ağız bakımı ve kişisel hijyen ürünleri için de çeşitli amaçlarla boyalar kullanılır. ⁽³⁶⁵⁾

Renklendirici katkı maddeleri esas olarak sertifikalı (sentetik) ve sertifikasız (doğal) boyalar olarak iki gruba ayrılır. Doğal boyalar genellikle kararsız bir kimyasal yapıya sahip olduğundan kolayca etkilenecek bozunmaya uğrarlar. Bu nedenle, doğal boyalar kısmen veya tamamen, daha yüksek stabilite veya daha düşük fiyat gibi avantajları olan sentetik muadilleri ile değiştirilmiştir. ⁽⁵⁸⁾

Sentetik renklendiriciler, yüksek saflıkta, sabit kalitede ve büyük miktarlarda üretilmelerini sağlayan kimyasal sentezle elde edilirler. Isıya, ışığa ve kimyasal etkileşimlere duyarlılık açısından doğal renklere göre avantajları vardır. Ayrıca bu renkler tatsızdır ve çok küçük miktarları bile yüksek derecede renk yoğunluğu sağlar. ⁽¹⁰¹⁾

Sertifikalı boyaların hepsi suda çözünür ve 4 grupta incelenir:

1-Azo Boyalar,

2-Trifenilmetan,

3-Floresin Tip,

4-Sülfonathı Indigo. ⁽⁶⁹⁾

Suda çözünürlükleri yüksek olduğu için gıda sanayinde kullanımları kolay ve yaygındır. Trifenilmetan, indigo ve floresin boyalar, azo boyalara kıyasla kimyasal reaksiyonlara daha dirençlidirler. Ancak İndigotin ve eritrosin, ultraviyole ışık ile kolayca okside olarak rengini kaybeder. ⁽⁷⁰⁾

Renklendirici özellikleri ve gıda üreticilerinin ihtiyaçları doğrultusunda sarı, kırmızı, pembe gibi sıcak renkler mavi, kahverengi, yeşil gibi renklere göre daha yaygın kullanılırlar. ⁽¹⁰¹⁾ Bu nedenle sentetik boyalar içindeki en büyük grubu (%60-70) azo boyalar oluşturur. ⁽⁶⁹⁾

Çalışmamızda gıda sektöründe en çok kullanılan renklendirici katkı maddeleri arasında gelen Tartrazin (E102), Sunset Yellow (E110), Brilliant blue (E133), Ponceau 4R (E124) ve Azorubin (Karmosin) (E122) boyaları seçilmiştir. ⁽³⁶⁶⁾

Bazı renklendiriciler karsinojenik, toksik veya alerjik bulunarak kullanımları yasaklanmıştır. ⁽³⁶⁷⁾ Renk maddelerinin kullanımı ve izin verilen kullanım miktarları ulusal ve uluslararası bir çok kuruluş ile denetim altında tutulmaktadır. ⁽³⁶⁸⁾

Kullanımı izin verilen gıda boyaları alkolsüz aromalı içeceklerde, 100 mg/L limite kadar kullanılabilir. Fakat sağlık açısından ; E110 (Sunset Yellow FCF), E122 (Azorubin), E124 (Ponceau 4R) ve E155 (Brown HT) kodlu renklendiricilerin maksimum kullanılabilir miktarı 50 mg/L ile sınırlandırılmıştır. ⁽⁹¹⁾ Bu nedenle solüsyonlar hazırlanırken alkolsüz içeceklerde izin verilen bu maksimum limit baz alınmıştır.

Hem CIELAB hem de CIEDE2000 formülleri renklendirme kapasitesi en yüksek olan boyanın Brilliant Blue olduğunu göstermiştir. Brilliant Blue'yu kırmızı renk tonları; Karmosin ve Ponceau 4R izlerken, bunların ardından sarı renk tonları; Tartrazin ve

Sunset Yellow gelmektedir. En az renk değişikliği ise kontrol grubunda gözlenmiştir. Brilliant Blue tüm boyalarla ve distile suda bekletilen kontrol grubuyla istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Bu nedenle çalışmamızın ikinci sıfır hipotezi ‘farklı gıda boyalarının kompozit rezinlerin renk stabiliteleleri üzerindeki etkilerinin, boyalar arasında farklılık göstermeyeceği’ önermesi reddedilmiştir. Brilliant Blue’nun ardından gelen diğer grupların renklendirici etkileri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

CIEDE2000 ile yapılan ölçümler sonucunda Karmosin, Ponceau 4R ve Sunset Yellow’da bekletilen tüm gruplar algılanabilir renk eşiğini geçmişler ($\Delta E_{00} > 0,8$), ancak klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kalmışlardır ($\Delta E_{00} < 1,8$). Tartrazin ile renklendirilen gruplar içinde ise sadece T-ULT grubu ($\Delta E_{00} = 0,65$) gözlenebilir renk değişimi ($\Delta E_{00} < 0,8$) göstermemiştir. Diğer 5 grubun renk değişimleri ise klinik olarak kabul edilebilir eşiğin altında ($\Delta E_{00} < 1,8$) kalmıştır. Kontrol grubunda Ko-ULT ve Ko-RBF gruplarında algılanabilir renk değişimi olmazken ($\Delta E_{00} < 0,8$); diğer dört grup kabul edilebilir eşik değerinin altında renk değişimi göstermişlerdir ($\Delta E_{00} < 1,8$). Brilliant Blue’da ise B-SPC grubu ($\Delta E_{00} = 1,70$) dışındaki tüm gruplar klinik olarak kabul edilebilir renk eşiğini aşmışlardır ($\Delta E_{00} > 1,8$).

CIELAB formülüyle yapılan ölçümlerde ise genel olarak daha fazla grup algılanabilir eşiğin altında kalmasına rağmen ($\Delta E^*_{ab} < 1,2$), sonuçlar büyük oranda benzerlik göstermektedir. Her iki formülle yapılan hesaplamalar sonucu, en az renk değişimi gösteren kompozit grupları ULT, CHR, SPC ve kontrol grubu olmuştur.

Beyaz dişler, tipik olarak gençlik ve çekicilikle ilişkilendirilir. Kershaw ve ark.⁽³⁶⁹⁾’nın 2008’de yapmış olduğu bir çalışmada katılımcılar, dişleri renklenmiş olan kişileri zayıf sosyal becerilere, yetersiz psikolojik uyum ve ilişki durumuna sahip olarak değerlendirmişlerdir. Beyaz dişlere sahip kişiler daha zeki ve entelektüel kabul edilir.^(370, 371) Sosyal medyanın ve görünürlüğün artması da beyazlatma tedavilerine ve ürünlerine gösterilen talebi arttırmıştır.⁽³⁷²⁾

Beyazlatıcı gargaraların profesyonel beyazlatma prosedürlerine kıyasla çok daha düşük maliyete sahip olması, kolay erişilebilmesi ve taşınabilir olması, hastalar arasında hızla popülerlik kazanmasına neden olmuştur. Bu da konsantrasyon, miktar ve aktif bileşen açısından çeşitli ürünlerin piyasaya çıkmasını hızlandırmıştır.⁽¹⁵⁴⁾

Kitlesel pazar ürünlerinin etki mekanizması esas olarak ikiye ayrılır. Okside edici ajan içeren ürünler, yapısal pigmentleri parçalayarak intrinsik lekelerin ağartılmasını sağlar.^(149, 373) Diğer ürünler ise harici lekelerin çıkarılmasını sağlayan fiziksel veya kimyasal aşındırıcılar içerir.⁽³⁷⁴⁾ Tezgah üstü ürünler genellikle düşük seviyelerde (%3-%6) hidrojen peroksit veya karbamid peroksit içerir.^(160, 375-377) Ancak hidrojen peroksit bugün bir çok komplikasyondan sorumlu tutulmaktadır,^(149, 152, 159-162) bu nedenle tezgah üstü ürünlerin formülasyonlarında kullanımı sınırlıdır.

Beyazlatma ürünleri dişlerle beraber ağızda bulunan mevcut restorasyonların da renklerine etki edebilirler.⁽³⁷⁸⁾ Organik matriks, kompozit rezinlerin diğer restoratif materyallere kıyasla, beyazlatma ajanlarından daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır.⁽³⁷⁹⁾ Gargaraların, estetik restoratif materyaller üzerindeki etkilerini değerlendiren farklı protokollerde yapılmış çalışmalar mevcuttur.^(380, 381) Stadtler ve Pabst⁽³⁸²⁾, alkolün kompozit yüzeylerde degradasyona neden olduğunu bildirmişlerdir.⁽³⁸²⁾ Ayrıca literatürde, yüksek asit oranının kompozit rezinlerin yüzeyinde yumuşamaya neden olduğu gösterilmiştir.⁽³⁸³⁾ Bu nedenle H₂O₂ gibi düşük pH değerlerine sahip ajanlar ve alkol birçok kozmetik ve kişisel hijyen ürünlerinde artık kullanılmamaktadır.

Listerin ağzı çalkama sularının dişler veya restoratif materyaller üzerinde etkilerini araştıran çalışmalarda en sık test edilen markalardan biridir.⁽³⁸⁴⁾ Ancak çoğu ürün gibi içeriği ülkelere veya aynı ülkenin farklı bölgelerine göre değişiklik gösterir. Araştırmamızda alkol veya herhangi okside edici bir ajan içermeyen Listerin Advanced White kullanılmıştır.

