

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

RENK SEÇİMİNDE DİJİTAL ALGININ DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

Abdullah KARA

ZONGULDAK
2018

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

RENK SEÇİMİNDE DİJİTAL ALGININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Abdullah KARA

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğretim Üyesi Neslin VELİOĞLU

ZONGULDAK
2018

KABUL ve ONAY:

'RENK SEÇİMİNDE DİJİTAL ALGININ DEĞERLENDİRİLMESİ' başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

23.11.2018

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Neslin VELİOĞLU



Üye: Doç. Dr. Seda CENGİZ



Üye: Doç. Dr. Ayşin DUMANİ



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

TARİH:


Prof. Dr. Emre BODRUMLU

DEKAN 

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince engin bilgilerini, tecrübelerini benimle paylaşan ve sonsuz hoşgörüsünü esirgemeyen, tezimi gerçekleştirmemde büyük emeği geçen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Neslin VELİOĞLU'na,

Bu süreçte mesleğime ve her bakımdan gelişimime katkıları, destekleri, anlayışlı yaklaşımları ve yapıcı eleştirileri için değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Ayşin DUMANİ, Sayın Doç. Dr. Seda CENGİZ, Sayın Doç. Dr. Onur ŞAHİN, Sayın Doç. Dr. Ayşegül KÖROĞLU, Sayın Prof. Dr. Çağrı URAL, Sayın Doç. Dr. H. Emir YÜZBAŞIOĞLU'na,

Mesleki eğitimim ve disiplinimin temel taşlarını oluşturan, ufkumu açan İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden değerli hocalarıma ve asistanlarıma,

Tezimdeki istatistiksel analiz değerlendirmelerine sağladığı katkılarından ve desteklerinden dolayı Sayın Dr. Öğretim Üyesi Çağatay BÜYÜKUYSAL'a,

Asistanlık dönemim boyunca tanıdığım, iyi ki tanımışım dediğim, dostluklarını kazandığım, her seyden önce iyi birer insan olarak hayatımda iz bırakan Gaye SAĞLAM, Ülkü ORDU, Eda ESLEMEZ, Moataz MAKHLOOTA, Gamze GÜMÜŞ, Ümmü Habibe ERDAĞ, Kübra GÜNEŞ, Tuğrul KAYA, Merve AYDIN, Feyza AKSU, Ceren ÜÇGÜL ve Zeynep AYDIN SAPMAZ'a,

Üniversiteden beri yanımdan ayrılmayan uzmanlık eğitim süresince de aynı fakülteyi paylaştığım arkadaşım Fulya TORAMAN'a,

Hayatımın iyi ve kötü her anında yanımda olan, bu günlere ulaşmamda büyük emek sahibi olan aileme,

Yoğun çalışma dönemimde yardımlarını ve sevgisini esirgemeyen nişanlım Sinem BATUR'a

Teşekkür ederim.

ÖZET

Renk Seçiminde Dijital Algının Değerlendirilmesi. Abdullah Kara. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Zonguldak, 2018.

Protetik diş tedavisinin en önemli prosedürlerinden biri yapılacak restorasyonun renginin belirlenmesidir. Günümüz dişhekimliğinde renk ölçümü yapılırken çoğunlukla hekimin görsel algısı kullanılır. Görsel algı kullanılarak yapılan renk ölçümleri birçok faktörden etkilenmektedir. Bu durumun önüne geçmek için renk ölçümlerini matematiksel olarak kayıt altına alan renk ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Çalışmamızda dijital fotoğraf makinesi ile elde edilen renk ölçümünün başarısı değerlendirilmektedir. Çalışmamızda Vita Classical renk skalasındaki tüm renklerin spektrofotometre cihazı ile orta 1/3 lük alandan renk analizi yapılarak $L^*a^*b^*$ değerleri elde edildi. Sonrasında her bir rengin dijital fotoğraf makinesi ile standardizasyonu sağlamak için tripod ve ışık kabini kullanılarak görüntüleri elde edildi. Elde edilen görüntülerin orta 1/3 lük alandan photoshop ile renk analizleri yapılarak $L^*a^*b^*$ değerleri elde edildi. $L^*a^*b^*$ değerleri önceden hazırlanan formlara kaydedildi. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri yapıldı. Dijital fotoğraf makinesi görüntüleri ve spektrofotometre ile elde edilen değerler karşılaştırılmasında Kruskal- Wallis varyans analizi kullanıldı. Renk ölçümleri sonrası renkler arasında fark (ΔE) istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,001$). Onaltı renk anahtarından en düşük ΔE değeri D2 rengine, en yüksek ΔE değeri B3 rengine bulundu. Dijital fotoğraf makineleri renk ölçümü için klinik kullanıma uygundur ancak doğruluğu tartışmalıdır. Bu konuyla ilgili daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Dijital fotoğraf makinesi, spektrofotometre, renk skalası

ABSTRACT

Evaluating Digital Imaging in Color Selection. Abdullah Kara. Zonguldak Bülent Ecevit University, Diş Hekimliği Fakültesi, Department of Prosthodontics, Specialization Thesis, Zonguldak, 2018.

One of the most important procedures of prosthetic dental treatment is the determination of the color of the restoration. In today's dentistry, color of the restoration is often selected the dentist's visual perception. Color measurements using visual perception are influenced by many factors. To overcome this situation and record the measurements mathematically, color measurement methods have been developed. In our study, the success of color measurement, obtained from a digital camera, is evaluated. In our study, $L^*a^*b^*$ values were obtained by analyzing all colors of the Vita Classical shade guide with spectrophotometer from the middle 1/3 area. Subsequently, images were obtained using a tripod and light cabinet to ensure standardization of each color with digital camera. $L^*a^*b^*$ values were recorded by performing color analysis with photoshop in the middle 1/3 area of the obtained images. $L^*a^*b^*$ values were saved in previously prepared forms. Statistical analyzes of the obtained data were conducted. Kruskal-Wallis analysis of variance was used to compare the values obtained from a digital camera and spectrophotometer. After color measurements, the difference in color (ΔE) was statistically significant ($p < 0.001$). The lowest ΔE value from the 16 colors was D2 color, the highest ΔE value was B3 color. Digital cameras are suitable for clinical use for color measurement, but the accuracy is questionable. It was concluded that much study is needed.

Keywords: Digital camera, spectrophotometer, shade guide

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİL DİZİNİ	x
TABLO DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Işık ve Işığın Fiziği.....	3
2.1.1. Görünen ışık	4
2.1.2. Işığın yayılışı	5
2.2. Renk ve Rengin Fiziği.....	10
2.3. Renk Sistemleri	11
2.3.1. Ostwald renk sistemi	11
2.3.2. Munsell renk sistemi	12
2.3.3. HSL(Hue, Saturation, Luminance) renk sistemi	14
2.3.4. Photo YYC (Photo CD) system	14
2.3.5. NCS renk sistemi.....	15
2.3.6. CIE standart kolorimetrik sistem.....	15
2.3.7. CIEL*a*b* renk sistemi.....	15
2.3.8. RGB renk sistemi	16
2.3.9. CMYK renk sistemi	17
2.4. Dış Hekimliğinde Renk Analiz Yöntemleri	17
2.4.1. Görsel renk analizi	18
2.4.2. Aletli renk analiz yöntemleri.....	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM	28
4. BULGULAR	37
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇLAR	51

7. KAYNAKLAR.....	52
8.EKLER.....	59
Ek 1. İntihal Beyan Formu	59
Ek 2. İntihal Tespit Program Çıktısı.....	60
Ek 3.Tez Yazım Değerlendirme Formu	61
9. ÖZGEÇMİŞ	62



SİMGELER VE KISALTMALAR

C	Doygunluk
CMYK	Renk sistemi
D65	Doğal gün ışığı aydınlatma cihazı
E	Enerji
H	Ana renk
HSL	Ana renk, doygunluk, aydınlık
K	Kelvin ısı birimi
CIEL*a*b*	Renk sistemi
L*	Renk değişim eksen
a*	Renk değişim eksen
b*	Renk değişim eksen
ΔE	Algı farklılığı
n	Kırılma indisi
nm	Nanometre
km	Kilometre
Q	Yansıma açısı
RAW	Ham veri depolama sistemi
RGB	Kırmızı, yeşil, mavi renk sistemi
SPD	Spektral güç dağılımı
V	Parlaklık
λ	Işığın dalga boyu
°	Derece
mm	Milimetre
%	Yüzde
cm	Santimetre
LED	Light emitting diode
p	Anlamlılık düzeyi

ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Elektromanyetik spektrum .	3
2. Düztgün yansıma.....	7
3. Dağınık Yansıma.....	8
4. Işığın kırılması.....	9
5. İçten tam yansıma	10
6. Elektromanyetik enerji spekturmu	11
7. Beyaz ışığın prizmadan kırılması.....	11
8. Munsell renk küresi	12
9. Munsell renk sisteminde ana renklerin bulunduğu saat şeklindeki daire ve bu daireyi ortasından delen parlaklık eksenini.....	13
10. Munsell renk sisteminde, parlaklığın(value) ve doygunluğun(chroma) derecesini ifade eden şema(45)	14
11. RGB renk sisteminde ana renklerin ara renkleri oluşturması	17
12. Vita 3D Master Renk Skalası.....	20
13. Chromascop Renk Skalası.....	20
14. Vita Classical Renk Skalası	21
15. Linear Guide 3D Master renk skalası.....	21
16. ShadeEye Chromametre (Shofu, Japan) Kolorimetre	22
17. Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japonya) Spektrofotometre	24
18. Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Spektrofotometre	24
19. SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre)	25
20. Konica Minolta 3600A Spektrofotometre.....	26
21. Spectra Magic™ Programında Ölçüm Değerleri	26
22. Işık kabini	28
23. 45° derece eğimli yatay bileşkeli gri boyanmış metal rampa.....	29
24. Vita Classical A1-D4 renk skalası	29
25. Spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya)	30
26. Silikon index	31
27. Renk anahtarından spektrofotometre ile renk ölçümlerinin yapılışı	31

28. Fotoğraf çekimi öncesi ayarlarının yapılışı.....	32
29. Fotoğraf makinesinin tripod üzerinde 45 ⁰ açığa ayarlanması.....	33
30. Fotoğraf makinesi ile çekilen görüntü.....	34
31. Photoshop ile fotoğraflar orta, servikal, insizal 1/3' lük alanlara ayrılması	35
32. Photoshop ile fotoğraflar orta 1/3' lük alandan renk ölçümü yapılışı.....	35



TABLO DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Renklerin dalga boylarına göre dağılımı.....	4
2. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade Advance 4.0) ile elde edilen renk ölçümlerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri ..	37
3. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin dijital fotoğraf makinesi ile elde edilen görüntülerin photoshop ile elde edilen renk ölçümlerine ait $L^*a^*b^*$ değerleri.....	38
4. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L^* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	39
5. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen a^* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	40
6. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen b^* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	41
7. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L^* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler	42
8. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L^* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler	43
9. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen b^* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler	44
10. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen renk farklılıklarına (ΔE) ait tanımlayıcı istatistikler	45
11. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen renk farklılıklarına (ΔE) ait tanımlayıcı istatistikler	46

1. GİRİŞ

İnsanların dış görünümüne verdikleri değer; sosyal ilişkileri, iş performansları ve bireysel güven duyguları ile orantılı olarak artmaktadır (1). Bu nedenle insanların dış görünüşünde dental estetiğin konumu ve önemi çok fazladır. Estetik konusunda kesin bilinen nokta ise kişiye özgü bir duygu olmasıdır. Bu subjektif olgu kişilerin ya da toplumun etnik, coğrafi ve sosyal eğilimlerine göre farklılık göstermektedir. Genel bir tanımlama olarak, en iyi estetiğin doğallık olduğu üzerinde durulmuştur (2,3).

Hastalar sadece sağlıklı ağızları değil aynı zamanda mükemmel gülümsemeyi de talep ederler. Gülümsediğimizde, yüzün şekli, gözler, saçlar ve dişlerle bir bütün ortaya çıkmaktadır.

İnsanların en etkili iletişim araçlarından biri olan gülümseme, diş hekimliğinde estetiğin en önemli noktasını oluşturmaktadır. İyi bir yüz estetiği sağlamak için dişetleri, dudaklar, yüz ve bunlarla uyumlu diş dizimi oluşturulmalıdır.

İnsan vücudunun ve özellikle yüzün yeniden şekillendirme olanakları son yıllarda giderek artmaktadır. Yüz bölgesinde birçok mucizevi tedaviye şahit olan hastalarda estetik kaygılar, özellikle diş formları ve renk üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle ön bölge restorasyonlarıyla doğal dişler arasındaki renk uyumunu sağlamak zorlaşabilmektedir.

Yapılan araştırmalarda hastaların birçoğunun doğal dişler ile ağız içi restorasyonların renk uyumsuzluğunun farkında oldukları belirlenmiştir. Bunun en önemli nedeni ise renk seçiminde istenilen seviyeye gelinmemiş olmasıdır (4,5,6,7).

Çağlardır rengin farklı alanlara göre çok farklı açıklamaları yapılmıştır. Renk, basit anlamda ışığın cisimlere ulaştıktan sonra gözde meydana getirdiği duyumlardır. Bu duyumlar farklı renkleri beraberinde getirir. Renk bir nesneden geçen ya da nesneden geriye yansıyan ışık dalgaları olarak da açıklanabilir. Bazı araştırmacılara göre renk; göz tarafından algılanıp, beyin tarafından yorumlanan, renklendiriciler, kimyasal; göz, fizyolojik; beyin ise psikolojik unsurların bir araya gelmesi ve birbirini izleyen bu dört faktör, rengin doğal karmaşasını anlatır (8,9,10).

Renk duyusu ışıqla meydana gelmektedir, nesnenin doğrudan niteliği değildir. Işığın yansıtma, emilen ışığın alt katmanlarda emilmesi ve dağılması gibi canlı dişlerin özellikleri tam olarak kopyalanamadığı için, protez uygulamalarında doğal diş görüntüsünü vermek zordur. Rengin meydana gelmesinde birincil kaynağın dentin olmasının yanında minenin kalınlığı ve translusensi özelliği de oluşan bu rengi değiştirmektedir (11,12,13,14).

Renk seçimi klinik uygulamalarda renk seçimi yapılırken genellikle görsel algı kullanılır. Bu yöntem tamamen öznel, kişiden kişiye değişir. Renk seçiminde başarıya ulaşmak için daha standart ve objektif yöntemler aranmaktadır (12,15,16,17).

Diş hekimleri tarafından son yıllarda dijital fotoğraf makineleri klinik kullanımına girmiştir. İlk zamanlarda veri saklamak için kullanılan dijital fotoğraf makineleri, son dönemde teknisyenlerle iletişim aracı olarak kullanılmaktadır. Diş hekimleri dijital fotoğraf makineleriyle elde ettikleri görüntüleri elektronik ortamda anında laboratuara gönderebilmektedir. Görüntüler gerçekleştirilecek restorasyonun şekli, restorasyona komşu olan doğal dişlerin yüzey özellikleri, gülme hattı, dudak hatları, profil, rengi hakkında teknisyenin fikir sahibi olmasına yardım edebilir. Dijital fotoğraf makinelerinin maliyetleri zamanla azalmaktadır. Film ve banyo ihtiyacı dijital fotoğraf makineleri ile ortadan kalktığı için kullanımı kolaylaşmıştır. Buna ek olarak, bir bilgisayar ve renkli bir yazılım kullanarak, dijital fotoğraf makinelerinden elde edilen görüntülerin renk analizi basit bir şekilde yapılabilir. Bilgisayar ortamına aktarılan görüntüler bir renk programı ile görüntülenebilir.

Çok sayıda nesnenin renk değerleri bulunabilir ve renkler karşılaştırılabilir. Bir dijital kamera, bir bilgisayar ve fotometrik enstrüman gibi renkli yazılımlar renk analizi için kullanılabilir (15,18,19,20,21,22,23).

Bu çalışmanın amacı, bir bilgisayar, renk yazılımı ve dijital fotoğraf makinesinden oluşan sistemin renk analizindeki güvenilirliğini, spektrofotometre ile renk analizini karşılaştırmak ve renk seçiminde kullanılabilirliğini değerlendirmektir.