Beyazlatma prosedürü sonunda tüm örneklerde (kontrol grubu hariç) hem ΔE_{ab} , hem de ΔE_{00} ile hesaplanan ölçümler sonucu, farklı derecelerde renk değişimleri tespit edilmiştir. Analizler Listerine'in renklendirilmiş kompozit rezinlerde istatistiksel olarak anlamlı renk değişimlerine neden olduğunu ortaya koymuştur ($p < 0,001$) bu nedenle çalışmamızın üçüncü sıfır hipotezi ' gıda boyaları ile renklendirilmiş kompozit rezinlerin renk stabilitelelerinin, beyazlatıcı ağız çalkalama suyu ile muameleleri sonucu değişmeyeceği' önermesi reddedilmiştir.

Beyazlatma protokolü sonrası ΔE_{ab} formülüyle yapılan hesaplamalar sonunda en fazla renk değişimi gösteren RBF ve EST grubundaki tüm örneklerin renk değişim değerleri,

algılanabilir eşiğin üstünde bulunmuştur ($\Delta E_{ab} > 1,2$). OBF grubunda ise Tartrazin ($\Delta E_{ab}=1,02$) solüsyonu dışında tüm örneklerin ΔE değerleri algılanabilir renk eşiğinin üstünde bulunmuştur ($\Delta E_{ab} > 1,2$). ΔE_{00} formülüyle elde edilen sonuçlarda RBF, EST, OBF ve kontrol gruplarındaki tüm örneklerin renk değişim değerleri, algılanabilir renk eşiğini geçmişlerdir ($\Delta E_{00} > 0,8$). Sadece S-ULT, P-SPC, T-CHR ve K-CHR gruplarında algılanabilir bir renk değişimi gözlenmemiştir ($\Delta E_{00} < 0,8$).

Beyazlatma protokolü sonrası genel olarak tüm gruplarda L^* değerleri artış gösterirken, a^* ve b^* değerleri ise değişkenlik göstermektedir. a^* ve b^* değerlerindeki farklılıkların, renklendirici solüsyonların renk tonuyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Brilliant Blue dışında boyanan renklendirilmiş tüm örnekler beyazlama sonucu, başlangıç renk değerlerine yakın L^* , a^* ve b^* değerleri göstermişlerdir (Şekil 4.6). Bu örneklerde renklendirme (T1) ve beyazlatma (T2) protokolleri sonunda elde edilen ΔE (ΔE_{ab} ve ΔE_{00}) değerleri birbirlerine yakın bulunmuştur. Buna ek olarak en çok renklenen kompozitler (EST, RBF, OBF) yine en çok beyazlama gözlenen kompozitler, olmuştur.

Listerine Advanced White formülünde ağartıcı/leke çıkarıcı bileşenler olarak tetrapotasyum pirofosfat ve tetrasodyum pirofosfat içermektedir. Polipirofosfat olarak bilinen sodyum heksametafosfat ise ekstrinsik lekeleri kimyasal olarak çıkarır.^(171, 172) Listerine Advanced White'in beyazlatıcı etkisinden ziyade yüzeysel lekeleri çıkarma özelliği ile etkili olduğu söylenebilir. Hidrojen peroksit içermeyen beyazlatıcı ağız gargaralarının beyazlatma etkilerini değerlendiren bir çalışmada renk değişikliğinin sadece ilk hafta görüldüğü ve bekletme süresinin uzatılmasıyla daha fazla artmadığı bildirilmiştir.⁽³⁷⁴⁾

Kontrol gruplarında hem ΔE_{ab} hem de ΔE_{00} ile hesaplanan sonuçlarda tüm gruplarda gözle görülür renk değişimleri tespit edilmiştir ($\Delta E_{ab} > 1,2$; $\Delta E_{00} > 0,8$).

Her iki hesaplamada da en fazla renk değişimi RBF gruplarında görülmüştür (S-RBF $\Delta E_{ab}=2,5$; Ko-RBF $\Delta E_{00}=1,8$) ($\Delta E_{ab} > 1,2$; $\Delta E_{00} > 0,8$), en az renk değişimi ise S-ULT grubuna aittir ($\Delta E_{ab}=0,8$; $\Delta E_{00}=0,5$) ($\Delta E_{ab} < 1,2$; $\Delta E_{00} < 0,8$).

RubyFlow'un renk değişimindeki yüksek değerlerde ($\Delta E_{ab}=2,5$; $\Delta E_{00}=1,8$), L^* koordinatındaki artış dikkat çekicidir. Bu durum düşük seviyelerdeki doldurucu/matris oranının su emilimini önemli derecede artırması sonucu; materyalin ışık üzerindeki

transmisyon ve yansıtma özelliklerinde oluşan değişikliklerle açıklanabilir. Başka bir teori ise beyazlatma ajanının rezin kompozitlerin yarı saydamlık değerlerinde artışa sebep olduğudur.⁽³⁸⁵⁾

Diğer *in vitro* çalışmalarda olduğu gibi, bu araştırma da bazı sınırlamalar dahilinde yapılmıştır.

Oral kavite nem, sıcaklık ve mekanik kuvvetler gibi değişken faktörler içeren dinamik bir yapıdır.⁽³⁸⁶⁻³⁸⁸⁾ Oklüzal yükler ve çiğneme kuvvetleri rezin kompozitlerin yüzey pürüzlülüğünü, dolayısıyla renklenme potansiyellerini etkiler.⁽³⁸⁹⁾ Bu nedenle laboratuvar ortamı ağız içi koşullarını tam olarak simüle edemez.

In vivo şartlarda, restoratif materyallerin renklenme potansiyeli tükürük, hijyen alışkanlıkları ve diyet içeriği gibi farklı faktörlerden etkilenebilir.⁽³⁹⁰⁾ Depolama ortamı olarak, tükürük kullanılmaması, tükürüğün klirens, pH, remineralizasyon, demineralizasyon ve lubrikasyon gibi etkilerinin değerlendirme dışı bırakılmasına neden olur.

Ayrıca, örneklerin geometrik şekli ve boyutları tipik diş restorasyonlarını yansıtılmamaktadır. Klinik olarak ağız içindeki restorasyonlar uniform bir şekle veya kalınlığa sahip değildir. Daha kalın katmanlar daha az dönüşüm derecesi, dolayısıyla daha çok renklenme eğilimi gösterirler.^(295, 391, 392)

Renk ölçümlerinin yapıldığı arka plan da limitasyonlar arasında sayılabilir. Siyah arka plan üzerinde yapılan ölçümler (beyaz fona kıyasla), ağız içindeki senaryoyu daha iyi yansıtırken test edilen materyaller arasındaki yarı saydamlık farkıyla açıklanabilen daha düşük L* değerleri göstermektedir.⁽²⁵¹⁾ Bu sonuçlar, büyük bir Sınıf 4 restorasyonla benzer özellikler gösterecektir. Ancak bazı küçük Sınıf 3 restorasyonlarda olduğu gibi, kavite preparasyonundan sonra bir miktar dentin ve mine maddesi hala mevcutsa, beyaz zemin ile elde edilen veriler klinik olarak daha anlamlı olacaktır.⁽²⁵¹⁾

Test edilen gıda boyaların sıvı formda olması katkı maddesi olarak kullanıldıkları tüm gıdaları refere etmemektedir. Katı formdaki gıdaların daha yüksek miktarlarda renklendirici içermesi, şeker ve benzeri materyal yüzeyine tutunmayı kolaylaştırıcı ilave içerikler ve çiğneme sırasında dişlere ve restorasyonlara daha fazla temas etmesi, boyaların renklendirme kapasitelerini önemli ölçüde değiştirecektir.

Bu nedenle, yaygın olarak kullanılan gıda boyalarının kompozit rezinlerin fiziksel ve optik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için daha fazla in vitro ve klinik çalışma yapılması önemlidir.



SONUÇLAR

Çalışmamızın sınırlamaları çerçevesinde test edilen gıda boyaları ve kompozitler ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1- Bazı gıda boyaları kompozit dolgu örneklerinde klinik olarak kabul edilemez seviyesine ulaşabilen ve istatistiksel olarak anlamlı renk değişikliklerine sebep olabilir.
- 2- Test edilen gıda boyaları içinde, Brilliant Blue kompozit rezinlerde en yüksek renklenme potansiyeline sahip olan boyadır.
- 3- EST, RBF ve OBF test edilen diğer kompozit rezinlere kıyasla özellikle Brilliant Blue gıda boyası ile renklenmeye daha yatkındır.
- 4- Listerine Advanced White ağız çalkalama solüsyonu, kompozit dolgu örneklerinde gıda boyalarının oluşturduğu renklenmelerin uzaklaştırılmasında etkili bir ajandır.

KAYNAKLAR

1. Rumsey N, Harcourt D. Visible difference amongst children and adolescents: issues and interventions. *Developmental neurorehabilitation* 2007;10(2):113-23.
2. Modi S, Williams L, Greenwood R, Davey N, Crawford P. Development of an illustrated index of tooth appearance-perception-based quantification of tooth discolouration and surface defects. *Int J Paediatr Dent* 2010;20(4):293-304.
3. Weintraub JA. Uses of oral health related quality of life measures in Public Health. *Community dental health* 1998;15(1):8-12.
4. Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of pH on tooth discoloration from food colorant in vitro. *Journal of dentistry* 2010;38:e106-e09.
5. Shulman JD, Maupom G, Clark DC, Levy SM. Perceptions of desirable tooth color among parents, dentists and children. *The Journal of the American Dental Association* 2004;135(5):595-604.
6. Ahmed H, Abbott P. Discolouration potential of endodontic procedures and materials: a review. *International endodontic journal* 2012;45(10):883-97.
7. Mortazavi H, Baharvand M, Khodadoust A. Colors in Tooth Discoloration: A New Classification and Literature Review. *International Journal of Clinical Dentistry* 2014;7(1).
8. Van der Geld P, Oosterveld P, Van Heck G, Kuijpers-Jagtman AM. Smile attractiveness: self-perception and influence on personality. *The Angle Orthodontist* 2007;77(5):759-65.
9. Samorodnitzky-Naveh GR, Geiger SB, Levin L. Patients' satisfaction with dental esthetics. *The Journal of the American Dental Association* 2007;138(6):805-08.
10. Farah RI, Elwi H. Spectrophotometric evaluation of color changes of bleach-shade resin-based composites after staining and bleaching. *The journal of contemporary dental practice* 2014;15(5):587-94.
11. Kelleher MG, Roe FJ. The safety-in-use of 10% carbamide peroxide (Opalescence) for bleaching teeth under the supervision of a dentist. *Br Dent J* 1999;187(4):190-4.
12. Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British dental journal* 2001;190(6).
13. Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M. Resin based restorative dental materials: Characteristics and future perspectives. *Japanese Dental Science Review* 2019;55(1):126-38.
14. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences; 2012.
15. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *The Journal of prosthetic dentistry* 1983;50(4):480-88.
16. Vanini L. *Conservative Restoration of Anterior Teeth*: ACME; 2007.
17. Miletic V. *Dental composite materials for direct restorations*: Springer; 2018.
18. Terry DA, Geller W. *Esthetic & restorative dentistry: material selection & technique*: Quintessence Publishing Company; 2013.
19. Lu H, Lee Y-K, Oguri M, Powers JM. Properties of a dental resin composite with a spherical inorganic filler. *Operative Dentistry* 2006;31(6):734-40.
20. Nagarajan VS, Jahanmir S, Thompson VP. In vitro contact wear of dental composites. *Dental Materials* 2004;20(1):63-71.

21. Stewart MG, Bagby M. Clinical aspects of dental materials: Jones & Bartlett Learning; 2020.
22. Mantri SP, Mantri SS. Management of shrinkage stresses in direct restorative light-cured composites: a review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2013;25(5):305-13.
23. Tahmourespour A, Kasra KR, Salehi R, Nabinezhad A. The relationship between cell surface hydrophobicity and antibiotic resistance of streptococcal strains isolated from dental plaque and caries. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2008.
24. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Celis J-P, Vanherle G. A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental Materials* 1992;8(5):310-19.
25. Korkut B. Anterior Estetikte Kompozit Restorasyonlar: Quintessence Publishing; 2022.
26. Dietschi D, Shahidi C, Krejci I. Clinical performance of direct anterior composite restorations: a systematic literature review and critical appraisal. *Int J Esthet Dent* 2019;14(3):252-70.
27. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, de Oliveira OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011;23(2):73-87.
28. Ryan EA, Tam LE, McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *Journal of Canadian Dental Association* 2010;76:a84-a84.
29. Fahl Jr N. A polychromatic composite layering approach for solving a complex Class IV/direct veneer-diastema combination: part I. *Pract Proced Aesthet Dent* 2006;18(10):641-45.
30. Vinothkumar TS, El-Shamy FM, Mergami JM, et al. Evaluation of Color Assimilation and Translucency of Monoshade Resin Composites: An In Vitro Study. *World Journal of Dentistry* 2020;11(5):362-72.
31. Balkaya H, Arslan S. A Two-year Clinical Comparison of Three Different Restorative Materials in Class II Cavities. *Operative Dentistry* 2020;45(1):E32-E42.
32. Balagopal S, Geethapriya N, Anisha S, et al. Comparative evaluation of the degree of conversion of four different composites polymerized using ultrafast photopolymerization technique: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2021;24(1):77-82.
33. Marovic D, Par M, Macan M, et al. Aging-Dependent Changes in Mechanical Properties of the New Generation of Bulk-Fill Composites. *Materials* 2022;15(3):902.
34. New American Dental Association specification no. 27 for direct filling resins. Council on Dental Materials and Devices. *J Am Dent Assoc* 1977;94(6):1191-4.
35. Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins. *Acta Odontologica Scandinavica* 1983;41(1):11-18.
36. Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ. Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* 1978;57(9-10):876-80.
37. Kolbeck C, Rosentritt M, Lang R, Handel G. Discoloration of facing and restorative composites by UV-irradiation and staining food. *Dental Materials* 2006;22(1):63-68.

38. Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H. In vitro color change of composite-based resins. *Dental Materials* 1989;5(6):384-7.
39. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of Dentistry* 2010;38:e137-e42.
40. Vaddamanu SK, Vyas R, Pati SK, et al. Effect of food colorants on color of denture base acrylic resins. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences* 2021;13(5):664.
41. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent* 2002;87(3):264-70.
42. Domingos PAdS, Garcia PPNS, Oliveira ALBMd, Palma-Dibb RG. Composite resin color stability: influence of light sources and immersion media. *Journal of Applied Oral Science* 2011;19:204-11.
43. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *The Journal of prosthetic dentistry* 1998;79(4):372-77.
44. Brauer G. Color changes of composites on exposure to various energy sources. *Dental Materials* 1988;4(2):55-59.
45. Hosoya Y. Five-year color changes of light-cured resin composites: influence of light-curing times. *Dent Mater* 1999;15(4):268-74.
46. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European journal of oral sciences* 2004;112(3):280-85.
47. Shin DH, Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *Dent Mater* 2009;25(8):1030-8.
48. Sabatini C, Campillo M, Aref J. Color stability of ten resin based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2012;24(3):185-99.
49. Porto ICCdM, Soares LES, Martin AA, Cavalli V, Liporoni PCS. Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Brazilian oral research* 2010;24:475-81.
50. Asmussen E, Hansen EK. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *European Journal of Oral Sciences* 1986;94(2):174-77.
51. Oguz S, Mutluay MM, Dogan OM, Bek B. Color change evaluation of denture soft lining materials in coffee and tea. *Dental materials journal* 2007;26(2):209-16.
52. Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of bleaching on tooth discolouration from food colourant in vitro. *J Dent* 2011;39 Suppl 3:e52-6.
53. Anonim. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi, Gıda Maddelerinde Kullanılan Renklendiricilerin Saflık Kriterleri Tebliği 2001/27. Resmi Gazete 2002.
54. Erdoğan Ş. Ankara piyasasında satışı sunulan bazı gıdalarda sentetik boya miktarlarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi 2007.
55. Sezgin AC, Ayyıldız S. Çocukların tükettiği atıştırmalık gıdalarda kullanılan renklendiricilere ilişkin bir araştırma. *OPUS International Journal of Society Researches* 2019;11(18):877-913.

56. Büyükdere Y, Ayaz A. Gıdalarda kullanılan renklendiricilerin sağlık yönü: dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğu. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 2016;44(2):169-77.
57. Atlı B. Gıda boyaları [Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi; 2010.
58. Šuleková M, Hudák A, Smrčová M. The Determination of Food Dyes in Vitamins by RP-HPLC. *Molecules (Basel, Switzerland)* 2016;21(10):1368.
59. McKone HT. The history of food colorants before aniline dyes. *Bulletin for the History of Chemistry* 1991;10:25-31.
60. Francis FJ. Food colorings. *Colour in food: Improving quality* 2002;16:297-330.
61. Burrows J, Adam. Palette of our palates: a brief history of food coloring and its regulation. *Comprehensive Reviews in food science and food safety* 2009;8(4):394-408.
62. Downham A, Collins P. Colouring our foods in the last and next millennium. *International journal of food science & technology* 2000;35(1):5-22.
63. Elliot AJ, Maier MA. Color psychology: Effects of perceiving color on psychological functioning in humans. *Annual review of psychology* 2014;65:95-120.
64. Strauss ED, Schloss KB, Palmer SE. Color preferences change after experience with liked/disliked colored objects. *Psychonomic bulletin & review* 2013;20:935-43.
65. Palmer SE, Schloss KB. An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2010;107(19):8877-82.
66. Lewis M, Haviland-Jones JM, Barrett LF. *Handbook of emotions*: Guilford Press; 2010.
67. Kurtz AJ, Lawless HT, Wansink B, Acree TE. The Impact of Vision on Flavor Perception. *Flavour science: Elsevier*; 2014. p. 21-25.
68. Sable P, Akcay, Okan. Color: Cross cultural marketing perspectives as to what governs our response to it. *Proceedings of ASBBS Annual Conference* 2010;17.
69. Çakmakçı S. Gıda katkı maddeleri: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi; 1995.
70. Yentür G, Yaman M, Bayhan A. Bazı gıda maddelerine katılan sentetik boyaların miktarlarının araştırılması. *Gıda* 1998;23(3).
71. Amchova P, Kotolova H, Ruda-Kucerova J. Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory toxicology and pharmacology* 2015;73(3):914-22.
72. Stich E. Food color and coloring food: quality, differentiation and regulatory requirements in the European Union and the United States. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Elsevier*; 2016. p. 3-27.
73. Renwick A. Toxicology databases and the concept of thresholds of toxicological concern as used by the JECFA for the safety evaluation of flavouring agents. *Toxicology letters* 2004;149(1-3):223-34.
74. Commission E. European Parliament and Council Directive No. 94/36/EC of 30 June 1994 on colours for use in foodstuffs. *Official Journal* 1994;237.
75. Keener L. Food safety and regulatory survey of food additives and other substances in human food. *Ensuring Global Food Safety: Elsevier*; 2022. p. 259-73.
76. Food, Administration D. Food and Drug Administration Department of Health and Human Services. *Food for Human Consumption* 2007.