2.GENEL BİLGİLER

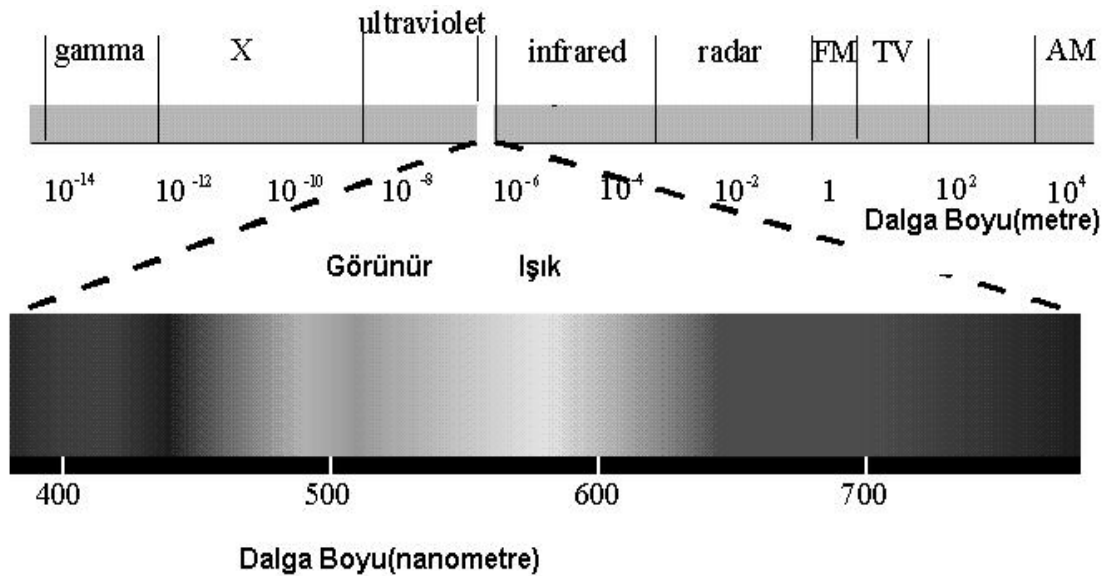
2.1. Işık ve Işığın Fiziği

Işık hayatımızın bir parçası olup radyant bir enerji şeklidir. Başka bir deyişle ışık uzaydaki çok yüksek hızda hareket eden enerji şeklidir. Elektromanyetik ışımanın en sık görülen çeşitleri, gördüğümüz görülebilen ışık ve ısı olarak algıladığımız kızılötesi ışınlardır (24, 25, 26).

Elektromanyetik ışımanın dalga nitelikleri, dikey elektrik alan vektörleri ile gösterilebilir. Buna ek olarak oluşan elektrik alan vektörlerine dik yönde oluşan manyetik alan vektörleri de ışımanın başka bir yönünü gösterir. Işık dalga boyu (λ), projeksiyonların maksimumu ve minimumu arasındaki doğrusal mesafedir ve birim mesafe birimidir. Işık dalga boyu yükseldikçe taşıdığı enerji miktarı (E) düşer (25).

Frekans, birimi Hertzdir ve zamanın belli bir noktasından geçen dalganın sayısıdır. Bir dalganın frekansı, ışığın geçtiği ortam üzerine bağlı değil, ışımayı meydana getiren kaynağın türüne bağlıdır (25).

Elektromanyetik spektrumdaki enerjinin dalga boyu çok fazla çeşitlilik gösterir. Dalga boyu, 1 nanometreden (nm) 581 kilometreye (km) kadar değişebilir (Şekil 1) (24, 26, 27, 28).



Şekil 1. Elektromanyetik spektrum (27).

2.1.1. Görünen ışık

Elektromanyetik enerjinin çok sınırlı bir bölümüne insan gözü duyarlıdır. Işığın görülebilir olması için 380-780 nm dalga boyunda olması gerekmektedir. Görünür ışık spektrumundaki renkler, kısa dalga boyundan gelen uzun dalga boyuna göre dizilmiştir, sırasıyla mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renktedir. Çeşitli dalga boylarındaki bu uyarıların retinalar üzerindeki etkisi ile farklı renkler meydana gelmektedir (Tablo 1) (24, 26, 28, 29, 30).

Tablo 1. Renklerin dalga boylarına göre dağılımı

Rengin çeşidi	Dalga boyu(nm)
Mor	380-450 nm
Mavi	450-490 nm
Yeşil	490-560 nm
Sarı	560-590 nm
Turuncu	590-630 nm
Kırmızı	630-780 nm

Bir ışık tarafından yayılan çeşitli dalga boylarının ışık ışınları, spektral güç dağılımını (SPD) belirler. Çeşitli dalga boylarındaki ışık ışınları aynı düzeyde aynı enerji dağılımına sahipse yani spektral güç dağılımı eşitse, bunlara tam spektrumlu ya da homojen spektrumlu ışıklar denir. Bu, renk eşlemesinde kullanılacak ışık kaynaklarında olması gereken bir niteliktir. Bütün renkleri güneş ışığı içermektedir. Güneş ışığı özellikle ekvator bölgesinde daima homojen enerji dağılımına sahip değildir. Bununla birlikte, kuzeye gidildikçe, ışık dünyasına giren farklı spektrumların enerji dağılımı daha homojen hale gelir. Sabah ve akşam güneş ışınları eğildiğinde, kırmızı ışık daha yoğundur. Güneş ışığı yapısındaki değişiklikler nedeniyle günün belirli zamanlarında ışıktan yararlanılmamalıdır (26,28,30) .

Nesneler, renklerin veya diğer adıyla farklı dalga boyları elektromanyetik enerji dağılımının aynı olmadığı bir ışık kaynağı altında başka bir renk olarak algılanabilirler. Tam spektrumlu bir ışık kaynağı kullanılmazsa yüksek enerjili

renkler daha fazla yansır düşük enerjili renkler daha az yansır (24,28,31,32,33,34,35).

Işık kaynağı altında aynı renkte algılanan iki nesne, farklı spektral güç dağılımına sahip farklı bir ışık kaynağı altında farklı bir renk olarak algılanırsa, aydınlanmadan kaynaklanan bu ışık efekti metamerizm olarak adlandırılır. Bu ışık efektinin ortaya çıkmasına neden olan iki nesne birbirlerinin metameridir. Renk skalaları ile yapılan görsel renk seçimini negatif yönde etkileyen en önemli sebeplerden biri metamerizmdir. Görsel renk analizinde metamerizmi ortadan kaldırmak için standart aydınlatma ekipmanları kullanılabilir (4,28,31,32,33,34,36).

2.1.2. Işığın yayılışı

Elektromanyetik ışımının hareketlerini belirlemek için iki ayrı kuramdan faydalanılır. Elektromanyetik ışımının dalga modelinden yararlanılarak girişim (interferans) ve kırınım (difraksiyon) gibi davranışları anlatılmıştır. Dalga modeli, bir metal yüzeyden elektron çıkarma fenomenini (fotoelektrik olay) ya da bir cismin radyasyon enerjisinin emilimini (absorpsiyon) anlatmak için yetersizdir. Bu hadiseleri tanımlamak için, ışığın parçacık niteliklerini, yani onu elektromanyetik enerji taşıyan parçacıklar ve fotonlar olarak varsaymak gerekir. Işımanın madde ile etkileşimini tanımlamak için, dalga ve parçacık modelleri ile birlikte düşünülmelidir. Dalga ve parçacık modellerinin birbiri ile çelişmezliği ve birbirini tamamladığı dalga mekaniği ile gösterilmiştir (25,26,28,29).

Işık bir nesneye ulaştığında, varış yönü, ulaştığı hız ve nesnenin çeşidine göre değişecektir. Nesneye vuran ışık, nesnenin yüzeyinden yansıyabilir, kırılabilir, nesne tarafından absorbe edilebilir ve objenin içinde dolaşabilir veya soğurucu ışık objenin içinde her yöne yayılabilir(24,25,37).

2.1.2.1. Işığın absorpsiyonu

Işık ışınları, aydınlatma sistemi vasıtasıyla bir gözlemciye geldiğinde, nesnenin renginin haricindeki ışık türleri nesne tarafından emilir. Elektromanyetik spektrumdaki her dalga boyunun ışığını emen bir nesne siyah olarak tanımlanır. Üstüne gelen tüm ışık ışınlarını yansıtan bir nesne beyaz olarak tanımlanır. Absorbe edilecek ışığın çeşidini, tek başına nesnenin içerisindeki dalga boyu değil ışık

kaynağından kaynaklanan ışık demetinde bulunan ışığın dalga boyu belirler. Bu yüzden beyaz bir nesne, flüoresan ışık kaynağının altındaki soluk beyaz, tungsten ışık kaynağının altında sarımsı olarak algılanabilir. Aynı nesne, kısa dalga boylu spektral güç dağılımının baskın olduğu aydınlatma aletlerinde mavimsi algılanabilir. Aydınlatmanın etkisi nedeniyle, tam spektrumlu bir ışık kaynağının bulunmadığı ortamlarda gözlemcinin gerçek rengi fark etmesi imkansızdır(25,28,30,38).

2.1.2.2. Işığın yansıması

Işık ışınlarının bir nesneye çarpıp geri dönmesine yansıma denilir. Cismin yüzeyinden yansıyan ışık demeti, nesne yoluyla emilmeyen ve objenin rengi ile aynı dalga boyundaki ışık ışınlarını bulundurur. Diğer bir deyişle, objenin rengi olarak gördüğümüz ışık, cismin üzerine gelen ışık demetinin yüzeyinden yansıyan bölümüdür. Bir nesnenin yüzeyine çarpan ışık ışınlarına “gelen ışık”, nesnenin yüzeyinden yansıyan ışığa da “yansıyan ışık” denilir. Gelen ve yansıyan ışığı eşit iki açıya bölen doğruya “normal” denilir.

Buna göre;

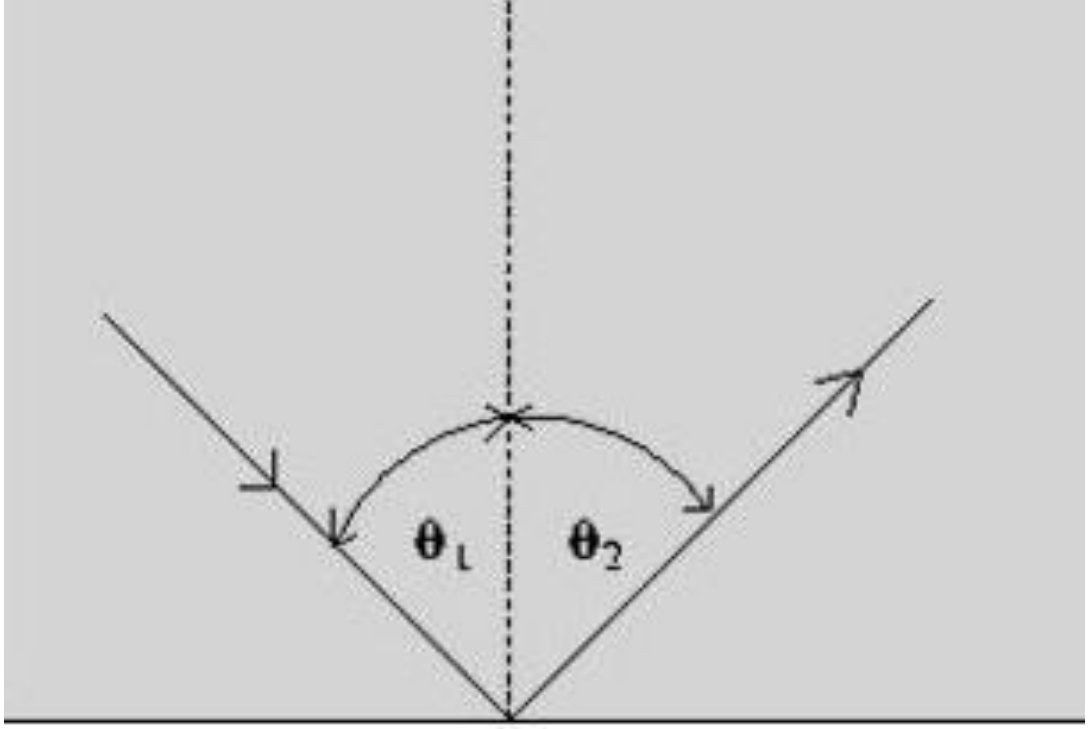
1. Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın daima aynı düzlemedir.
2. Gelen ışının normalle yaptığı açı (Q_1), yansıyan ışının normalle yaptığı açıya (Q_2) eşittir.
3. Nesnenin yüzeyine dik olarak (normal doğrultuda) gelen ışınlar, aynı doğrultuda geri döner.

Yansımanın, fizik temeli, nesnenin yüzey özellikleri hakkındadır. Yüzey özelliklerine bağlı olarak bir nesnenin yüzeyinde iki farklı özellikte yansıma meydana gelebilir (25,28).

2.1.2.3. Düzgün yansıma

Yukarıda tarif edilen yansıma kurallarında anlatıldığı gibi düzgün bir yüzeye çarpan ışık demeti ulaştığı açıyla geri döner (Şekil 2.). Ayna, parlayan metal yüzeyler veya porselen yüzey gibi düz bir yüzeye vuran ışık demetinin geldiği açıya paralel yansıması, düzgün yansıma olarak adlandırılır. Yansımalar nesnelerin yüzeyinde

meydana gelir. Bu yüzden, gelen ışıkla yansıyan ışık aynı spektral özelliklere düzgün yansımada sahiptir. Nesnelerin renk değerlerini bu düzgün yansımaya kuralıyla karşılaştırmalı olarak ölçmek veya karşılaştırmak dijital renk ölçüm cihazlarının en temel çalışma prensibidir (25,28) .



Şekil 2. Düztgün yansımaya

2.1.2.4. Dağınık yansımaya

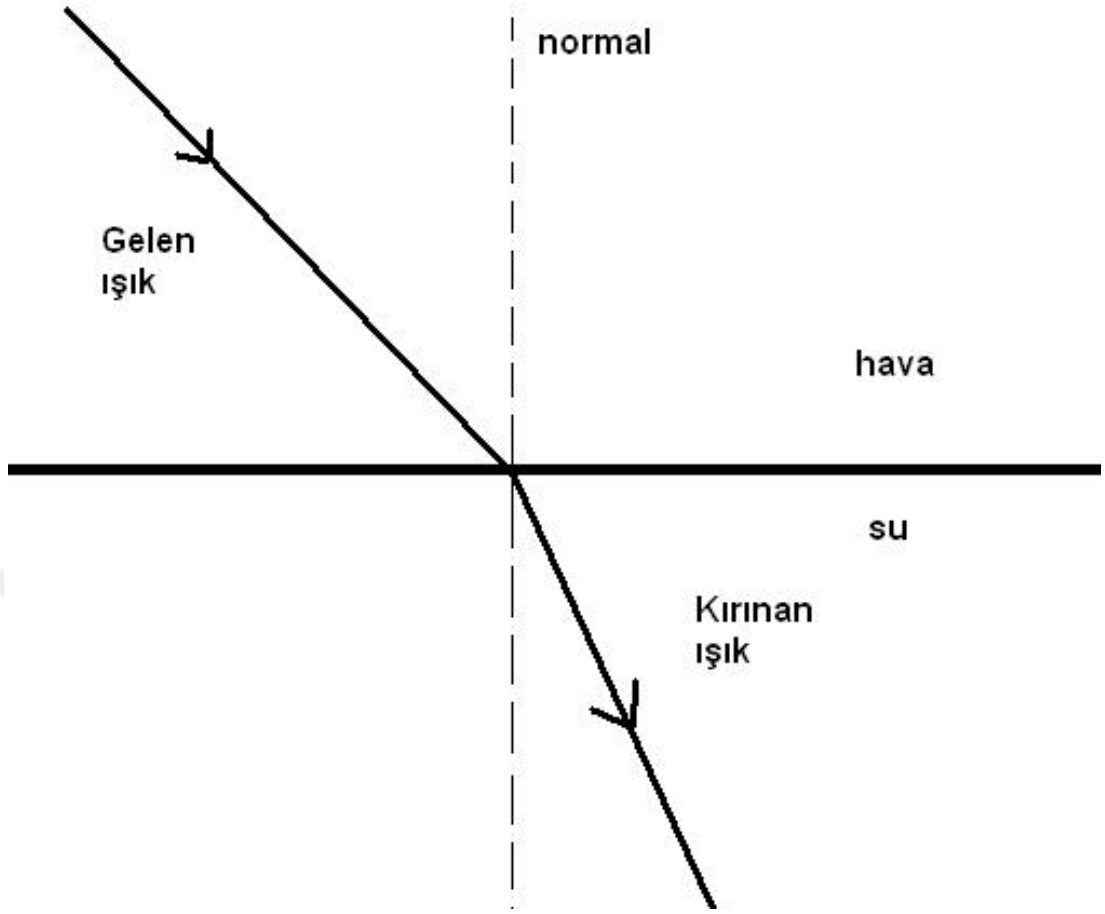
Yansımaya yasaları pürüzlü yüzeyler için de uygulanır. Işık ışınları, yüzeye geldikleri açıyla yansır. Bununla birlikte, pürüzlü yüzeyler üzerindeki düzensizlikler, yüzeyin her noktasında birbirinden farklı yüzey açısı yaratır. Bu durumdan dolayı pürüzlü yüzeylerde bu durum dağınık yansımaya sonuçlanır (Şekil 3) (25,28).