77. Lehto S, Buchweitz M, Klimm A, et al. Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions. *Food Additives & Contaminants: Part A* 2017;34(3):335-55.
78. Organization WH. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series 2000(896).
79. Gültekin F. Fark Etmeden Yediklerimiz: Gıda Katkı Maddeleri: Server İletişim; 2014.
80. Organization WH. Codex Alimentarius: general standard for food additives. Codex Alimentarius: general standard for food additives. 2011.
81. Commission JFWCA. Codex alimentarius: Food & Agriculture Org.; 1992.
82. Ekşi A. Ankara piyasasından sağlanan pasta süsleri ve bazı şekerlemelerde sentetik boya miktarlarının araştırılması. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Analizleri ve Beslenme Bilim Dalı 1996.
83. Yentür G. Ankara piyasasından sağlanan pasta süsleri ve bazı şekerlerde sentetik boya miktarlarının araştırılması. 1996.
84. Borcaklı M. Gıda Üretiminde antimikrobiyal maddelerin kullanımı ve mikrobiyolojik güvencenin sağlanması. TMMOB yayınları, Ankara 1999:16-21.
85. Anonim. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi, Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler Tebliği, (No:2002/55). Resmi Gazete 2002.
86. Thorngate J. Synthetic Food Colorants. *Food Science and Technology*, New York, Marcel Dekker 2002:477-500.
87. Maronpot RR, Hayashi S-m, Bastaki M. Synthetic and natural food colorants. *Foods & Foods Ingredients Journal* 2020;225(2):100-10.
88. Klaus B. Legislation: Law in the EU. *European Food and Feed Law Review: EFFL* 2011;6(6):351.
89. Regulations. CoF. 21 CFR part 70: Color additives, Part 73: Color additives exempt from certification. 2016.
90. Coultate T, Blackburn RS. Food colorants: Their past, present and future. *Coloration Technology* 2018;134(3):165-86.
91. Saldamlı İ. Gıda katkı maddeleri ve ingrediyenler: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 1985.
92. Parkinson TM, Brown JP. Metabolic fate of food colorants. *Annual Review of Nutrition* 1981;1(1):175-205.
93. Shamina A, Shiva K, Parthasarathy V. Food colours of plant origin. 2007.
94. Kobylewski S, Jacobson MF. Toxicology of food dyes. *International journal of occupational and environmental health* 2012;18(3):220-46.
95. Yörük N, Danyer E. Gıda katkı maddeleri genel bilgiler ve tanımlar. *Türkiye Klinikleri Dergisi* 2016;2(2):1-10.
96. Karatepe TU, Ekerbiçer HÇ. Gıda katkı maddeleri. *Sakarya Tıp Dergisi* 2017;7(4):164-67.
97. Sezgin AC, Ayyıldız S. Food additives: colorants. *Science within Food: Up-to-Date Advances on Research and Educational Ideas* 2017:87-94.
98. Simon JE, Decker EA, Ferruzzi MG, et al. Establishing Standards on Colors from Natural Sources. *J Food Sci* 2017;82(11):2539-53.
99. Hendry GAF, Houghton J. Natural food colorants: Springer Science & Business Media; 1996.
100. Corradini MG. Synthetic food colors. *Encyclopedia of food chemistry* 2019;1:291-96.

101. König J. Food colour additives of synthetic origin. Colour additives for foods and beverages: Elsevier; 2015. p. 35-60.
102. Lehmkuhler A, Miller MD, Bradman A, et al. Levels of FD&C certified food dyes in foods commonly consumed by children. *Journal of Food Composition and Analysis* 2022;112:104649.
103. Wrolstad RE, Culver CA. Alternatives to those artificial FD&C food colorants. *Annual review of food science and technology* 2012;3:59-77.
104. Francis F. A new group of food colorants. *Trends in Food Science & Technology* 1992;3:27-30.
105. Socaciu C. Food colorants: chemical and functional properties: CRC Press; 2007.
106. Wilska-Jeszka J. Food colorants. Chemical and functional properties of food components 2007:245-74.
107. Classen HG. Toxikologisch hygienische beurteilung von lebensmittelinhaltsstoffen und zusatzstoffen: Behr's Verlag DE; 2001.
108. Drake JJ. Food colours--harmless aesthetics or epicurean luxuries? *Toxicology* 1975;5(1):3-42.
109. Brown JP, Roehm GW, Brown RJ. Mutagenicity testing of certified food colors and related azo, xanthene and triphenylmethane dyes with the Salmonella/microsome system. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 1978;56(3):249-71.
110. Ekşi A. Ankara piyasasından sağlanan pasta süsleri ve bazı şekerlemelerde sentetik boya miktarlarının araştırılması. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü 1996.
111. Lafferman JA, Silbergeld EK. Erythrosin B inhibits dopamine transport in rat caudate synaptosomes. *Science* 1979;205(4404):410-12.
112. Martins N, Roriz CL, Morales P, Barros L, Ferreira ICFR. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology* 2016;52:1-15.
113. Ratescu I. Safe use of food additives under EU law. *European Journal of Risk Regulation* 2010;1(4):401-04.
114. Barciela P, Perez-Vazquez A, Prieto M. Azo dyes in the food industry: Features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. *Food and Chemical Toxicology* 2023:113935.
115. Seitz C. Repetitorium Gesundheitsrecht: Kurz gefasste Darstellung mit Schemata, Übungen und Lösungen: Orell Füssli Verlag; 2023.
116. Commission E. Commission Regulation (EU) No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. *Official Journal of the European Union L* 2011;295(4):12.11.
117. Mason PL, Gaunt IF, Butterworth KR, et al. Long-term toxicity studies of carmoisine in mice. *Food and Cosmetics Toxicology* 1974;12(5):601-07.
118. Commission E. Regulation (EC) No. 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on Food Additives. The European Parliament and The Council of The European Union; 2008.
119. Additives EPoF, Food NSAt. Scientific Opinion on the reevaluation of Azorubine/Carmoisine (E 122) as a food additive. *EFSA Journal* 2009;7(11):1332.

120. Khera KS, Munro IC, Radomski JL. A Review of the Specifications and Toxicity of Synthetic Food Colors Permitted in Canada. *CRC Critical Reviews in Toxicology* 1979;6(2):81-133.
121. Additives EPoF, Food NSat. Scientific Opinion on the reevaluation of Brilliant Blue FCF (E 133) as a food additive. *EFSA Journal* 2010;8(11):1853.
122. Ahmed MA, Al-Khalifa AS, Al-Nouri DM, El-Din MFS. Dietary intake of artificial food color additives containing food products by school-going children. *Saudi Journal of Biological Sciences* 2021;28(1):27-34.
123. John A, Yang H-H, Muhammad S, et al. Cross Talk between Synthetic Food Colors (Azo Dyes), Oral Flora, and Cardiovascular Disorders. *Applied Sciences* 2022;12(14):7084.
124. Rafii F, Hall JD, Cerniglia CE. Mutagenicity of azo dyes used in foods, drugs and cosmetics before and after reduction by *Clostridium* species from the human intestinal tract. *Food Chem Toxicol* 1997;35(9):897-901.
125. Rafiei M, Kiani F, Sayehmiri F, et al. Study of *Porphyromonas gingivalis* in periodontal diseases: A systematic review and meta-analysis. *Medical Journal of the Islamic Republic Of Iran* 2017;31(1):355-62.
126. Hasnain J, Iqbal Z, Memon G, Khan A. Identification of bacteria from human oral microflora having azoreductase activity. *Isra Med. J* 2011;3:60-64.
127. Chung K-T. Azo dyes and human health: A review. *Journal of Environmental Science and Health, Part C* 2016;34(4):233-61.
128. Leishman SJ, Do HL, Ford PJ. Cardiovascular disease and the role of oral bacteria. *J Oral Microbiol* 2010;2.
129. Fardini Y, Wang X, Témoin S, et al. *Fusobacterium nucleatum* adhesin FadA binds vascular endothelial cadherin and alters endothelial integrity. *Molecular Microbiology* 2011;82(6):1468-80.
130. Leishman SJ, Lien Do H, Ford PJ. Cardiovascular disease and the role of oral bacteria. *Journal of Oral Microbiology* 2010;2(1):5781.
131. Sanz M, Del Castillo AM, Jepsen S, et al. Periodontitis and Cardiovascular Diseases. *Consensus Report. Glob Heart* 2020;15(1):1.
132. Sanz M, D'Aiuto F, Deanfield J, Fernandez-Avilés F. European workshop in periodontal health and cardiovascular disease—scientific evidence on the association between periodontal and cardiovascular diseases: a review of the literature. *European Heart Journal Supplements* 2010;12(suppl_B):B3-B12.
133. Ghoreishi SM, Behpour M, Golestaneh M. Simultaneous determination of sunset yellow and tartrazine in soft drinks using gold nanoparticles carbon paste electrode. *Food chemistry* 2012;132(1):637-41.
134. Benkhaya S, M'Rabet S, El Harfi A. Classifications, properties, recent synthesis and applications of azo dyes. *Heliyon* 2020;6(1):e03271.
135. Dumitrescu AL, Dogaru CB, Dogaru CD. Instability of self-esteem and affective lability as determinants of self-reported oral health status and oral health-related behaviors. *J Contemp Dent Pract* 2008;9(1):38-45.
136. Dutra A, Frary J, Wise R. Higher order needs drive new growth in mature consumer markets. *Journal of Business Strategy* 2004;25(5):26-34.
137. Ntovas P, Masouras K, Lagouvardos P. Efficacy of non-hydrogen peroxide mouthrinses on tooth whitening: An in vitro study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2021;33(7):1059-65.
138. Walsh TF, Rawlinson A, Wildgoose D, et al. Clinical evaluation of the stain removing ability of a whitening dentifrice and stain controlling system. *Journal of dentistry* 2005;33(5):413-18.

139. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). *Oper Dent* 2005;30(2):156-63.
140. Hasson H, Ismail A, Neiva G, Meyers I. Home based chemically induced whitening of teeth in adults. *Australian Dental Journal* 2007;52(1):71-72.
141. Haywood VB. Treating sensitivity during tooth whitening. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 2005;26(9 Suppl 3):11-20.
142. Gul P, Harorlı O, Ocal I, Ergin Z, Barutçugil C. Color recovery effect of different bleaching systems on a discolored composite resin. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 2017;20(11):1226-32.
143. Batmaz SG, Barutçugil Ç, Dündar A, Yıldız B. Farklı beyazlatma sistemlerinin etkinliğinin karşılaştırılması. *Akdeniz Tıp Dergisi* 2021;7(1):119-24.
144. Demarco FF, Meireles SS, Masotti AS. Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Brazilian oral research* 2009;23:64-70.
145. Matis BA, Cochran MA, Eckert G. Review of the effectiveness of various tooth whitening systems. *Operative dentistry* 2009;34(2):230-35.
146. Meireles SS, Heckmann SS, Leida FL, et al. Efficacy and safety of 10% and 16% carbamide peroxide tooth-whitening gels: a randomized clinical trial. *Operative Dentistry* 2008;33(6):606-12.
147. Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Operative dentistry* 2008;33(1):15-22.
148. Bernardon JK, Sartori N, Ballarin A, et al. Clinical performance of vital bleaching techniques. *Operative dentistry* 2010;35(1):3-10.
149. Lima FG, Rotta TA, Penso S, Meireles SS, Demarco FF. In vitro evaluation of the whitening effect of mouth rinses containing hydrogen peroxide. *Brazilian oral research* 2012;26:269-74.
150. Donly KJ, Segura A, Henson T, Barker ML, Gerlach RW. Randomized controlled trial of professional at-home tooth whitening in teenagers. *General dentistry* 2007;55(7):669-74.
151. Meireles SS, Masotti AS, Demarco FF. Over the counter whitening agents a concise review. 2009.
152. Lima JP, Melo MA, Passos VF, et al. Dentin erosion by whitening mouthwash associated to toothbrushing abrasion: a focus variation 3D scanning microscopy study. *Microscopy Research and Technique* 2013;76(9):904-08.
153. Swift Jr EJ, Heymann HO, Wilder Jr AD, Barker ML, Gerlach RW. Effects of duration of whitening strip treatment on tooth color: a randomized, placebo-controlled clinical trial. *Journal of dentistry* 2009;37:e51-e56.
154. Gerlach RW, Tucker HL, Anastasia MK, Barker ML. Clinical trial comparing 2 hydrogen peroxide tooth whitening systems: strips vs pre-rinse. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 2005;26(12):874-78.
155. Harorlı OT, Barutçugil Ç. Color Recovery Effect of Commercial Mouth Rinses on a Discolored Composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2014;26(4):256-63.
156. Harorlı OT, Barutçugil Ç. Farklı beyazlatıcı ağız gargaralarına maruz bırakılan bir nano-hibrit kompozitin renk değişikliğinin incelenmesi. 2013.

157. Pithon MM, Rodrigues AC, Sousa ÉLSM, de Souza Santos LP, dos Santos Soares N. Do mouthwashes with and without bleaching agents degrade the force of elastomeric chains? *The Angle Orthodontist* 2013;83(4):712-17.
158. Oliveira J, Sarlo R, Bresciani E, Caneppele T. Whitening efficacy of whitening mouth rinses used alone or in conjunction with carbamide peroxide home whitening. *Operative dentistry* 2017;42(3):319-26.
159. Carlin V, Matsumoto MA, Saraiva PP, et al. Cytogenetic damage induced by mouthrinses formulations in vivo and in vitro. *Clinical oral investigations* 2012;16:813-20.
160. Torres C, Perote L, Gutierrez N, Pucci C, Borges A. Efficacy of Mouth Rinses and Toothpaste on Tooth Whitening. *Operative Dentistry* 2013;38(1):57-62.
161. Potgieter E, Grobler SR. Whitening efficacy of three over-the-counter oral rinses: scientific. *South African Dental Journal* 2011;66(3):128-31.
162. Karadas M. Efficacy of whitening oral rinses and dentifrices on color stability of bleached teeth. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica* 2015;1(1):29-34.
163. Consolaro A. Mouthwashes with hydrogen peroxide are carcinogenic, but are freely indicated on the Internet: warn your patients! *Dental press journal of orthodontics* 2013;18:5-12.
164. Gasparri F, Schemehorn BR, Zanardi A. Efficacy of Teeth Whitening with a Mouthwash: In Vitro and In Vivo Approaches. *J Clin Dent* 2018;29:13-17.
165. Walters PA, Biesbrock AR, Bartizek RD. Benefits of sodium hexametaphosphate-containing chewing gum for extrinsic stain inhibition. *American Dental Hygienists' Association* 2004;78(4):8-8.
166. Baig A, He T, Buisson J, et al. Extrinsic whitening effects of sodium hexametaphosphate--a review including a dentifrice with stabilized stannous fluoride. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 2005;26(9 Suppl 1):47-53.
167. Sensabaugh C, Sagel ME. Stannous fluoride dentifrice with sodium hexametaphosphate: review of laboratory, clinical and practice-based data. *American Dental Hygienists' Association* 2009;83(2):70-78.
168. Epple M, Meyer F, Enax J. A critical review of modern concepts for teeth whitening. *Dentistry journal* 2019;7(3):79.
169. Ayad F, De Sciscio P, Stewart B, et al. The stain prevention efficacy of two tooth whitening dentifrices. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 2002;23(8):733-6, 38; quiz 40.
170. Bizhang M, Domin J, Danesh G, Zimmer S. Effectiveness of a new non-hydrogen peroxide bleaching agent after single use--a double-blind placebo-controlled short-term study. *Journal of Applied Oral Science* 2017;25:575-84.
171. Karadas M, Hatipoglu O. Efficacy of mouthwashes containing hydrogen peroxide on tooth whitening. *The Scientific World Journal* 2015;2015.
172. Fidan M, Tuncdemir MT. Investigation of the Effect of Whitening Mouthwashes on the Translucency of Resin Composites at Different Times. *Engineering Proceedings* 2023;31(1):6.
173. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2001;86(5):453-57.
174. Billmeyer FW, Saltzman M. Principles of color technology. Interscience Publishers 1981.
175. Berns RS. Billmeyer and Saltzman's principles of color technology: John Wiley & Sons; 2019.