Şekil 3. Dağınık Yansımaya

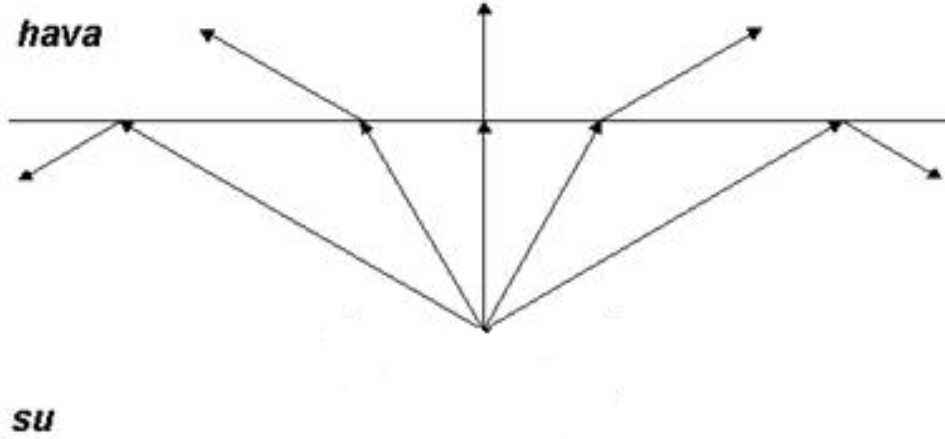
2.1.2.5. Işığın kırılması

Işık ışınları şeffaf bir ortamdan farklı yoğunluktaki şeffaf ortama girdiğinde, ışık demetinin hızı değişir. Ortam değiştiğinde ışık ışınlarının hızı düşerse, ışık ışını yüzeye dik açı yapan normale doğru yönelir. Işık ışınlarının hızı artarsa yüzeye dik açı yapan normalden uzaklaşır. Işığın hız değişiminden kaynaklanan bu olaya kırılma denir (Şekil 4) (24,25,26,28).



Şekil 4. Işığın kırılması

Ortamın kırılma indisini (n) ışığın iki ortamdaki hızlarının birbirlerine oranı verir. Saydam bir maddenin ışığı ne kadar kırdığı kırılma indisi ile gösterilir. Bazı durumlarda saydam ortamda ilerleyen ışık saydam bir nesneye ulaştığında kırılmaya uğramaz ve yansır. Bu olayda ışığın gelme açısı kırılma açısından azdır. Işık yoğun bir ortamdan daha düşük yoğunlukta bir ortama geçerken, kırılma açısı belli bir miktar artar ve normalden uzaklaşır, yüzey dik açısıyla 90° lik açı yapar. Işık yüzeylerin birleştiği yerde paralel bir yol izler. Kırılma açısı 90° ye ulaştığında, gelme açısı kritik açı olarak adlandırılır. Gelme açısı kritik açıyı geçerse ışık geldiği ortama yansır. Buna içten tam yansıma denir (Şekil 5) (25).



Şekil 5. İçten tam yansıma

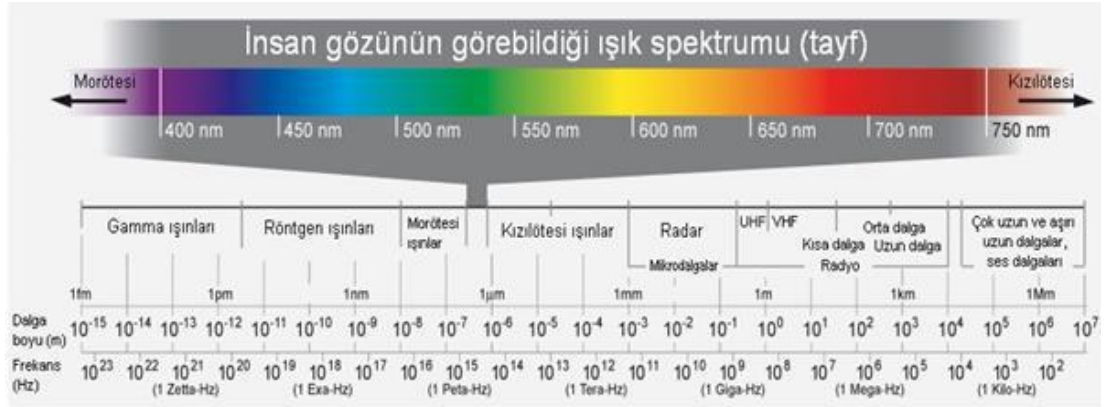
2.2. Renk ve Rengin Fiziği

Rengin meydana gelmesi ve görünmesi bütünüyle ışık ile ilgili bir meseledir. Rengin algılanabilmesi için ışık nesneden yansımali ve göz sinirlerini uyarmalıdır. Görüntünün oluşması için sinyaller beyin korteksindeki görsel merkeze iletilir. Bu olaylar sırasında görüntüye etki edecek birçok olasılık vardır(39).

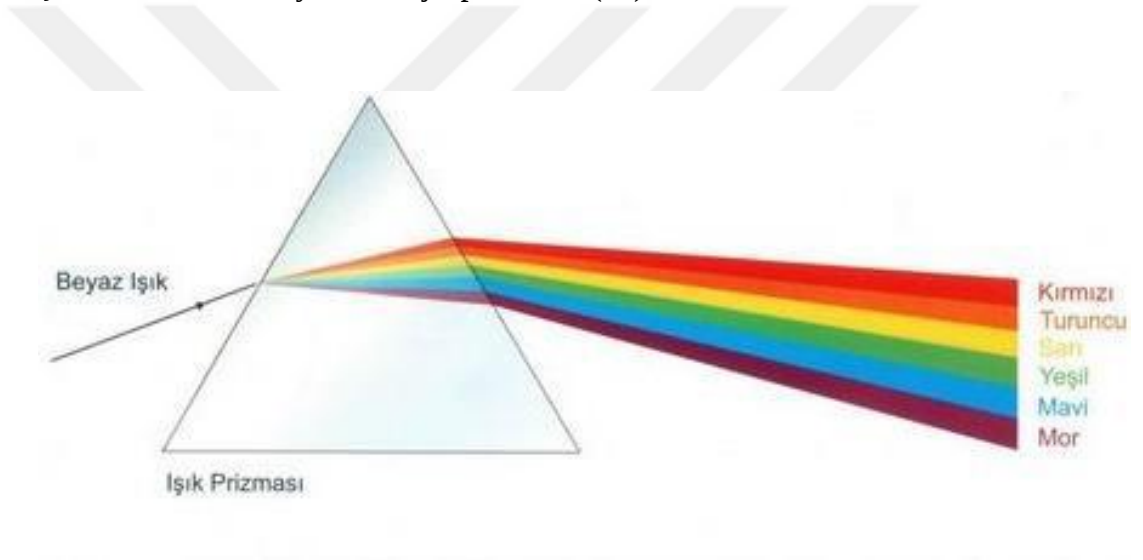
Işık bilimsel olarak görünür elektromanyetik enerji olarak tarif edilir. Dalga boyu 380-750 nm olan renklere insan gözü hassastır (Şekil 6) . Bir prizmadan beyaz ışık geçirildiğinde kırılır ve çeşitli dalga boylarındaki renklere ayrılır (Şekil 7) . Bir nesne yeterince aydınlatıldığı takdirde rengi belirlenebilir. Gün ışığı ile aydınlanan bir nesne, renk tayfasındaki kendi renginin enerjisini yansıtırken diğerlerini absorbe eder. Sonuç olarak, görme merkezinde algınanan renk ve görüntü ile görme işlemi tamamlanır (40) .

Rengin algılanmasında görevli olan çubuk ve konik hücreler ışığa karşı hassaslardır. Çubuk hücreler (basil reseptörler) konik hücrelere (koni reseptörler) göre daha çok sayıda bulunurlar (Çubuk\Konik = 19\1) , retinada geniş bir bölgede yer alırlar ve sadece ışığın parlaklığına yani açıklığına ya da koyuluğuna hassastır. Retinanın küçük bir alanı olan fovea centraliste konik hücreler yerleşmişlerdir. Kırmızı, mavi ve yeşil renklerde dalga boylarına hassas üç tip konik hücre vardır.

Fovea bölgesinde konik ve çubuk hücreler aynı yerde bulunduğu bir alan vardır, bu alan renk tonlarının birbirinden ayırt edilmesinde görev alırlar (39,40).



Şekil 6. Elektromanyetik enerji spektrumu (39)



Şekil 7. Beyaz ışığın prizmadan kırılması (39)

2.3. Renk Sistemleri

2.3.1. Ostwald renk sistemi

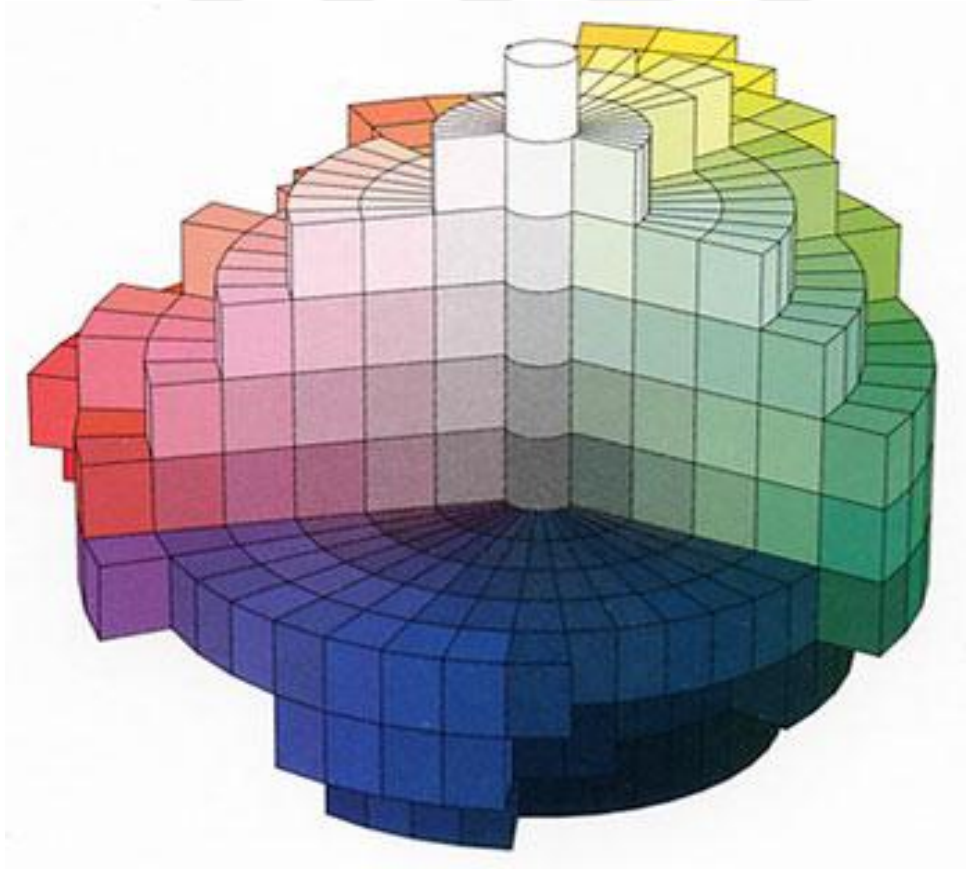
1914'te çıkarılmış bir renk sistemidir. Ostwald renk sisteminde 4 ana renk yer almaktadır. Bu renkler mavi, kırmızı, sarı ve yeşildir. Bu 4 ana renk, renk diyagramında 24 ara renge ayrılmıştır. Her renk bir daire içinde eşit bir alanda yer alır (41).

2.3.2. Munsell renk sistemi

1905'te Amerikan bilim adamı Munsell tarafından ileriye sürülmüştür, son şekli 1945' te verilmiştir. En eski renk sistemidir ve diğer renk sistemleri bundan esinlenerek oluşturulmuştur.

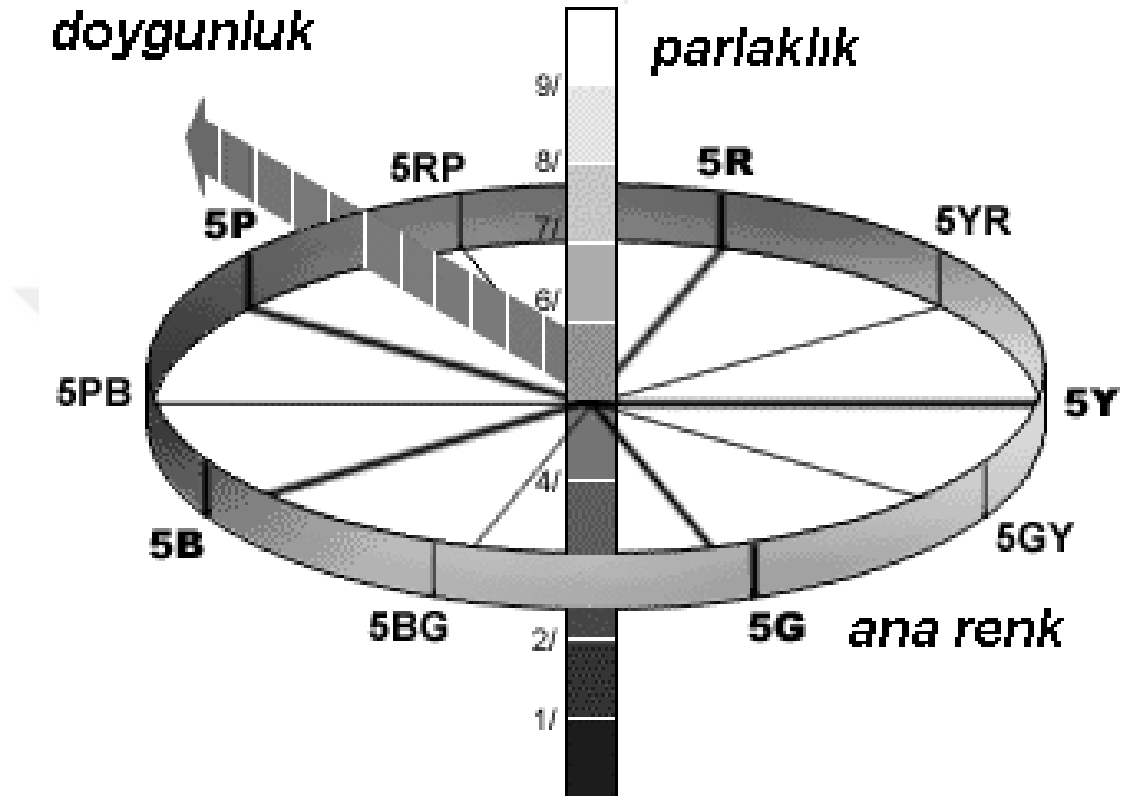
Munsell, rengi üç farklı boyuta bölmüştür. Hue(H); ana renk, Value(V); rengin parlaklığı ve Chroma(C); rengin doygunluğudur(24, 42, 43, 44).

Munsell, sistemini beş ana renk tanımlayarak meydana getirmiştir. Bu renkler, kırmızı (R), sarı (Y), mavi (B), yeşil (G) ve mordur (P). Sistemde, sırasıyla R, Y, B, G ve P harfleri ile temsil edilirler. Sistemde ana renkler bunların kombinasyonu ile oluşturulan diğer renkler de vardır. Ana renklerin kombinasyonu ile oluşturulan renkler iki ana rengin harfi ile gösterilir. Bu renkler, YR, GY, BG, PB, ve RP biçiminde gösterilirler. Bütün renkler ve bu renklerin parlaklık ve doygunluklarından dolayı düzensiz renk küresi elde edilir (Şekil 8) (24, 42, 43, 45).