176. Wolf W. Color, a Survey in Words and Pictures: Am Psychiatric Assoc; 1964.
177. Judd DB. Color in business, science and industry: Wiley Interscience; 1952.
178. Robertson G. Psychology Today. An Introduction. Edited by G. Joyce, A. Lazerson, C. Starr and B. H. Wyekoff. Del Mar, California. C.R.M. Books Inc., 1970. Pp. 707. No price stated. The British Journal of Psychiatry 1971;119(551):457-57.
179. Dimmick FL, Burnham RW, Hanse RM, Bartleson CJ. Color : a guide to basic facts and concepts. American Journal of Psychology 1965;78:335.
180. Feller RL, Stenius AS. On the color space of Sigfrid Forsius, 1611. Color Eng 1970;8:48-51.
181. Burnham RW, Hanes RM, Bartleson CJ. Color: A guide to basic facts and concepts. (No Title) 1963.
182. Paravina RD, Powers JM. Esthetic Color Training in Dentistry. Elsevier Mosby 2004.
183. Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of color education and training on shade matching skills. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry 2016;28(5):287-94.
184. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. The Journal of prosthetic dentistry 1973;29(4):416-24.
185. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. The Journal of prosthetic dentistry 1973;29(5):556-66.
186. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary Fixed Prosthodontics. Paper presented at, 1988.
187. O'brien WJ. Dental materials : properties and selection. Paper presented at, 1989.
188. McManus IC, Jones AL, Cottrell J. The aesthetics of colour. Perception 1981;10(6):651-66.
189. Wikipedia Munsell Color System. 14 Aġustos 2023. "https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Munsell_color_system&oldid=1165283443".
190. O'Brien WJ. Dental materials and their selection: Quintessence Chicago; 2002.
191. Ikeda T, Sidhu SK, Omata Y, Fujita M, Sano H. Colour and translucency of opaque shades and body shades of resin composites. European Journal of Oral Sciences 2005;113(2):170-73.
192. Gupte VC. 3 - Expressing colours numerically. In: Gulrajani ML, editor. Colour Measurement: Woodhead Publishing; 2010. p. 70-87.
193. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. The International journal of periodontics & restorative dentistry 2003;23 5:467-79.
194. Glockner K. Visual vs. spectrophotometric methods for shade selection. Collegium antropologicum 2015;39(3):801-02.
195. Paravina RD, Powers JM. Esthetic color training in dentistry. (No Title) 2004.
196. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. Int J Prosthodont 2002;15(4):339-46.
197. Sikri VK. Color: Implications in dentistry. Journal of conservative dentistry: JCD 2010;13(4):249.
198. Aykam D, Hazar Bodrumlu E. Diġ Hekimliğinde Renk Kavramı: Akademisyen Kitapevi; 2023. p. 301-12.
199. Gupte VC. Expressing colours numerically. In: Gulrajani ML, editor. Colour Measurement: Woodhead Publishing; 2010. p. 70-87.

200. Pan Q, Westland S. Tooth color and whitening – digital technologies. *Journal of Dentistry* 2018;74:S42-S46.
201. RI S, Powers J. *Craig's Restorative Dental Materials*. Craig's Restorative Dental Materials 2012.
202. Lenz J, Thies M, Wollwage P, Schweizerhof K. A note on the temperature dependence of the flexural strength of a porcelain. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 2002;18:558-60.
203. Gönülol N, Yılmaz F. The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry* 2012;40 Suppl 2:e64-70.
204. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2015;27:S1-S9.
205. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry* 2004;32 Suppl 1:3-12.
206. Clydesdale FM, Ahmed E. Colorimetry—methodology and applications. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 1978;10(3):243-301.
207. del Mar Pérez M, Ghinea R, Rivas MJ, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dental Materials* 2016;32(3):461-67.
208. Wikipedia CIELAB Color Space. 4 Augustos 2023. "https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=CIELAB_color_space&oldid=1163446999".
209. Wikipedia CIE 1931 Color Space. 28 Augustos 2023. "https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=CIE_1931_color_space&oldid=1167626068".
210. Mielezsko AJ, Chu SJ, Paravina RD, Devigus A. *Fundamentals Of Color: Shade Matching And Communication In Esthetic Dentistry*. Paper presented at, 2004.
211. Guler A, Yılmaz F, Kulunk T, Güler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry* 2005;94:118-24.
212. Guler A, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry* 2005;93:453-8.
213. Tung F, Goldstein GR, Jang SH, Hittelman EL. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of prosthetic dentistry* 2002;88 6:585-90.
214. Berns RS, Reiman DM. Color managing the third edition of Billmeyer and Saltzman's *Principles of Color Technology*. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur* 2002;27(5):360-73.
215. Delazio A, Israr A, Klatzky RL. Cross-modal correspondence between vibrations and colors. Paper presented at: 2017 IEEE World Haptics Conference (WHC), 2017.
216. Gómez Polo C, Montero J, Gómez Polo M, Martin Casado A. Comparison of the CIE Lab and CIEDE 2000 color difference formulas on gingival color space. *Journal of Prosthodontics* 2020;29(5):401-08.
217. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color Difference Thresholds in Dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2015;27(S1):S1-S9.

218. Miletic V, Trifković B, Stamenković D, Tango RN, Paravina RD. Effects of staining and artificial aging on optical properties of gingiva-colored resin-based restorative materials. *Clinical Oral Investigations* 2022;26(11):6817-27.
219. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2019;31(2):103-12.
220. Hassel AJ, Grossmann A-c, Schmitter M, Balke Z, Buzello AM. Interexaminer reliability in clinical measurement of L*C*h* values of anterior teeth using a spectrophotometer. *The International journal of prosthodontics* 2007;20 1:79-84.
221. Yi Y, Wen N, Wang Z. Color comparison of two kinds of VITA shade guides. *Chinese journal of prosthodontics* 2003;4(2).
222. Zenthöfer A, Cabrera T, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ. The linear shade guide design of Vita 3D-master performs as well as the original design of the Vita 3D-master. *Journal of Oral Rehabilitation* 2010;37(11):860-65.
223. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *The Journal of prosthetic dentistry* 2003;89 1:50-3.
224. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry* 2004;32:3-12.
225. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *The Journal of prosthetic dentistry* 1997;77(5):464-70.
226. Oicherman B, Luo MR, Rigg B, Robertson AR. Effect of observer metamerism on colour matching of display and surface colours. *Color Research & Application: Endorsed by Intersociety Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur* 2008;33(5):346-59.
227. Billmeyer FW, Saltzman M. Observer metamerism. *Color Research & Application* 1980;5(2):72-72.
228. Wyszecki G, Stiles WS. *Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae*: John wiley & sons; 2000.
229. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry* 2010;38:e2-e16.
230. Borbély J, Varsányi B, Fejérdy P, Hermann P, Jakstat HA. Toothguide Trainer tests with color vision deficiency simulation monitor. *Journal of dentistry* 2010;38 Suppl 2:e41-9.
231. Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: behavior and abilities. *Dental materials journal* 2006;25 3:445-54.
232. Chu SJ, Tarnow DP. Digital shade analysis and verification: a case report and discussion. *Practical procedures & aesthetic dentistry : PPAD* 2001;13 2:129-36; quiz 38.
233. Al-Boni R, Raja OM. Microleakage evaluation of silorane based composite versus methacrylate based composite. *Journal of Conservative Dentistry : JCD* 2010;13:152 - 55.
234. Lasserre JF, Pop-Ciutrilă I-S, Colosi HA. A comparison between a new visual method of colour matching by intraoral camera and conventional visual and spectrometric methods. *Journal of dentistry* 2011;39 Suppl 3:e29-36.

235. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry* 1998;80(6):642-48.
236. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom P, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry* 1990;63 2:155-62.
237. Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2004;92(6):577.
238. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. 1973. *The Journal of prosthetic dentistry* 1973;86 5:458-64.
239. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British dental journal* 2007;203(12):675-80.
240. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre-and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *The Journal of prosthetic dentistry* 2009;101(2):92-100.
241. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry* 2009;101(1):40-45.
242. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research* 2002;81(8):578-82.
243. Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig* 2012;16(3):945-9.
244. Bayindir F, Kuo S, Johnston WM, Wee AG. Coverage error of three conceptually different shade guide systems to vital unrestored dentition. *The journal of prosthetic dentistry* 2007;98(3):175-85.
245. Lee Y-K, Yu B, Lim H-N. Lightness, chroma, and hue distributions of a shade guide as measured by a spectroradiometer. *The journal of prosthetic Dentistry* 2010;104(3):173-81.
246. Chu SJ, Paravina RD, Sailer I, Miesleszko AJ. *Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics*: Quintessence Publishing; 2017.
247. Genç G, Toz T. A Review Of The Color Stability Of Resin Composites: The Etiology, Classification And The Treatment Of Composite Staining. Paper presented at, 2017.
248. Blaes J. Today's technology improves the shade-matching problems of yesterday. *Journal (Indiana Dental Association)* 2002;81(4):17-19.
249. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry* 2009;37:e2-e6.
250. Ayaz E, Ustun S. Effect of staining and denture cleaning on color stability of differently polymerized denture base acrylic resins. *Nigerian journal of clinical practice* 2020;23(3):304-09.
251. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, et al. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International* 2010;41(8).

252. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. G* Power Version 3.1. 7 [computer software]. Universität Kiel, Germany 2013.
253. Jamovi P. Jamovi (Version 2.3)[Computer Software]. 2022.
254. Gómez Polo C, Muñoz MP, Luengo MCL, et al. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry* 2016;115(1):65-70.
255. Peres MA, Macpherson LM, Weyant RJ, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *The Lancet* 2019;394(10194):249-60.
256. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dental materials* 2012;28(1):87-101.
257. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-fill composites: a review of the current literature. *J Adhes Dent* 2017;19(2):95-109.
258. Jadhav S, Hegde V, Aher G, Fajandar N. Influence of light curing units on failure of direct composite restorations. *Journal of conservative dentistry: JCD* 2011;14(3):225.
259. Geurtsen W, Leyhausen G, Garcia-Godoy F. Effect of storage media on the fluoride release and surface microhardness of four polyacid-modified composite resins (“compomers”). *Dental Materials* 1999;15(3):196-201.
260. Meena A, Bisht D, Yadav R, et al. Fabrication and characterization of micro alumina zirconia particulate filled dental restorative composite materials. *Polymer Composites* 2022;43(3):1526-35.
261. Faris TM, Abdulrahim RH, Mahmood MA, Mhammed Dalloo GA, Gul SS. In vitro evaluation of dental color stability using various aesthetic restorative materials after immersion in different drinks. *BMC Oral Health* 2023;23(1):49.
262. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental materials* 2011;27(1):29-38.
263. Demarco FF, Collares K, Coelho-de-Souza FH, et al. Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dental materials* 2015;31(10):1214-24.
264. Opdam N, Van De Sande F, Bronkhorst E, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research* 2014;93(10):943-49.
265. Bayne SC, Schmalz G. Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials: Springer; 2005.
266. Arocha MA, Basilio J, Llopis J, et al. Colour stainability of indirect CAD–CAM processed composites vs. conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. *Journal of dentistry* 2014;42(7):831-38.
267. Zenthöfer A, Cabrera T, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ. Comparison of the Easyshade Compact and Advance in vitro and in vivo. *Clinical oral investigations* 2014;18:1473-79.
268. Paolone G, Formiga S, De Palma F, et al. Color stability of resin-based composites: Staining procedures with liquids-A narrative review. *J Esthet Restor Dent* 2022;34(6):865-87.
269. Paolone G, Orsini G, Manauta J, Devoto W, Putignano A. Composite shade guides and color matching. *Int J Esthet Dent* 2014;9(2):164-82.
270. Shamszadeh S, Sheikh-Al-Eslamian SM, Hasani E, Abrandabadi AN, Panahandeh N. Color stability of the bulk-fill composite resins with different