Şekil 8. Munsell renk küresi (45)

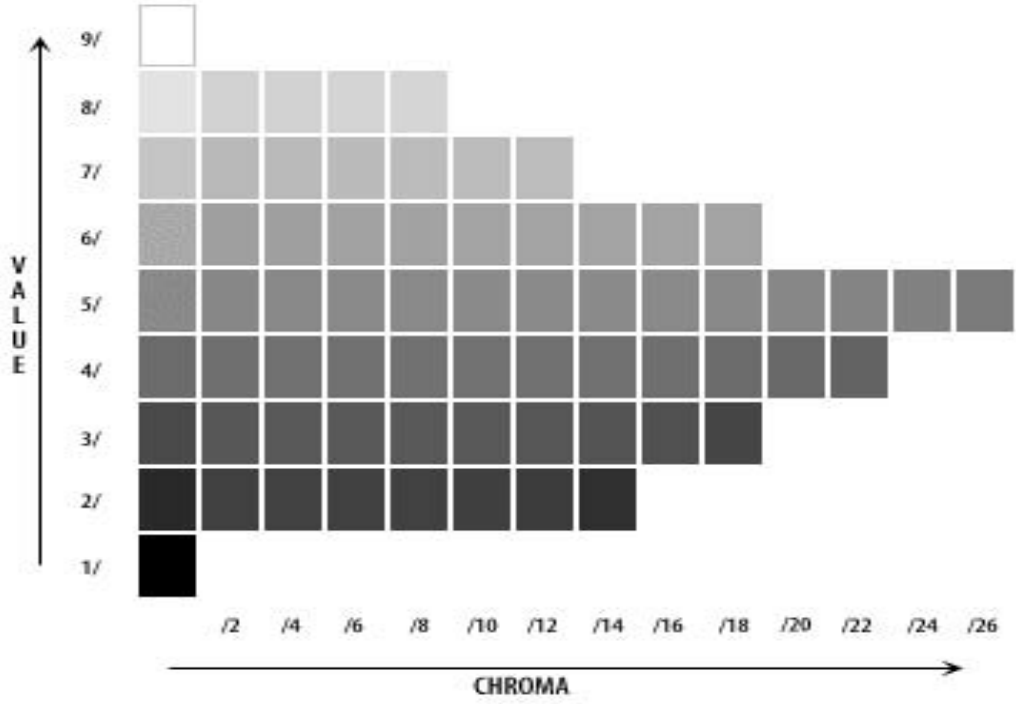
Sistemdeki ana renkler, bir daire içinde saat yönünde dizilmiştir. Sistemin ikinci boyutu parlaklık, siyahtan beyaza 10 farklı dereceye bölünmüştür. Parlaklık derecesini gösteren eksen, daireyi tam ortasından dik olarak geçer. Parlaklık eksenini saf siyahtan saf beyaza değişir (Şekil 9) (21, 42, 43, 45, 46).



Şekil 9. Munsell renk sisteminde ana renklerin bulunduğu saat şeklindeki daire ve bu daireyi ortasından delen parlaklık eksenini (45)

Her ana renk 10 ayrı parçaya bölünmüştür. Beş sayısı asıl ana rengi sembolize eder. Küre içindeki bir rengin konumunun belirlenmesi, ana renk ve parlaklık değerlerinin yazılmasının ardından bir kesik işaretinden sonra doygunluk değerinin de eklenmesiyle belirlenir (21,42,47).

Sistemde ana renk doygunluğu 15 ayrı bölüme bölünerek ölçülür (Şekil 10) (45). Halkanın en dış kısmından parlaklık eksenine doğru ilerlediğinizde, karşılık gelen renk doygunluğu değeri azalır. En yüksek doygunluk derecesine sahip olan yer dairenin en sonu, en düşük doygunluk seviyesine sahip yere dairenin merkezidir (42).



Şekil 10. Munsell renk sisteminde, parlaklığın (value) ve doygunluğun (chroma) derecesini ifade eden şema (45)

2.3.3. HSL(Hue, Saturation, Luminance) renk sistemi

Bu sistem RGB sistemine benzer. Sistemin adını oluşturan ‘H’ ana rengi, ‘S’ doygunluğu ve ‘L’ parlaklığı sembolize eder.

HSL renk sistemine benzerlik gösteren HSB (hue, saturation, brightness) ve HCL (hue, chroma, luminance) renk sistemleri bu sistemden türemiştir. Bu renk sistemlerinin tümü bilgisayar ekranlarında renk ayarı amacıyla oluşturulmuştur (41,48).

2.3.4. Photo YYC (Photo CD) system

Kodak firması tarafından geliştirilen bir sistemdir. Sistem, bilgisayar tarafındaki TV ekranlarında CD’de saklanan farklı formatlarda görüntülerin oluşturulmasını sağlar. Bu sistem sayesinde tek ışımaya ve iki renge sahip data, RGB’ye dönüştürülebilir yada bunun tam tersi yapılabilir. Böylece, RGB verileri bir CD’de saklanabilirken, veriler ekrana da yansıtılır (20,41,48).

2.3.5. NCS renk sistemi

Bu sistem ilk olarak 1969'da İsveç Renk Merkezi tarafından ilk Internationale De La Birliğine Couleur kongresinde tanıtıldı. İlk olarak Alman fizyolog Ewald Hering'in önerdiği renk görüşünün renk karşıtlığı hipotezine dayanır. NCS renk sisteminde renkler, yüzde cinsinden ifade edilen üç değerle tanımlanır, ton, kromatiklik ve siyahlık (30,41,45).

2.3.6. CIE standart kolorimetrik sistem

Bu renk sistemi 1931'de Commission Internationale de l'Eclairage tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem üç ana renkten(kırmızı, yeşil, mavi violet) oluşur. Bu trikromatik sistem, bir yelken silueti benzeyen bir grafik ile temsil edilir. Kırmızı renk dağılımı yatay X doğrusu ile yeşil renk dağılımı dikey Y doğrusu ile mavi renk dağılımı Z doğrusu ile belirtilir. Bu renk sisteminde renklerin parlaklığı belirtilmez. Merkeze doğru ilerledikçe ara renkler oluşur (24,43,49).

2.3.7. CIEL*a*b* renk sistemi

CIEL*a*b* renk sistemi geniş kabul görmüş diğer renk sistemlerine göre daha fazla kullanılmıştır. Bu sistemde renk dağılımı, renkle ilgili araştırmalarda daha sık kullanılmaktadır çünkü daha düzgün ve daha anlaşılır bir düzen kullanılır (46,50).

Sistemde renk koordinatlarını tanımlayan üç eksen bulunmaktadır. Bu eksenler L^* , a^* ve b^* harfleriyle temsil edilirler. L^* sembolü rengin parlaklığını temsil eder. a^* ve b^* simgeleriyle ana renk ve doygunluğunun derecesi gösterilir. a^* ve b^* sırasıyla, kırmızı-yeşil ve sarı-mavi yönünde değişimleri gösterir. a^* 'nın pozitif değerde olması kırmızı yoğunluğunun arttığını negatif değer alması yeşil yoğunluğunun arttığını gösterir. b^* 'nin pozitif değerde olması sarı yoğunluğunun arttığını negatif değer alması mavi yoğunluğunun arttığını gösterir (12,24,28,44,47,50).

Sistemde kullanılan L , a ve b harflerinin yanındaki bulunan “*” işareti diğer renk sistemleriyle karışmasını önlemek için kullanılır.

CIEL*a*b* renk sisteminde, renkler geometrik olarak düzenlenir, böylece renkler arasındaki fark matematiksel olarak hesaplanabilir. CIEL*a*b* renk

sisteminde renk ölçümlerinin yapılabilmesi için ΔE formülü geliştirilmiştir. ΔE değerinin bulunabilmesi için iki farklı nesnenin L^* , a^* ve b^* değerlerinin bulunup $\Delta E = [(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}$ formülüne yerleştirilmesi gerekir (44,50,51).

Formüldeki ΔE simgesindeki Δ , farkı gösterir. E simgesi Almanca algılama anlamındaki *empfindang* kelimesinden gelir. İki nesnenin $L^*a^*b^*$ değerleriyle elde edilen ΔE değeri sıfır ise iki nesne arasında renk farklılığı olmadığı anlamına gelir. ΔE değeri sıfırdan farklı bir değerde ise iki nesne arasında renk farklılığı olduğunu ifade eder. İki nesne arasında ΔE değeri arttıkça, nesnelerin renk farkları netleşir, bu nedenle belli bir değerin üzerindeki farklar görsel olarak algılanır. Diş hekimliği alanında renk uyumu açısından göz tarafından algılanamayan farklar kabul edilebilir. Yapılan araştırmalarda görsel olarak renk farklılığının algılanabilmesi için ΔE değerini 3,6 ‘dan büyük olması gerektiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda diş hekimliğinde renk uyumu bakımından kabul edilebilir ΔE değerleri halen tartışmalıdır (5,28,44,48,51,52,53).

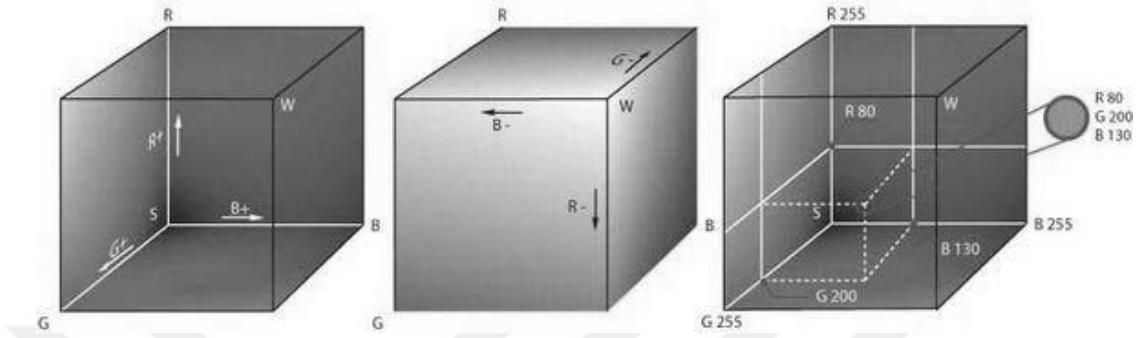
Renk farklılıkları belirlemek için CIEL*a*b* formülüne dayanarak geliştirilen farklı formüllerde kullanılmıştır. Paravina ve ark. tarafından kullanılan başka bir formdaki CIEDE2000

$$\text{formülüdür(54). } \Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

2.3.8. RGB renk sistemi

RGB renk sistemi nesnelerin renk değerlerinin belirlenmesinde kullanışlı bir renk sistemidir. Çoğu renk bilimcisi, kırmızı, yeşil ve maviyi ana renk olarak kabul ederler. Diğer renkler bu ana renklerin birbirleriyle etkileşmesi sonucu oluşur. Bu üç rengin baş harfleri kullanılarak RGB adı verilmiştir. Kırmızı ve yeşil kombinasyonunda sarı; mavi, kırmızı, yeşil kombinasyonunda beyaz oluşur. Saf bir beyaz renk oluşturmak için, üç temel renk aynı karışım içinde eşit oranlarda bulunmalıdır. Mavi ve yeşil ışık kombinasyonu turkuaz, mavi ve kırmızı kombinasyonunda, magenta adı verilen bir renk elde etmek mümkündür. RGB sistemine dayalı ana renkleri kullanarak farklı renkleri elde edebiliriz ve bu renk elde etme işlemine “additive color” yani eklemeli renk karışımı denir. Televizyon ve

bilgisayarlarda RGB renk sistemi kullanılır. Sistemdeki her ana renk doygunluk ve parlaklık açısından 0 ila 255 arasında değişen farklı değerler içerebilir (Şekil 11) (4,41,48).



Şekil 11. RGB renk sisteminde ana renklerin ara renkleri oluşturması (41)

2.3.9. CMYK renk sistemi

Renk elde etmek için renkleri karıştırmaktan başka yöntemlerde vardır. Beyaz ışıktan renk çıkararak renk elde etme işlemine ‘‘subtractive color’’ yani çıkartmalı renk karışımı denir. Aslında, hayatımız boyunca gördüğümüz tüm renkler subtraktif renk karışımından oluşur.

Nesneler, kırmızı dalgı boyly renkleri absorbe edip mavi ve yeşil dalgı boyly renkleri yansıttığı zaman turkuaz oluşur. Mavi renk absorbe edilip yeşil ve kırmızı yansıdığında sarı, yeşil emilip kırmızı ve mavi yansıdığında görülen renk magentadır. Bu nedenle, subtraktif renk karışımının temel renkleri turkuaz (ciyan), magenta ve sarı (yellow) dır. RGB sisteminin ikincil renklerini oluşturan bu renklere siyah eklenerek oluşturulan renk sistemi CMYK renk sistemi olarak adlandırılır (4,29).

2.4. Diş Hekimliğinde Renk Analiz Yöntemleri

Diş hekimliğinde renk seçimi görsel olarak veya çeşitli aletler kullanılarak yapılabilir.

2.4.1. Görsel renk analizi

Görsel renk analizi porselen renk skalası ile yapılır. Bu amaçla kullanılan Vitapan Classical, Ivoclar Chromascop, Vitapan 3D Master ve Linear Guide 3D Master üretici firmalar tarafından pazarlanan renk skalalarından birkaçıdır. Standart renk skalalarını doğal dişlerle karşılaştıran görsel renk analizi, diş hekimliğinde hala en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Aynı ışık koşulları altında, doğal dişleri ve renk skalasını karşılaştırarak renk tayini çok öznel bir yöntemdir. Renk analizinde hekimin seçimini etkileyebilecek birçok faktör vardır; çevrenin ışık yoğunluğu, hekimin yaşı ve deneyimi, göz yorgunluğu, renk körlüğü... vs. gibi. Bu sınırlamalara rağmen, insan gözü iki obje arasındaki küçük renk farklılıklarını tespit etme yeteneğine sahiptir (55).

Diş hekimliğinde renk analiz yapılırken birçok kurala uyulmalıdır. Kesinlikle diş kesiminden önce renk seçimi yapılmalıdır. Diş kesimi sırasında ve sonrasında dişler su kaybedip dehidrate olabilir ve renkleri değişebilir. Dişlerin kesiminden sonra mine, metal, siman... vb'nin aşındırılmasında sonra açığa çıkan artık maddeler ve biyolojik sıvılar dişlerin normal renginden farklı gözükmesine neden olabilir (56).

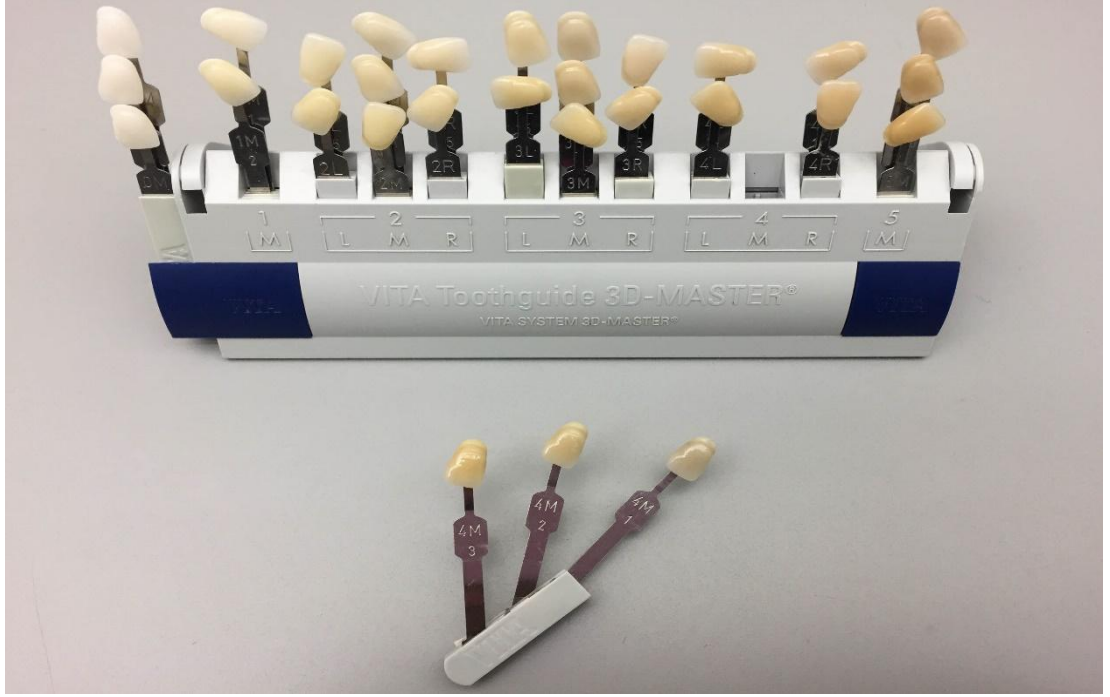
Hekimin renk analizini daha doğru yapabilmesi için renk analizi öncesinde hastanın ruju ve ağır makyajı temizlenmeli veya maskelenmelidir. Renk analizi yapılmadan önce hekim hastanın dişlerinin temiz ve lekesiz olduğundan emin olmalıdır. Renk analizini yapacak hekim ışık kaynağı ve hasta arasından konumlanmalı hasta dik bir şekilde oturmalıdır. Koni reseptörlerinin yorulmasını önlemek ve daha doğru renk analizi yapmak için renk analiz süresi 5 saniye ya da daha kısa tutulmalıdır (57). Mavi bir nesneye bakıldığında sarı duyarlılığı arttığından hekim gözlerini dinlendirirken mavi bir nesneye (duvar, perde, kart... vb.) bakmalıdır. Görsel olarak renk seçimi yapılırken çoğu zaman dişlerin orta 1/3'lük kısmına bakılarak renk belirlenir. Dişin rengi kesici kenardan koleye doğru değişir deneyimli bir diş hekimi orta 1/3'lük alandan doğru renk seçimi yapmalıdır (12).

Başlangıç olarak value (parlaklık) değeri belirlenmeye çalışılır, renk seçimi yapılırken renk skalasındaki renkler dişle karşılaştırılır. Value (parlaklık) değeri belirlendikten sonra hue (ana renk) ve chroma (doygunluk) belirlenir (58). İki örnek arasında eşleştirme yapılamazsa renk örneklerinin dişetine yakın kısımlarına

bakılarak dişin dişetine yakın kısmına bakılarak renk belirlenir. Renk örneklerinin kole bölgeleri yoğun miktarda renklendirme materyali içermektedir. Dişin gingival üçlüsünün rengi belirlenirken bu dikkat dağıtıcı etkeni ortadan kaldırmak için renk örneklerinin kole bölgesi uzaklaştırılmalıdır. Renk seçim süreci, dişin kesici kenarı ve en uyumlu kesici kenar karşılaştırması ile tamamlanmalıdır. Renk seçimi tamamlandığında, metamerizmi en düşük seviyeye indirmek için işlem başka bir ışık kaynağının altında tekrarlanmalıdır (56).

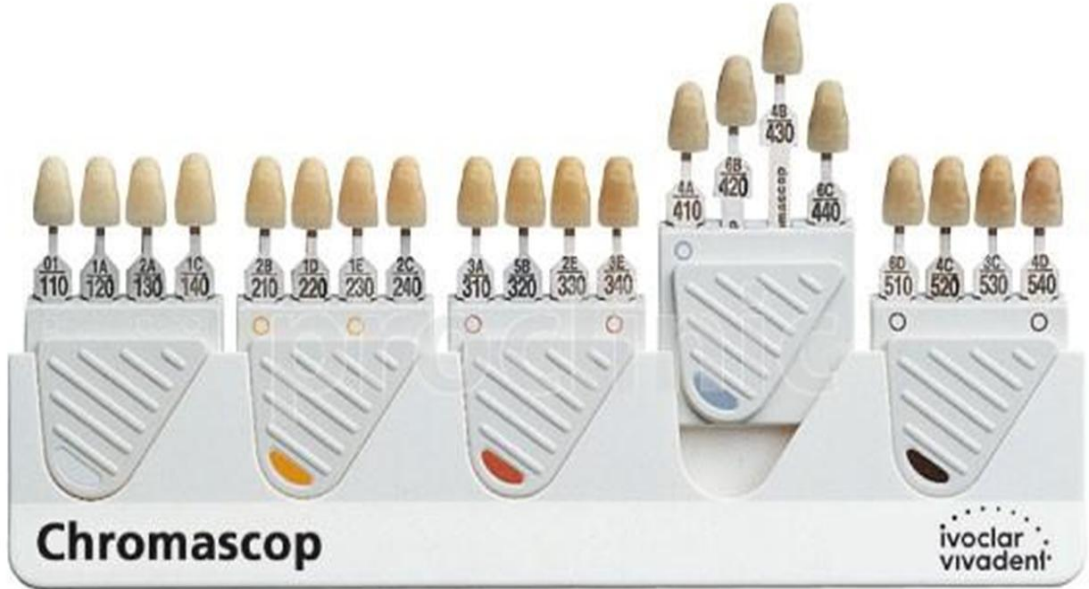
Renk skalaları görsel renk analizinde hekime standart sağlamaya çalışsa da, bazı dezavantajları vardır; farklı marka renk skalaları bile birbirleri arasında uyum göstermezler ve her bakışta farklı bir renk seçilebilir ve seçilen renkler CIEL*a*b* sistemine aktarılamaz (59).

Renk skalaları genişletilerek doğal dişlerin renk uzayındaki yeri belirlenebilir hale gelmiştir. Vitapan 3D-Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) bu özelliğe sahip bir renk skalasıdır. Üreticiye göre Vitapan 3D-Master renk skalası neredeyse tüm doğal dişlerin renklerini bize verir. Vitapan 3D-Master renk skalası doğal dişlerin spektrofotometrik renk ölçümlerine göre ayarlanmıştır. Spektrofotometrik renk ölçümlerine göre skala düzenlendiğı için doğal dişlerin rengi üç boyutlu renk uzayında tespit edilir. Vita Classical (Vita Zahnfabrik) ve Chromascop (Ivoclar Vivodent, Amherst, New York, ABD) renk skalaları hue değerlerine göre sınıflandırılmıştır. Vitapan 3D-Master Renk skalalarında ise renkler value değerlerine göre 5 ayrı grup olarak belirlenmiştir. Vitapan 3D-Master Renk skalaları value değerlerine göre sıralanmış olup 1 en açık 5 en koyu olarak sıralanmıştır. Her value değeri kendi içerisinde farklı hue ve chroma değerleri içerir. Her value sekmesindeki L,M,R harfleri hue değerlerini anlatır. L; sarı tona, R; kırmızı tona, M; sarı-kırmızı tona eğilimi belirtir. L, M, R harfleri üzerindeki sayılar yükseldikçe chroma değeri artar (39,60) (Şekil 12).



Şekil 12. Vita 3D Master Renk Skalası

Chromascop Sistemi renkleri numaralar kullanılarak tanımlanır. 110-Beyaz, 200-Sarı, 300-Turuncu, 400-Gri, 500-Kahverengi. Doygunluk değerleri ise en düşük 10 en yüksek 40 olarak sıralanmıştır (Şekil 13) (61,62).



Şekil 13. Chromascop Renk Skalası

“Vitapan Classical” (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) dişlerden renk seçimi yapılırken uzun yıllardır kullanılan bir renk skalasıdır. Bu skaladaki renkler A1-A4 (kırmızı-kahverengi), B1-B4 (kırmızı-sarı), C1-C4 (gri tonları), D2-D4 (kırmızı-gri) olarak belirlenmiştir (Şekil 14) (61,62) .



Şekil 14. Vita Classical Renk Skalası

Linear Guide 3D-Master renk skalası, Vita'nın yeni renk skalasıdır. Özellikleri Vita 3D Master renk skalası gibidir. Tek fark, renklerin tek bir sıra halinde düzenlenmesidir. Böylece renk seçimi daha hızlı ve pratik olarak yapılabilir (Şekil 15) (63).



Şekil 15. Linear Guide 3DMaster renk skalası

2.4.2. Aletli renk analiz yöntemleri

Renk skalasında bulunan porselenin kalınlığı 1.5 mm, arka kısımdaki metalin kalınlığı ise 4-5 mm. Bu nedenle, renk skalası üzerindeki renklerin ve doğal diş flüoresan özellikleri birbirinden farklıdır. Göz yorgunluğu ve uygunsuz aydınlatma koşulları, doğru renk analizini negatif etkileyen etkenlerdir (62).

Renk skalalarındaki bu sınırlamaları, daha objektif ve daha güvenilir renk analizi için üretilen aletlerin önünün açılmasına katkı sağlamıştır. Bütün renk ölçüm cihazları, bir dedektör, bir sinyal ayarlayıcı ve gelen sinyalleri kullanıcının anlayabileceği verilere dönüştüren bir yazılım programından oluşur (64).

Aletle yapılan renk analizlerinde kolorimetre, spektrofotometreler, spektoradyometreler ve dijital kameralar kullanılmaktadır (64).

2.4.2.1. Kolorimetreler

Herhangi bir matematiksel işlem yapmadan renk koordinatlarını elde edebilen aletlerdir. Bu aletlerde, gözdeki renk reseptörlerini taklit eden renkli filtreler bulunur. Nesneden yansıyan ışınlar renk reseptörlerini taklit eden renkli filtrelerden geçerek renk analizini tamamlar (12).



Şekil 16. ShadeEye Chromametre (Shofu, Japan) Kolorimetre (62)

Chromascan (Sterngold, Stamford, CT, ABD) üretimi yapılan ilk kolorimetredir. Fakat bu alet kullanım açısından çok pratik bulunmamıştır ve duyarlı değildir. Bu kolorimetreden sonra üretilen ise ShadeEye Chromametre (Shofu, Japan) dir (Şekil 15.). Işığın yansıma ve saçılma problemlerini ortadan kaldırmak için renk analizi yapılacak objenin özelliklerini belirlemek için opsiyonlar eklenmiştir (12).

Renk analizini kolorimetreler düz yüzeylerden gerçekleştirebilmektedirler. Fakat dişler düz yüzeylere sahip değildirler. Kolorimetreler renk stabilitesi ve metamerizm gibi renk analizleri için yeterli değildir (65).

2.4.2.2. Spektrofotometreler

Diş hekimliğinde spektrofotometrelerin renk seçiminde daha doğru ve kullanılabilir aletler olduğu belirtilmiştir. Spektrofotometreler objelerden yansıyan 1-25 dalga boyundaki ışınların kesintili yada kademeli ölçümünü yapar. Spektrofotometrenin içerisinde dedektör, ışık kaynağı, ölçüm yapabilen sensörler bulunur (66). Spektrofotometre ile yapılan renk analizleri ile insan gözü ve konvansiyonel yöntemler karşılaştırıldığında spektrofotometrik renk analizlerinden elde edilen verilerin % 33 oranında daha güvenilir olduğu ve vakaların %93,3 ünde doğru ölçümler ortaya çıktığı rapor edilmiştir (55).

Dijital fotoğraf makinesi ile klasik bir spektrofotometrenin özelliklerinin biraraya getirilmesi ile Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japan) elde edilmiştir (Şekil 16). Bu cihazlar optik ve görüntü teknolojisinin ilerlemesi ile beraber diş hekimlerinin çekilen fotoğraflarla doğal diş rengini güvenilir bir şekilde belirleyebilmesine imkan tanır. Doğal dişlerin çeşitli alanlarından ölçüm yapması ve teknisyenin yapım aşaması sırasında doğal dişlere en uygun rengi seçip uygulayabilmesi bu makinenin önemli özelliklerinden biridir. Ek olarak, görüntüler yazılım aracılığıyla bilgisayarda incelenebilir. Ağıziçi çekimler sonucunda görüntülerde arka plandaki ışığın yeterli olmaması yanlış sonuçlara neden olacağı sonucuna varılmıştır (67).



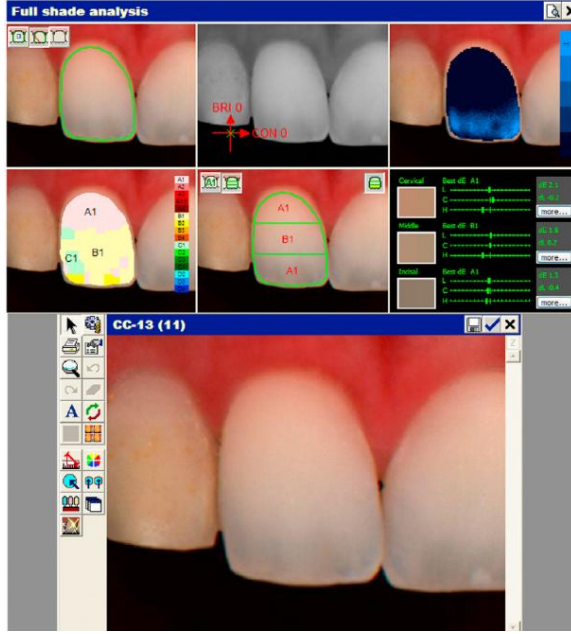
Şekil 17. Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japonya) Spektrofotometre (62)

Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) ekonomik, pille çalışan, taşınabilir, kablesiz, kompakt ve kullanımı basit bir cihazdır (Şekil 17). Dişlerin servikal, insizal ve orta üçlü olarak renk analizini çeşitli bölgelere bölerek gösterebilir ve restorasyonun renk uyumunu hue, chrome ve value değerlerini kıyaslayarak ölçüm yapar. Vita Easyshade Compact renk analizini Vitapan Classical ve Toothguide 3D-Master renk skalalarına uyumlu bir şekilde vermektedir. Vita Easyshade Compact ayrıca objenin CIE Lab değerlerini diş hekimine verir (63).



Şekil 18. Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Spektrofotometre (62)

SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre) dijital görüntüleme ve spektrofotometre ile birlikte üretilen cihazdır (Şekil 18). LED ekran, renk ölçümünün yapılacağı diş üzerine yerleştirilir ve Munsell renk sistemine ve CIE Lab renk sistemine göre parametreler bulunur. İlaveten bu aletlerde çapraz polarizasyon kullanılarak ışık yansıması önlenmiştir (64).

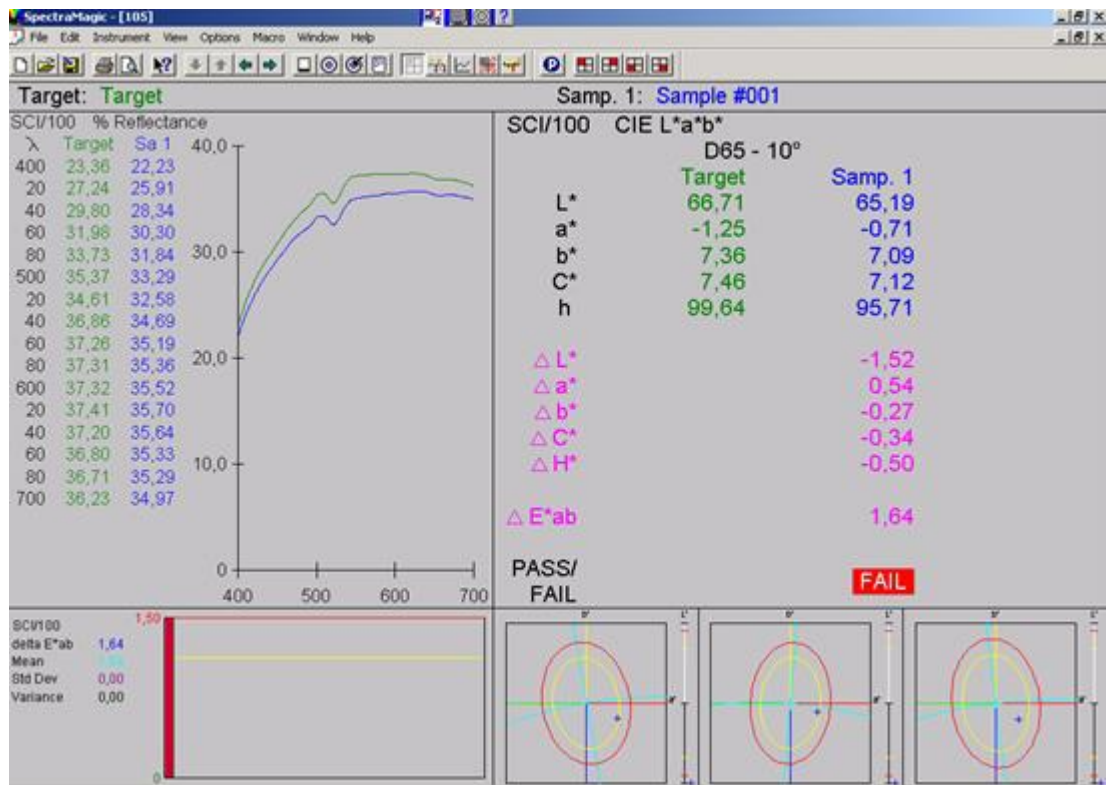


Şekil 19. SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre) (62)

Konica Minolta CM 3600A (Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japonya), farklı alanlarda faydalanan endüstriyel numunelerin spektral renklerini ve renk farklılıklarını belirleyen bir spektrofotometredir (Şekil 19). Renk ölçümleri, 8 derecelik bir görüş açısı ile 10 nm aralıklarla 360-740 nm dalga boyunda elde edilir. Renk analizi yapılacak numunenin boyutuna göre, 4, 8, 25 mm çaplarında olan üç farklı tablası vardır. Konica Minolta CM 3600A 'nın analizleri üretici tarafından %99,7 doğru ve %99,4 tekrarlanabilir olarak rapor edilmiştir. Yapılan analizler bilgisayar yazılımı ile (Spectra Magic™ Windows 2000/XP/Vista, ABD) bilgisayara taşınarak CIELab değerleri bulunur (Şekil 20). Aynı program kullanılarak iki ölçüm arasındaki fark bulunabilir. Farklar (ΔE , Δa , Δb , ΔH , ΔC) H (Hue), C (Chroma), L (Lightness) değerleri karşılaştırılarak bulunabilir (65).