- thickness in response to coffee/water immersion. *International journal of dentistry* 2016;2016.
271. Witkowski S, Yajima N-D, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clinical oral investigations* 2012;16:945-49.
 272. Eldiwany M, Friedl K, Powers J. Color stability of light-cured and post-cured composites. *American Journal of Dentistry* 1995;8(4):179-81.
 273. Clark J, McKinley S, MacWilliams F. Posterior Composite Injection Over Molding Following Root Canal Treatment. *Study of Reaction to Growing Aggression (US Army War College, 1970)* 2017;11.
 274. Demirel G, Baltacıoğlu İH, Kolsuz ME, Ocak M, Orhan K. Micro-computed tomography evaluation of internal void formation of bulk-fill resin composites in Class II restorations. *Polymer Composites* 2019;40(8):2984-92.
 275. Ilie N, Kreppel I, Durner J. Effect of radical amplified photopolymerization (RAP) in resin-based composites. *Clinical Oral Investigations* 2014;18(4):1081-88.
 276. Schaub K. The effect of a novel photoinitiator system (RAP) on dental resin composites' flexural strength, polymerization stress, and degree of conversion [2009].
 277. Jakubiak J, Allonas X, Fouassier JP, et al. Camphorquinone–amines photoinitiating systems for the initiation of free radical polymerization. *Polymer* 2003;44(18):5219-26.
 278. Irawan BA, Irawan SN, Masudi SaM, Sukminingrum N, Alam MK. 3D surface profile and color stability of tooth colored filling materials after bleaching. *BioMed research international* 2015;2015.
 279. Alharbi M, Farah R. Effect of water-jet flossing on surface roughness and color stability of dental resin-based composites. *J Clin Exp Dent* 2020;12(2):e169-e77.
 280. Kao EC. Influence of food-simulating solvents on resin composites and glass-ionomer restorative cement. *Dental Materials* 1989;5(3):201-08.
 281. Benetti AR, Ribeiro de Jesus VC, Martinelli NL, Pascotto RC, Poli-Frederico RC. Colour stability, staining and roughness of silorane after prolonged chemical challenges. *J Dent* 2013;41(12):1229-35.
 282. Kerby RE, Knobloch LA, Schricker S, Gregg B. Synthesis and evaluation of modified urethane dimethacrylate resins with reduced water sorption and solubility. *Dental Materials* 2009;25(3):302-13.
 283. Gray A, Ferguson MM, Wall JG. Wine tasting and dental erosion. Case report. *Australian Dental Journal* 1998;43(1):32-34.
 284. Douglas W, Craig RG. Resistance to extrinsic stains by hydrophobic composite resin systems. *Journal of Dental Research* 1982;61(1):41-43.
 285. Um CM, Ruyter I. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence international* 1991;22(5).
 286. Shintani H, Satou J, Satou N, Hayashihara H, Inoue T. Effects of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. *Dental Materials* 1985;1(6):225-27.
 287. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials* 2003;19(1):12-18.
 288. Van Noort R, Barbour M. *introduction to dental materials-E-book: Elsevier Health Sciences; 2014.*

289. Iazzetti G, Burgess J, Gardiner D, Ripps A. Color stability of fluoride-containing restorative materials. *Operative dentistry* 2000;25(6):520-25.
290. Mansouri SA, Zidan AZ. Effect of water sorption and solubility on color stability of bulk-fill resin composite. 2018.
291. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2002;23(8):1819-29.
292. Shobha H, Sankarapandian M, Kalachandra S, Taylor D, McGrath J. Structure property relationship among novel dental composite matrix resins. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 1997;8:385-89.
293. Randolph LD, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dental Materials* 2016;32(12):1586-99.
294. Mailart MC, Rocha RS, Contreras SCM, et al. Effects of artificial staining on bulk-filled resin composites. *American journal of dentistry* 2018;31(3):144-48.
295. Uğurlu M. Effect of repolishing on the discoloration of indirect composite block, nanohybrid, and microhybrid resin composites. *European Oral Research* 2022;56(3):158-63.
296. Çelik EU, Aladağ A, Türkün LŞ, Yilmaz G. Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2011;23(3):179-88.
297. Fidan M. Accelerated aging effects on color change, translucency parameter, and surface hardness of resin composites. *BioMed Research International* 2022;2022.
298. Nica I, Cimpoesu N, Rusu V, Andronache M, Stefanescu C. Structural properties of nanofilled and microfilled restorative composites. *Materiale Plastice* 2012;49(3):176-80.
299. Gurgan S, Koc Vural U, Miletic I. 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* 2022;85(3):1171-79.
300. Venz S, Dickens B. NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites. *Journal of biomedical materials research* 1991;25(10):1231-48.
301. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003;24(4):655-65.
302. Stawarczyk B, Sener B, Trottmann A, et al. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration, and subsequent polishing. *Dental materials journal* 2012;31(3):377-83.
303. Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian dental journal* 2012;23:508-14.
304. Kang Y-A, Lee H-A, Chang J, et al. Color Stability of Dental Reinforced CAD/CAM Hybrid Composite Blocks Compared to Regular Blocks. *Materials* 2020;13(21):4722.
305. Ardu S, Duc O, Di Bella E, Krejci I, Daher R. Color stability of different composite resins after polishing. *Odontology* 2018;106(3):328-33.

306. Ardu S, Krejci I. Biomimetic direct composite stratification technique for the restoration of anterior teeth. *Quintessence international* 2006;37(3).
307. Ferracane JL, Marker VA. Solvent Degradation and Reduced Fracture Toughness in Aged Composites. *Journal of Dental Research* 1992;71(1):13-19.
308. e Silva MLda, da Cunha Medeiros FDS, Meireles SS, Duarte RM, Andrade AKM. The effect of drinks on color stability and surface roughness of nanocomposites. *European journal of dentistry* 2014;8(03):330-36.
309. Fonseca ASQS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PPAC, et al. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dental Materials* 2017;33(4):394-401.
310. Gajewski VES, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NRG, Boaro LCC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian Dental Journal* 2012;23.
311. Mundim FM, Garcia LdFR, Pires-de-Souza FdCP. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *Journal of Applied Oral Science* 2010;18.
312. Tarumi H, Imazato S, Ehara A, et al. Post-irradiation polymerization of composites containing bis-GMA and TEGDMA. *Dental Materials* 1999;15(4):238-42.
313. Tsitrou E, Kelogrigoris S, Koulaouzidou E, et al. Effect of extraction media and storage time on the elution of monomers from four contemporary resin composite materials. *Toxicology international* 2014;21(1):89.
314. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2013;109(6):378-83.
315. Paolone G, Formiga S, De Palma F, et al. Color stability of resin-based composites: Staining procedures with liquids—A narrative review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2022;34(6):865-87.
316. Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect of in-office bleaching on color and surface roughness of composite restoratives. *European journal of dentistry* 2010;4(02):118-27.
317. Ertas E, Gueler AU, Yucel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental materials journal* 2006;25(2):371-76.
318. Schmitt VL, Puppini-Rontani RM, Naufel FS, et al. Effect of the polishing procedures on color stability and surface roughness of composite resins. *International Scholarly Research Notices* 2011;2011.
319. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int* 1991;22(5):377-86.
320. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 1986;65(11):1315-8.
321. Chan KC, Fuller JL, Hormati AA. The ability of foods to stain two composite resins. *J Prosthet Dent* 1980;43(5):542-5.
322. Ergücü Z, Türkün LS, Aladag A. Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Operative Dentistry* 2008;33(4):413-20.
323. Turkun L, Turkun M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Operative Dentistry, University of Washington* 2004;29(2):203-11.

324. Amengual-Lorenzo J, Montiel-Company J-M, Bellot-Arcís C, Labaig-Rueda C, Solá-Ruiz M-F. Effect of two whitening agents on the color of composite dental restorations. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 2019;11(1):e15.
325. Tuncdemir MT, Gulbahce N. Addition of antibacterial agent effect on color stability of composites after immersion of different beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2019;31(5):508-13.
326. Costa T, Rezende M, Sakamoto A, et al. Influence of adhesive type and placement technique on postoperative sensitivity in posterior composite restorations. *Operative Dentistry* 2017;42(2):143-54.
327. Ceballos L, Fuentes M, Tafalla Pastor H, et al. Curing effectiveness of resin composites at different exposure times using LED and halogen units. 2009.
328. Fidan M. Effect of light-curing distances on the color and translucency of resin composites after accelerated aging. *Materials Science* 2021.
329. Spina DRF, Grossi JRA, Cunali RS, et al. Evaluation of discoloration removal by polishing resin composites submitted to staining in different drink solutions. *International Scholarly Research Notices* 2015;2015.
330. Fidan M. Accelerated Aging Effects on Color Change, Translucency Parameter, and Surface Hardness of Resin Composites. *BioMed Research International* 2022;2022:6468281.
331. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Chiesa M. Surface discoloration of composite resins: Effects of staining and bleaching. *Dental research journal* 2012;9(5):567.
332. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Peerasukprasert T, et al. The effect of red and white wine on color changes of nanofilled and nanohybrid resin composites. *rde* 2016;41(2):130-36.
333. Huang W, Ren L, Cheng Y, et al. Evaluation of the Color Stability, Water Sorption, and Solubility of Current Resin Composites. *Materials (Basel)* 2022;15(19).
334. Şen D, Göller G, İşsever H. The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resins. *The Journal of prosthetic dentistry* 2002;88(5):527-32.
335. DeLong R, Ko CC, Olson I, Hodges JS, Douglas WH. Helical axis errors affect computer-generated occlusal contacts. *J Dent Res* 2002;81(5):338-43.
336. Gordan VV, Patel SB, Barrett AA, Shen C. Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite. *Oper Dent* 2003;28(5):560-7.
337. Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. The Influence of One-step Polishing Systems on the Surface Roughness and Microhardness of Nanocomposites. *Operative Dentistry* 2008;33(1):44-50.
338. Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990;69(10):1652-8.
339. Güler AU, Güler E, Yücel AÇ, Ertaş E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *Journal of Applied Oral Science* 2009;17:108-12.
340. Khokhar ZA, Razzoog ME, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence Int* 1991;22(9):733-7.
341. Plá Rizzolo Bueno R, Salomone P, Terezinha Pozzobon R. Effect of bleaching agents on the fluorescence of composite resins. *European Journal of Esthetic Dentistry* 2013;8(4).

342. Erdemir U, Yıldız E, Eren MM. Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *Journal of dentistry* 2012;40:e55-e63.
343. Yadav R, Meena A. Comparative investigation of tribological behavior of hybrid dental restorative composite materials. *Ceramics International* 2022;48(5):6698-706.
344. Yadav R. Fabrication, characterization, and optimization selection of ceramic particulate reinforced dental restorative composite materials. *Polymers and Polymer Composites* 2022;30:09673911211062755.
345. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2005;17(2):102-08.
346. Lee Y-K, Yu B, Lim H-N, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *Journal of Applied Oral Science* 2011;19:154-60.
347. Mohan M, Shey Z, Vaidyanathan J, et al. Color changes of restorative materials exposed in vitro to cola beverage. *Pediatric dentistry* 2008;30(4):309-16.
348. Ethell J, Jarad F, Youngson C. The effect of colour defective vision on shade matching accuracy. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 2006;14(3):131-36.
349. Paravina RD, Swift Jr EJ. Color in dentistry: match me, match me not. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2009;21(2):133-39.
350. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur* 2001;26(5):340-50.
351. Johnston W, Kao E. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal of dental research* 1989;68(5):819-22.
352. Alghazali N, Burnside G, Moallem M, et al. Assessment of perceptibility and acceptability of color difference of denture teeth. *Journal of Dentistry* 2012;40:e10-e17.
353. Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry* 1998;79(3):254-60.
354. Khashayar G, Bain PA, Salari S, et al. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry* 2014;42(6):637-44.
355. Rosenstiel SF, Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1988;60(3):297-303.
356. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur* 2005;30(1):21-30.

357. Garg SA, Chavda SM. Color Masking White Fluorotic Spots by Resin Infiltration and Its Quantitation by Computerized Photographic Analysis: A 12-month Follow-up Study. *Oper Dent* 2020;45(1):1-9.
358. Lee YK. Comparison of CIELAB DeltaE(*) and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dent Mater* 2005;21(7):678-82.
359. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application* 2001;26(5):340-50.
360. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Lorenzo Luengo MC, et al. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2016;115(1):65-70.
361. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015;27 Suppl 1:S1-9.
362. Barve D, Dave P, Gulve M, et al. Assessment of microhardness and color stability of micro-hybrid and nano-filled composite resins. *Niger J Clin Pract* 2021;24(10):1499-505.
363. Meshki R, Rashidi M. Effect of natural and commercially produced juices on colour stability of microhybrid and nanohybrid composites. *BDJ Open* 2022;8(1):11.
364. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, et al. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *Eur J Dent* 2009;3(1):50-6.
365. Padiyar N. Colour stability: An important physical property of esthetic restorative materials. *International Journal of Clinical Dental Science* 2010;1(1).
366. Dinç M. Gıdalara katılan bazı suda çözünen sentetik boyaların belirlenmesi [Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi; 2007.
367. Kuş E. Renklendirici gıda katkı maddelerinden brilliant blue ve sunset yellow'un insan periferik lenfosit kültürlerinde genotoksik etkilerinin araştırılması [Doktora Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013.
368. Saldamlı İ. Gıda kimyası: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 2007.
369. Kershaw S, Newton JT, Williams DM. The influence of tooth colour on the perceptions of personal characteristics among female dental patients: comparisons of unmodified, decayed and 'whitened' teeth. *Br Dent J* 2008;204(5):E9; discussion 256-7.
370. Montero J, Gómez Polo C, Santos JA, et al. Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. *Journal of Oral Rehabilitation* 2014;41(10):768-82.
371. Newton JT, Prabhu N, Robinson PG. The impact of dental appearance on the appraisal of personal characteristics. *International Journal of Prosthodontics* 2003;16(4).
372. Abbasi MS, Lal A, Das G, et al. Impact of Social Media on Aesthetic Dentistry: General Practitioners' Perspectives. Paper presented at: Healthcare, 2022.
373. Karadas M, Duymus ZY. In Vitro Evaluation of the Efficacy of Different Over-the-Counter Products on Tooth Whitening. *Brazilian Dental Journal* 2015;26.
374. Ntovas P, Masouras K, Lagouvardos P. Efficacy of non-hydrogen peroxide mouthrinses on tooth whitening: An in vitro study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2021;33(7):1059-65.
375. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of dentistry* 2006;34(7):412-19.

376. Joiner A, Philpotts CJ, Alonso C, Ashcroft AT, Sygrove NJ. A novel optical approach to achieving tooth whitening. *Journal of dentistry* 2008;36:8-14.
377. Collins LZ, Maggio B, Liebman J, et al. Clinical evaluation of a novel whitening gel, containing 6% hydrogen peroxide and a standard fluoride toothpaste. *Journal of dentistry* 2004;32:13-17.
378. Rosentritt M, Lang R, Plein T, Behr M, Handel G. Discoloration of restorative materials after bleaching application. *Quintessence international* 2005;36(1).
379. Hannig C, Duong S, Becker K, et al. Effect of bleaching on subsurface microhardness of composite and a polyacid modified composite. *Dental Materials* 2007;23(2):198-203.
380. Gürdal P, Akdeniz BG, Hakan Sen B. The effects of mouthrinses on microhardness and colour stability of aesthetic restorative materials. *Journal of oral rehabilitation* 2002;29(9):895-901.
381. Cavalcanti AN, Mitsui F, Ambrosano G, Mathias P, Marchi GM. Effect of different mouthrinses on Knoop hardness of a restorative composite. *American journal of dentistry* 2005;18(6):338-40.
382. Städtler P, Pabst M. Chemical degradation of 15 composites--an SEM study. *Zwr* 1991;100(5):309-12.
383. Asmussen E. Softening of BisGMA based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. *European Journal of Oral Sciences* 1984;92(3):257-61.
384. Morais Sampaio GA, Rangel Peixoto L, Vasconcelos Neves G, Nascimento Barbosa DD. Effect of mouthwashes on color stability of composite resins: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2021;126(3):386-92.
385. Fidan M, Tuncdemir MT. Investigation of the Effect of Whitening Mouthwashes on the Translucency of Resin Composites at Different Times. *Engineering Proceedings* 2022;31(1):6.
386. Misilli T, Gönülol N. Water sorption and solubility of bulk-fill composites polymerized with a third generation LED LCU. *Brazilian oral research* 2017;31:e80.
387. Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in-vitro tests of adhesive and composite dental materials. A review in 3 parts. Part 2: non-standardized tests of composite materials. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia* 2011;121(10):916-30.
388. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N, Watts DC. Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites. *Journal of oral science* 2011;53(4):413-19.
389. Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 2006;25(2):371-6.
390. Seydaliyeva A, Rues S, Evagorou Z, et al. Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2020;32(1):43-50.
391. Ersöz B, Karaoğlanoğlu S, Oktay EA, Aydın N. Color stability and surface roughness of resin based direct and indirect restorative materials. *European Annals of Dental Sciences* 2021;48(1):1-6.
392. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, et al. New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. *Dental Materials* 2012;28(5):512-20.