Şekil 20. Konica Minolta 3600A Spektrofotometre (65)



Şekil 21. Spectra MagicTM Programında Ölçüm Değerleri

2.4.2.3. Dijital kameralar ve görüntü sistemleri

Dijital kameraların renk ölçümlerinde faydası günümüzde giderek artmıştır. Sadece tek bir bölgenin değil bütün nesnenin görünümünü elde etmesi sistemin avantajıdır (4).

Kolorimetrik ve multispektral olmak üzere iki farklı yaklaşımdan yararlanılır. X, Y, Z tristimulus değerleri bir denklem ile hesaplanarak R, G, B (Red, Green ve Blue) olarak açıklanır (68). Kamera dedektörleri CIE'nin standart gözlemcisi ile aynı spektral duyarlılığa sahip olmadığı için kameradaki RGB değerleri CIE'nin XYZ değerleri ile uyuşmaz. Bu yüzden renk analizi yapılırken kameranın RGB değerleri CIE'nin XYZ değerleri ile uyumlu hale getirilmelidir. Kamera kalibrasyonu olarak adlandırılır. Bu amaçla en çok tercih edilen yöntem, kamerayı bilinen XYZ değerlerine sahip bir referans tablosu yardımıyla ayarlamak ve bu şekilde her parça için ortalama RGB değerlerini kaydetmektir.

Dijital fotoğraf makineleri ile yapılan renk ölçümü, klinik ve laboratuvar arasındaki daha kolay bağlantı açısından oldukça yararlıdır. Geleneksel renk skalaları ile çekilen fotoğraflar hekim ve teknisyen arasındaki bağlantıyı artırır ve bu fotoğraflar dişlerin saydamlığı, opaklığı ve yüzey özellikleri hakkında bilgi sağlar. Bu bilginin laboratuvara aktarılması, restorasyonun başarısını büyük oranda etkiler. (4,69).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

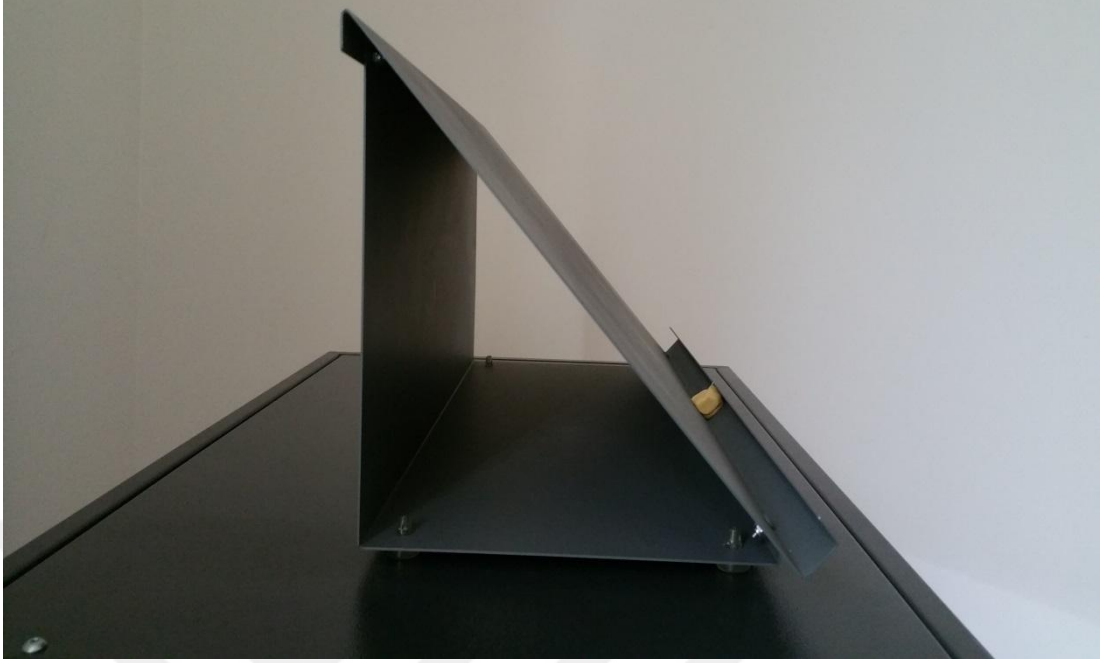
Bu tez çalışması Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD bünyesinde yapıldı. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2017-28886752-03 sayı ve 21/04/2017 tarihli kararı ile desteklenmiş ve projelendirilmiştir.

Bu tez çalışması Vita Classical A1-D4 renk skalasındaki tüm renklerin spektrofotometrik analizinin yapılması, her bir rengin dijital fotoğraf makinesi ile görüntülerinin elde edilmesi, elde edilen görüntülerin photoshop ile renk analizlerinin yapılması ve renk analiz yöntemlerinin karşılaştırılması olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında ışık kabini (Prowhite K002) (Şekil 22), 45° derece eğimli yatay bileşkeli gri boyanmış metal rampa (Şekil 23) , Vita Classical A1-D4 renk skalası (Şekil 24) , spektrofotometre cihazı (Vita Easysshade Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) (Şekil 25) , silikon index (Şekil 26) , dijital fotoğraf makinesi (Canon EOS 7D Mark II), makrolens (Canon EF 100mm f/2,8L Macro IS USM), twin flash (Canon Macro Twin Lite MT-24EX), tripod (WT3770), adaptör (M.L.ADP67), Adobe Photoshop CC 2017, Monster Abra A5 notebook kullanıldı.



Şekil 22. Işık kabini (Prowhite K002)



Şekil 23. 45° derece eğimli yatay bileşkeli gri boyanmış metal rampa

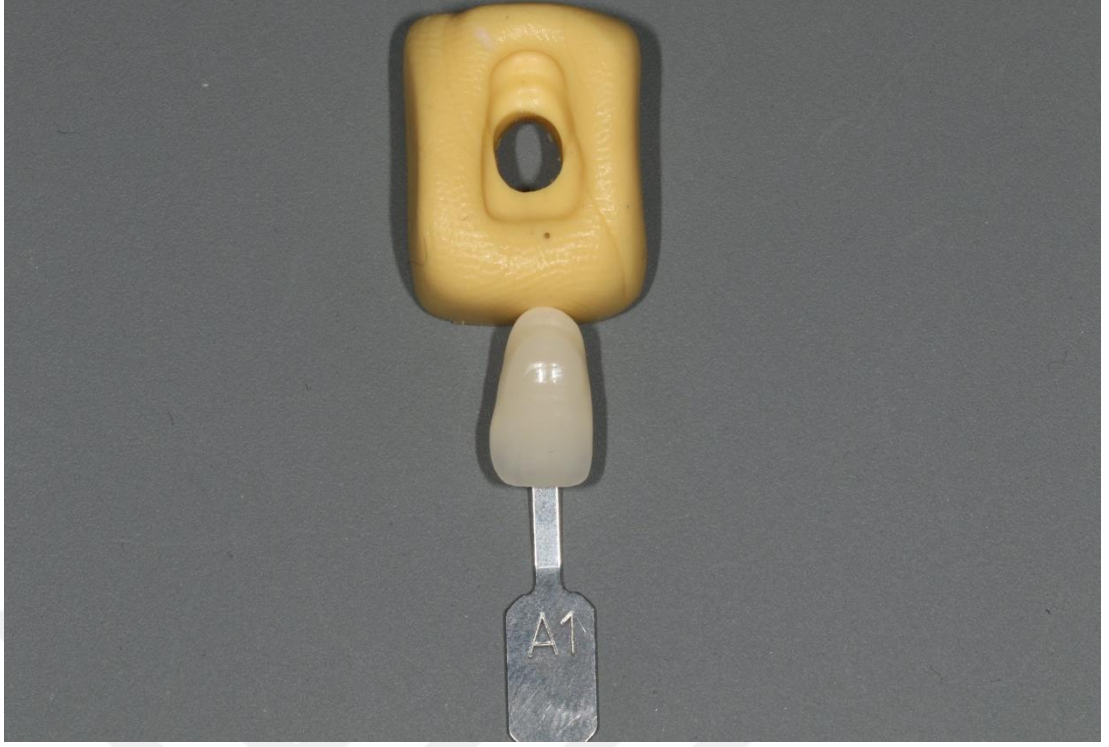


Şekil 24. Vita Classical A1-D4 renk skalası

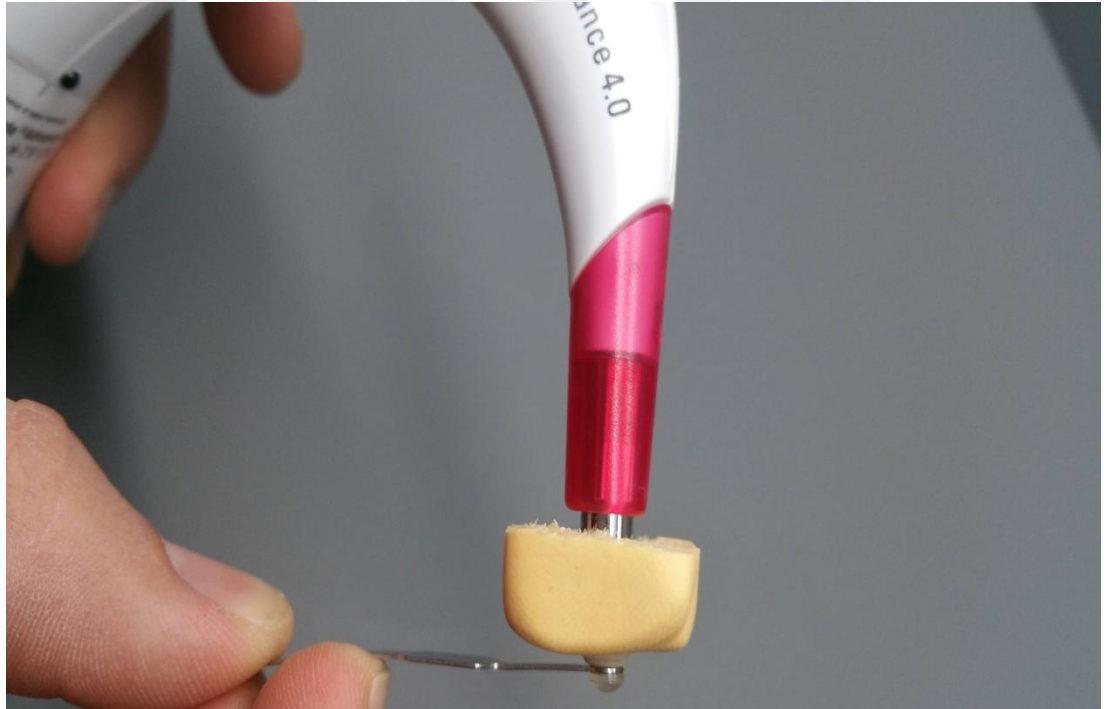


Şekil 25. Spektrofotometre cihazı (Vita Easysshade Advance 4.0, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya)

Vita Classical A1-D4 renk skalasındaki renklerin renk değerlerinin matematiksel olarak bulunabilmesi için Vita Easysshade Advance 4.0 spektrofotometre cihazı kullanıldı. Sonrasında Vita Classical A1-D4 renk skalasındaki tüm renklerin A1 renginden başlanarak Beş defa renk ölçümü yapıldı. Her bir rengin vestibül 1/3 orta yüzeyinden renk ölçümlerinin yapılabilmesi için silikon index hazırlandı (Şekil 27). $L^*a^*b^*$ değerleri ölçülüp, önceden oluşturulan bir forma kaydedildi.



Şekil 26. Silikon index



Şekil 27. Renk anahtarından spektrofotometre ile renk ölçümünün yapılması

Çalışmanın fotoğraf makinesi ile ilgili bölümünde fotoğraf makinesinin çekim ayarının yapılması, fotoğraf makinesi ile fotoğrafların çekilmesi ve çekilen fotoğrafların renk analizinin yapılması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirildi.

Çekimden önce standardizasyonu sağlayabilmek amacıyla dijital fotoğraf makinesinin ayarları yapıldı (Şekil 28).

Fotoğraf çekimi öncesi ISO 100 (International Standards Organization), diyafram f22, shutter time 1/125, white balance otomatik olarak ayarlandı.

Elde edilen dijital görüntülerde bir değişiklik olmaması amacıyla fotoğraf makinesi dijital görüntüleri ham bilgi olarak elde edecek şekilde RAW formatında bilgiyi depoladı.



Şekil 28. Fotoğraf çekimi öncesi ayarlarının yapılışı

Fotoğraf makinesi en iyi netliği verdiği en kısa çekim mesafesine yerleştirildi. Fotoğraf çekimi ışık kabininde D65 ışık kaynağı altında Canon 7D mark II fotoğraf makinesi kullanılarak yapıldı. Fotoğrafları çekilecek tüm renkler, 45° eğimli ışık kabiniyle aynı gri skalada olan rampaya konuldu. Tüm renklerin her seferinde aynı uzaklıktan görüntü alınabilmesi, fotoğraf makinesinin çekim sırasında hareketsiz kalması amacıyla özel bir tripod sisteminden yararlanıldı. Tripodun, fotoğraf makinesini tutan en üst parçası 45° açığa ayarlandı (Şekil 29) . Böylece fotoğraf makinesinin objektifinin, renklerin bulunduğu 45° eğimli tablaya 0°'lik açıyla

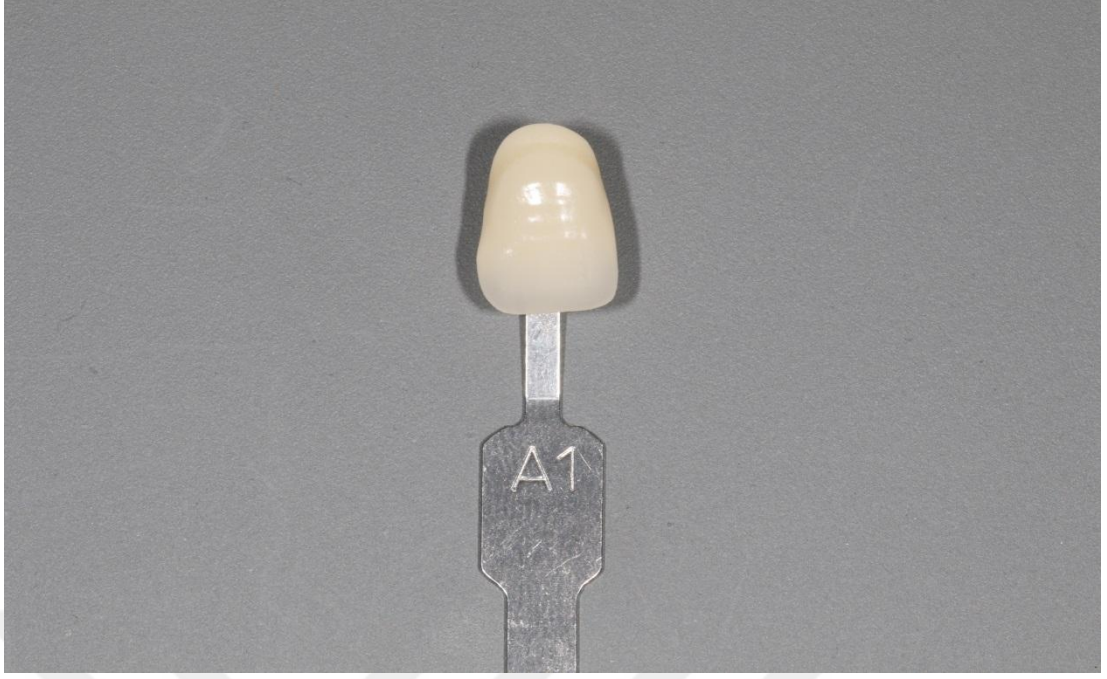
yönlendirilmesi sağlandı. Fotoğraf çekimleri bitmeden, sabitleyici özel tripod sistemi hiçbir şekilde hareket ettirilmedi.

Fotoğraf makinesi istenen net görüntünün alındığı uzaklığa (37 cm) sabitlendi. Fotoğraf çekimi flaşlı, maksimum çözünürlükte ve ham data formatında gerçekleştirildi. Fotoğraf çekimi sırasında ortamda sadece ışık kabininden gelen standart dalga boylu ışığın bulunması amacıyla, diğer tüm aydınlatma cihazları kapatıldı.



Şekil 29. Fotoğraf makinesinin tripod üzerinde 45⁰ açığa ayarlanması

Fotoğraf makinesinden toplam 16 fotoğraf elde edildi (Şekil 30.). Her bir rengin fotoğraf çekimi tamamlanır tamamlanmaz, görüntüler bilgisayara aktarılarak isimlendirildi. Tüm renklerin dijital fotoğraf makinesi kullanılarak, fotoğraf çekimleri yapıldıktan sonra renk analizine başlandı.



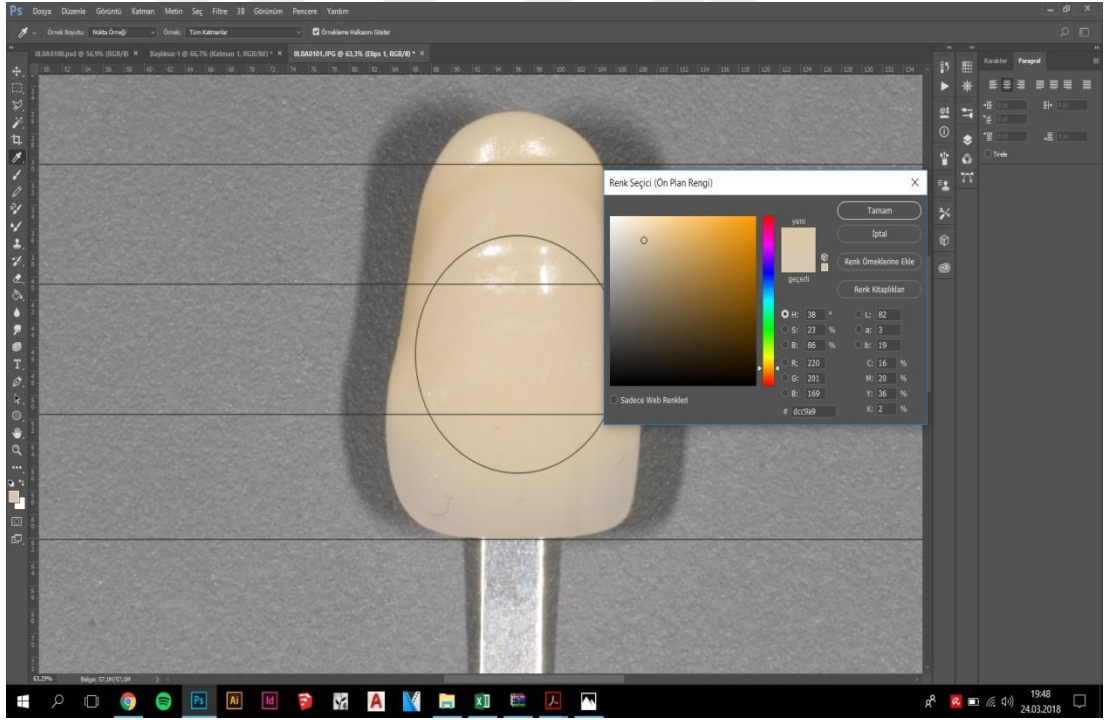
Şekil 30. Fotoğraf makinesi ile çekilen görüntü

Renk analizi yapmak amacıyla Adobe Photoshop CC 2017 kullanıldı. Elde edilen dijital görüntülerin orta 1/3' lük alanından 5 farklı yerden renk analizi yapıldı. Böylece toplam 16 rengin dijital fotoğraf makinesi ile D65 ışık kaynağı altında elde edilen dijital görüntülerinin $L^*a^*b^*$ değerleri elde edildi. Elde edilen değerler, önceden hazırlanan formlara kaydedildi.

Dijital fotoğraf makinelerinden elde edilen görüntülerden $L^*a^*b^*$ değerleri elde edileceği için spektrofotometrenin kalibrasyonu $L^*a^*b^*$ değerlerini elde edilecek şekilde yapıldı. Vita Classical A1-D4 renk skalasındaki her bir renk için (A1, A2, A3, A3,5, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D2, D3, D4) vestibül 1/3 orta yüzeyinden spektrofotometre cihazı her seferinde kalibre edilerek üst üste beş defa renk ölçümü yapıldı. Renk ölçümü yapılırken her seferinde aynı noktadan analiz yapılması için önceden hazırlanmış silikon index kullanıldı. 5 defa üst üste ölçülen $L^*a^*b^*$ değerleri kaydedildi. Sonrasında Vita Classical A1-D4 renk skalasındaki her bir renk 45°'lik gri rampa üzerinde D65 ışık kabinine yerleştirildi. Dijital fotoğraf makinesinin ayarları yapıldıktan sonra 45° ayarlanmış tripod üzerine yerleştirildi ve sabitlendi. Tüm renklerin fotoğrafları çekilene kadar fotoğraf makinesi yerinden oynatılmadı. Elde edilen görüntüler bilgisayar ortamına aktarıldı. Photoshop ile fotoğraflar orta 1/3'lük alandan 5 farklı bölgeden $L^*a^*b^*$ değerlerine bakıldı (Şekil 30. Şekil 31.).



Şekil 31. Photoshop ile fotoğraflar orta, servikal, insizal 1/3' lük alanlara ayrılması



Şekil 32. Photoshop ile fotoğraflar orta 1/3' lük alandan renk ölçümü yapılması

İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel analizleri SPSS 19.0 paket programında yapılmıştır. Çalışmada yer alan sürekli değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler medyan, minimum ve maksimum değerleriyle, kategorik değişkenler frekans ve yüzde ile gösterilmiştir. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelenmiştir. Normal dağılım göstermeyen değişkenlerin 3 ve daha fazla grup karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis testi, anlamlı çıkan değişkenlere ait 2'li alt grup karşılaştırmalarında Bonferonni düzeltmeli Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Çalışmadaki tüm istatistiksel analizlerde p değeri 0,05'in altındaki sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.



4. BULGULAR

Vita classical renk skalasındaki tüm renk kodlarının spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade Advance 4.0) ile elde edilen renk ölçümlerine ait L*a*b* değerleri Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin spektrofotometre cihazı (Vita Easyshade Advance 4.0) ile elde edilen renk ölçümlerine ait L*a*b* değerleri

Renk anahtarı	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A1	85,5	2,1	20,5	85,5	2,1	20,3	85,4	2,1	20,2	85,4	2,1	20,3	85	1,9	19,9
A2	83,6	3,5	25,2	83,7	3,5	25,2	83,3	3,5	25,3	83,1	3,4	25,3	83,2	3,4	25,4
A3	80,2	4,2	27,8	80,1	4,3	27,7	80,1	4,3	27,7	80,6	4,3	27,5	79,9	4,3	27,8
A3,5	75,6	5,1	30,4	75,5	5,1	30,5	75,3	5,1	30,7	75,2	5,1	30,7	75,2	5	30,3
A4	70,8	6	29,6	70,7	6	29,6	70,8	6	29,7	70,2	5,9	29,7	70,5	6	29,9
B1	86,4	1,7	19,3	86,3	1,5	18,8	85,6	1,3	18,4	86,1	1,4	18,8	86	1,3	18,6
B2	84,1	2	23,9	84,5	2	23,8	83,7	1,9	23,7	83,9	1,8	23,7	83,7	1,7	23,4
B3	79,5	3,5	29,8	79,7	3,7	30	79,3	3,5	29,9	79,4	3,5	30	79,5	3,6	30
B4	78	4,4	32,4	77,5	4,3	32,5	78,1	4,5	32,3	77,7	4,3	32,6	77,4	4,1	32,2
C1	79,7	1,6	19,5	79,9	1,7	19,5	79,9	1,6	19,3	80,1	1,8	19,7	79,9	1,8	19,8
C2	76,3	2,5	23,3	76	2,4	23,2	75,2	2,3	23	75,8	2,3	23	75,6	2,3	23
C3	73,5	3,1	24,8	73,6	3	24,7	73,3	3	24,8	72,7	2,8	24,5	72,7	2,7	24,1
C4	66,7	4,3	26,3	66,5	4,3	26,3	65,8	4,2	26,3	65,7	4,2	26,2	65,8	4,1	26,1
D2	78,3	2	15,5	77,2	1,8	15,1	78	1,8	15,7	77,3	1,6	14,9	77,2	1,6	14,6
D3	76	3,3	22,7	75,9	3,1	22,1	76	3,2	22,6	75,2	2,8	21,6	74,9	2,7	21,2
D4	75,3	2,5	26	75,4	2,6	26	74,8	2,5	26	74,9	2,5	26,1	75,2	2,7	26,2

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin dijital fotoğraf makinesi ile elde edilen görüntülerin photoshop ile elde edilen renk ölçümlerine ait L*a*b* değerleri Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin dijital fotoğraf makinesi ile elde edilen görüntülerin photoshop ile elde edilen renk ölçümlerine ait L*a*b* değerleri

Renk anahtarı	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
A1	81	3	14	83	2	15	80	3	13	81	3	14	80	2	15
A2	83	3	19	82	3	19	81	3	19	82	3	19	83	3	19
A3	81	4	25	81	5	24	80	4	24	80	6	24	81	5	24
A3,5	76	7	28	76	6	27	73	6	28	75	6	27	76	7	25
A4	74	8	29	73	8	28	72	8	29	72	8	30	72	8	28
B1	85	1	14	86	1	11	85	2	13	83	2	13	83	2	13
B2	83	3	19	81	3	17	82	2	19	82	2	18	81	2	19
B3	74	4	26	73	5	24	74	5	25	72	5	25	75	4	22
B4	77	5	28	74	6	30	74	5	26	75	7	28	76	5	28
C1	79	3	15	76	4	15	77	3	14	76	3	16	77	3	15
C2	76	4	22	74	4	19	74	5	20	75	5	20	74	4	20
C3	73	5	24	72	5	22	72	5	21	71	5	23	74	5	21
C4	65	7	28	65	7	25	67	7	24	66	6	26	66	7	25
D2	79	3	14	77	4	12	77	3	14	77	4	11	78	3	12
D3	78	5	20	75	6	19	75	5	22	74	5	22	76	5	19
D4	74	5	25	73	4	24	72	4	24	73	4	24	73	4	25

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait L* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	L*		
	Fotoğraf Makinesi	<u>Spektrofotometre</u>	<u>p</u>
A1	81 (80-83)	85,4 (85-85,5)	0,043
A2	82 (81-83)	83,3 (83,1-83,7)	0,043
A3	81 (80-81)	80,1 (79,9-80,6)	0,225
A3.5	76 (73-76)	75,3 (75,2-75,6)	0,686
A4	72 (72-74)	70,7 (70,2-70,8)	0,043
B1	85 (83-86)	86,1 (85,6-86,4)	0,043
B2	82 (81-83)	83,9 (83,7-84,5)	0,043
B3	74 (72-75)	79,5 (79,3-79,7)	0,043
B4	75 (74-77)	77,7 (77,4-78,1)	0,043
C1	77 (76-79)	79,9 (79,7-80,1)	0,042
C2	74 (74-76)	75,8 (75,6-76,3)	0,043
C3	72 (71-74)	73,3 (72,7-73,6)	0,176
C4	66 (65-67)	65,8 (65,7-66,7)	0,686
D2	77 (77-79)	77,3 (77,2-78,3)	0,893
D3	75 (74-78)	75,9 (74,9-76)	0,893
D4	73 (72-74)	75,2 (74,8-75,4)	0,043

Tüm renk kodlarına yapılan ortalama açıklık koyuluk (L*) değerleri karşılaştırıldığında fotoğraf makinesi ve spektrofotometre arasında A3 A3,5 C3 C4 D2 D3 için L* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamışken; diğer renkler için L* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait a* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 5’te gösterilmektedir.

Tablo 5. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen a* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	a*		
	Fotoğraf Makinesi	Spektrofotometre	p
A1	3 (2-3)	2,1 (1,9-2,1)	0,098
A2	3 (3-3)	3,5 (3,4-3,5)	0,038
A3	5 (4-6)	4,3 (4,2-4,3)	0,223
A3,5	6 (6-7)	5,1 (5-5,1)	0,039
A4	8 (8-8)	6 (5,9-6)	0,034
B1	2 (1-2)	1,4 (1,3-1,7)	0,492
B2	2 (2-3)	1,9 (1,7-2)	0,042
B3	5 (4-5)	3,5 (3,5-3,7)	0,042
B4	5 (5-7)	4,3 (4,1-4,5)	0,043
C1	3 (3-4)	1,7 (1,6-1,8)	0,041
C2	4 (4-5)	2,3 (2,3-2,5)	0,042
C3	5 (5-5)	3 (2,7-3,1)	0,042
C4	7 (6-7)	4,2 (4,1-4,3)	0,042
D2	3 (3-4)	1,8 (1,6-2)	0,043
D3	5 (5-6)	3,1 (2,7-3,3)	0,043
D4	4 (4-5)	2,5 (2,5-2,7)	0,042

Tüm renk kodlarına yapılan ortalama kırmızılık-yeşillik (a*) değerleri karşılaştırıldığında fotoğraf makinesi ve spektrofotometre arasında A1 A3 B1 için a* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamışken; diğer renkler için a* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait b* değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 6’da gösterilmektedir.

Tablo 6. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen b* değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	b*		
	Fotoğraf Makinesi	Spektrofotometre	p
A1	14 (13-15)	20,3 (19,9-20,5)	0,043
A2	19 (19-19)	25,3 (25,2-25,4)	0,041
A3	24 (24-25)	27,7 (27,5-27,8)	0,042
A3,5	27 (25-28)	30,5 (30,3-30,7)	0,043
A4	29 (28-30)	29,7 (29,6-29,9)	0,080
B1	13 (11-14)	18,8 (18,4-19,3)	0,043
B2	19 (17-19)	23,7 (23,4-23,9)	0,043
B3	25 (22-26)	30 (29,8-30)	0,043
B4	28 (26-30)	32,4 (32,2-32,6)	0,043
C1	15 (14-16)	19,5 (19,3-19,8)	0,042
C2	20 (19-22)	23 (23-23,3)	0,039
C3	22 (21-24)	24,7 (24,1-24,8)	0,043
C4	25 (24-28)	26,3 (26,1-26,3)	0,345
D2	12 (11-14)	15,1 (14,6-15,7)	0,043
D3	20 (19-22)	22,1 (21,2-22,7)	0,080
D4	24 (24-25)	26 (26-26,2)	0,042

Tüm renk kodlarına yapılan ortalama sarılık-mavilik (b*) değerleri karşılaştırıldığında fotoğraf makinesi ve spektrofotometre arasında A4 C4 D3 için b* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamışken; diğerler renkler için b* değerleri için istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait ΔL değerleri ve istatistiksel analiz verileri Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler

	ΔL	p
A1	-4,50 (-5,40 - -2,50)	<0,001
A2	-1,10 (-2,30 - -0,20)	
A3	0,80 (-0,60-1,10)	
A3,5	0,40 (-2,30-0,80)	
A4	1,80 (1,20-3,20)	
B1	-1,40 (-3,10—0,30)	
B2	-1,90 (-3,50—1,10)	
B3	-5,50 (-7,40—4,50)	
B4	-2,70 (-4,10—1,00)	
C1	-2,90 (-4,10—0,70)	
C2	-1,60 (-2,00—0,30)	
C3	-1,30 (-1,70-1,30)	
C4	0,20 (-1,70-1,20)	
D2	-0,20 (-1,00-0,80)	
D3	-0,90 (-1,20-2,00)	
D4	-2,20 (-2,80—1,30)	

Fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile yapılan renk ölçümleri sonrası iki grup arasındaki renk farklılıkları (ΔL) karşılaştırıldığında; en yüksek değeri A4 en düşük değeri ise B3 renginde bulunmuştur. Ancak yapılan renk ölçümleri sonrası renkler arasında L* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$).

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait Δa değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 8’de gösterilmektedir.

Tablo 8. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen L* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler

	Δa	p
A1	0,90 (-0,10-0,90)	<0,001
A2	-0,50 (-0,50—0,40)	
A3	0,70 (-0,30-1,70)	
A3,5	0,90 (0,90-2,00)	
A4	2,00 (2,00-2,10)	
B1	0,60 (-0,70-0,70)	
B2	0,30 (0,10-1,00)	
B3	1,30 (0,40-1,50)	
B4	0,90 (0,50-2,70)	
C1	1,40 (1,20-2,30)	
C2	1,70 (1,50-2,70)	
C3	2,00 (1,90-2,30)	
C4	2,70 (1,80-2,90)	
D2	1,40 (1,00-2,40)	
D3	2,20 (1,70-2,90)	
D4	1,50 (1,30-2,50)	

Fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile yapılan renk ölçümleri sonrası iki grup arasındaki renk farklılıkları (Δa) karşılaştırıldığında; en yüksek değeri C4, en düşük değer ise A2 renginde bulunmuştur. Ancak yapılan renk ölçümleri sonrası renkler arasında a* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0,001$).

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait Δb değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 9’da gösterilmektedir.

Tablo 9. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen b^* değerleri arasındaki farklılıklara ait tanımlayıcı istatistikler

	Δb	p
A1	-6,30 (-7,20—4,90)	<0,001
A2	-6,30 (-6,40—6,20)	
A3	-3,70 (-3,80—2,80)	
A3,5	-3,50 (-5,30—2,40)	
A4	-0,70 (-1,90—0,30)	
B1	-5,60 (-7,80—5,30)	
B2	-4,90 (-6,80—4,40)	
B3	-5,00 (-8,00—3,80)	
B4	-4,40 (-6,30—2,50)	
C1	-4,50 (-5,30—3,70)	
C2	-3,00 (-4,20—1,30)	
C3	-2,70 (-3,80—0,80)	
C4	-1,10 (-2,30—1,70)	
D2	-2,60 (-3,90—1,50)	
D3	-2,20 (-3,10—0,40)	
D4	-2,00 (-2,10—1,00)	

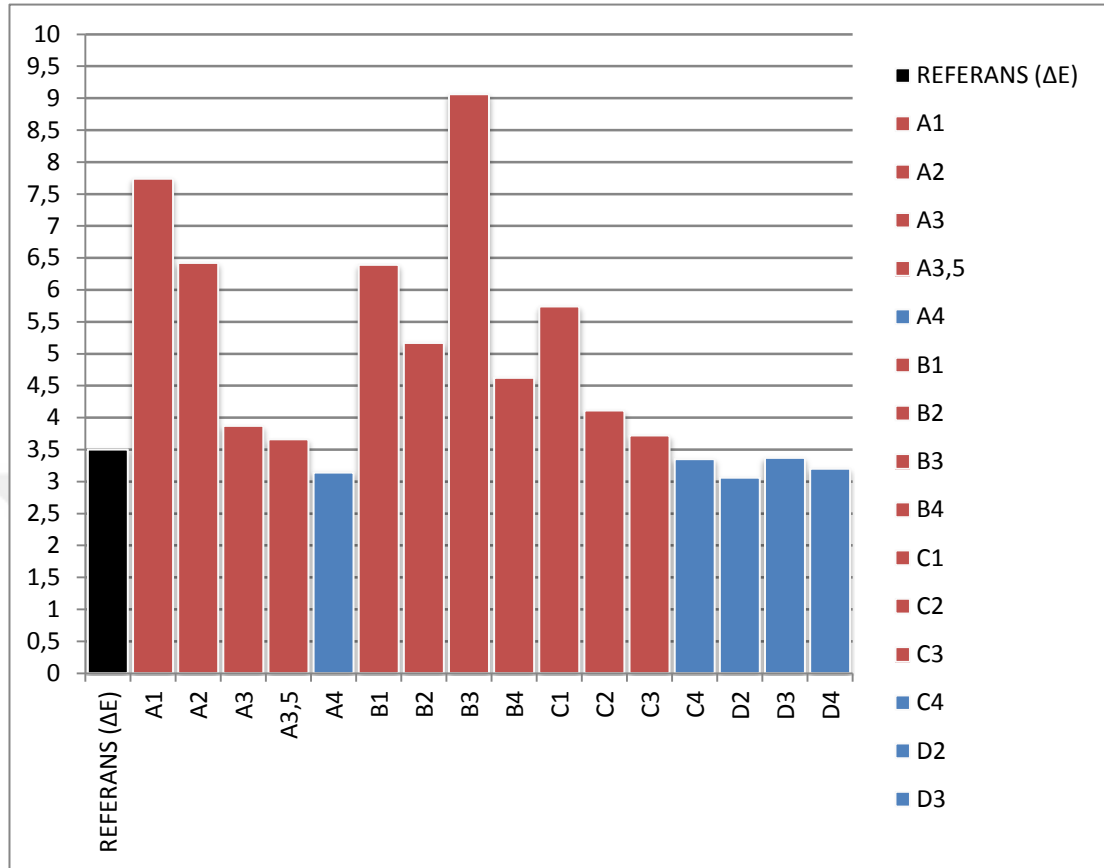
Fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile yapılan renk ölçümleri sonrası iki grup arasındaki renk farklılıkları (Δb) karşılaştırıldığında; en yüksek değeri A4 en düşük değeri ise A1 ve A2 renklerinde bulunmuştur. Ancak yapılan renk ölçümleri sonrası renkler arasında b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,001$).

Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesinden elde edilen görüntülerinin ve spektrofotometre ile elde edilen renk ölçümlerine ait ΔE değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo 10 ve Tablo 11’ de gösterilmektedir.

Tablo 10. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen renk farklılıklarına (ΔE) ait tanımlayıcı istatistikler

	ΔE	p
A1	7,74 (5,86-9,04)	<0,001
A2	6,42(6,25-6,73)	
A3	3,87 (2,92-4,02)	
A3,5	3,66(3,09-5,72)	
A4	3,14 (2,44-3,82)	
B1	6,39 (5,48-7,82)	
B2	5,17 (5-7,71)	
B3	9,06(6,7-9,19)	
B4	4,62 (4,52-7,53)	
C1	5,74(4,76-6,38)	
C2	4,11 (2,01-4,92)	
C3	3,72 (2,12-4,49)	
C4	3,35 (1,84-3,82)	
D2	3,06(1,93-4,59)	
D3	3,37(2,14-4,34)	
D4	3,20 (2,82-3,75)	

Tablo 11. Vita classical renk skalasındaki tüm renklerin fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile elde edilen renk farklılıklarına (ΔE) ait tanımlayıcı istatistikler



Fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile yapılan renk ölçümleri sonrası iki grup arasındaki renk farklılıkları (ΔE) karşılaştırıldığında; en yüksek değeri B3, en düşük değeri ise D2 renginde bulunmuştur. Ancak yapılan renk ölçümleri sonrası renkler arasında fark (ΔE) anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$).

5. TARTIŞMA

Görsel renk analizleri öznel gözlemlere dayandığından renk analizlerinde farklılıklar olabilir. Renk ölçüm aletlerinin klinik kullanıma girmesi renk ölçümündeki güçlüklerin üstesinden gelmemizi sağlar. Bununla birlikte renk ölçüm aletleriyle kantitatif ve tekrarlanabilir ölçümler elde edilmektedir (70). Bu nedenlerden ötürü, renk ölçümünde şu andaki objektif verilere dayanan renk analiz cihazları görsel renk analizine tercih edilmektedir (71).

Renk ölçümü yapılırken ölçüm hassasiyetini etkileyen faktörler vardır. Bunlar materyalin yüzey özellikleri, ışığın yansıma açısı, ışığın materyal tarafından emilimi, ölçüm cihazının yaklaşım açısı ve ölçümün yapıldığı arka plan olarak sıralanabilir(72). Işığın yansıma açısının eşit olması açısından ölçümler günün aynı saatlerinde, aynı yerde, aynı ışık altında yapılarak hata payı azaltılmaya çalışılmıştır. Ölçüm cihazının yaklaşım açısının ölçüm hassasiyetini etkilememesi için silikon indeks yardımıyla cihazın ucunun materyale dik gelmesi sağlanarak standardize edilmesi ve başarılı sonuçlar için renk ölçüm cihazlarının ölçümler esnasında yatay ve dikey yönde hareketsizliğinin sağlanması tavsiye edilmiştir (72). Bu nedenle bu çalışmada, renk ölçüm cihazının her iki düzlemde hareketsizliğini sağlayan silikon bir indeks kullanılarak ölçümlerin standardizasyonu sağlanmıştır.

Renk ölçüm cihazlarının doğru ve tekrarlanabilir ölçümler yapabilmeleri için materyal ve cihazın ölçüm yapan yüzeyi arasındaki uyumun iyi olması gereklidir. Aksi takdirde geri dönen ışık miktarı azalacağından ‘edge-loss’ denilen ölçüm hataları meydana çıkacaktır (73,74). Aletsel renk ölçümlerinin düz yüzeye sahip cisimlerde başarılı olduğu belirtilmiştir (74). Bu yüzden çalışmamızda renk ölçümleri için renk skalasındaki her bir rengin vestibül yüzeylerinin en düz yüzeylere sahip olan orta üçlü bölgesi kullanılmıştır.

Spektrofotometreler bir cismin yansıttığı veya geçirdiği görünebilir radyant enerji miktarını ölçen cihazlardır. Yansıyan ışık yoğunluğunu bütün görünür dalga boylarında ölçerler. İçerisinde beyaz ışığı 10-20 nm dalga boyları arasında bir spektruma ayıran prizma bulunur (75,76). Spektrofotometreler yüzey renginin ölçülmesinde en yaygın kullanılan aletlerdir. Rengi ölçülecek cisimden ve standart beyaz zeminden yansıyan ışığı 1-25 nm aralıklarla ölçerler (77). Standart koşullarda

hata payı kolorimetreye göre daha düşüktür, tutarlıdır ve zamanla standardizasyonunda değişiklik yaşanmaz (77). Spektrofotometreler standart koşullarda hatasız, objektif, tutarlı sonuç verir ve metamerizmi değerlendirilebilir (52). Tüm bu özelliklerden dolayı çalışmamızda spektrofotometreyi referans renk ölçüm cihazı olarak kullanıldı.

5.500 K renk sıcaklığındaki gün ışığının ideal ışık kaynağı olduğu düşünülmektedir. Böyle bir ışık beyaz ışığı meydana getirmek için gerekli olan bütün ana renkleri (kırmızı, yeşil, mavi) eşit miktarda içerir (78). Güneş ışığı, aydınlatma ve renk seçimi için her zaman ideal değildir, günün farklı saatlerinde değişkenlik gösterdiği için suni bir aydınlatma gerekli hale gelebilir. Suni ışık kaynakları da rengin eşit dağılımını sağlamaz. En yaygın ışık kaynakları akkor flamanlı ve floresan lambalardır. Akkor ışık kaynağında sarı-kırmızı, floresan ışık kaynağında ise mavi baskındır (79). Muayenehane ve laboratuarlarda aydınlatma için, rengi düzeltilmiş floresan lambalar kullanılmalıdır ve renk sıcaklığı bütün çalışma alanında 5.500 K olmalıdır. Böylece renk seçimi için en uygun aydınlatma sağlanmış olur (78). Bizim çalışmamızda ışık kabinini tüm renklerin fotoğraf çekimi yapılırken D65 (5.500) ışık kaynağını standart ortam şartının sağlanmasında kullanıldı.

Dijital fotoğraf makineleri ile tüm dış yüzeyleri istenilen açıdan görüntülenebilmektedir (80). Alınan görüntüler bilgisayar ortamına aktarılarak çeşitli yazılım programlarında (ör: Adobe Photoshop) ayrıntılı bir şekilde incelenebilmektedir (81). Ayrıca milimetrik ölçüm yapabilme imkânı tekrar edilebilir ölçümler yapmayı sağlar (82). Fotoğraf görüntüsü hekime, dış morfolojisi, yüzey yapısı, renk dağılımı, parlaklık ve diğer özellikler hakkında bilgi vermektedir. Tekrar edilebilir sonuçlar için ortam, ekipman, magnifikasyon oranı (1:1), çözünürlük, dosya tipi (ör: Tiff ya da Jpeg) sabit olmalı, manuel ekspozur ve flaş modu, düşük ISO değeri (ör: 100 ya da 125) ve standart kamera dış uzaklığı seçilmesi gerektiği literatürde belirtilmiştir (80). Standardizasyon için tüm şartlar elde edilse bile renk ve görüntüde farklılıklar tam olarak önlenememektedir. Bu amaçla skala dışı, beyaz seramik referans ya da deliciyle kesilmiş gri bir karttan yararlanılabileceği de ayrıca literatürde yer almaktadır (80,81). Bizim çalışmamızda literatürler ışığında standardizasyonun sağlanabilmesi için magnifikasyon oranı 1:1 dosya tipi RAW formatında, fotoğraf makinesi sabit tutmak amacıyla tripod sistemi kullanılmış, ISO

değeri 100, diyafram değeri 22, dijital fotoğraf makinesi renk anahtarı arası mesafe 37cm ayarlanmış ve gri boyanmış arka plandan yararlanılarak fotoğraf çekimleri tamamlanmıştır.

CIEL*a*b* renk sistemi çok küçük renk farklılıklarının tespit edilmesine olanak veren, en popüler renk uzayıdır (83,84,85). Renk seçiminde dijital algının değerlendirildiği bu çalışmamızda bu konuda diğer çalışmalara benzerlik oluşturacak şekilde L*a*b* sistemi kullanılmıştır.

Çalışmamızda rengin açıklık ya da koyuluğuna karşılık gelen L* değerleri dijital fotoğraf makinesi ile spektrofotometre kullanılarak yapılan ölçümler karşılaştırılmıştır. Yapılan ölçümlerde L* değerleri arasında fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bazı çalışmalarda benzer ölçümler yapılmış bizim çalışmamızdan farklı olarak aradaki fark anlamlı bulunmamıştır (86).

L*a*b* sisteminde yer alan a* değeri kırmızılık-yeşillik anlamına gelmektedir (87,43). Çalışmamızda dijital fotoğraf makinesi ile yapılan ölçümler sonucunda a* değeri daha yüksek çıkmıştır. Spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu anlamlı farka göre dijital fotoğraf makinesi rengi daha kırmızı ölçmektedir.

b* değeri renk ölçümünde sarılık- mavilik farkı anlamına gelmektedir (87,43). Çalışmamızda b* değeri dijital fotoğraf makinesinde spektrofotometre ile yapılan ölçümlere göre daha düşüktür. Bu sonuca göre spektrofotometre daha sarı ölçüm yapmaktadır.

Çalışmamızda Vita Classical renk skalasında yer alan A1-D4 renk anahtarlarının dijital fotoğraf makinesi ve spektrofotometre ile yapılan ölçümler ile elde edilen ΔE değerlerine göre A4,C4,D2,D3 ve D4'ün renk ölçümü klinik olarak kabul edebilir düzeydedir. Bu sonuç bazı araştırmacıların yaptığı gibi ΔE değeri için klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri 3,5 olarak alınarak bulunmuştur (88,89). ΔE değer 3,5'un altındaki değerler için fark aynı zamanda istatistiksel olarak anlamlıdır.

ΔE değeri materyallerin göreceli renk değişimini gösterir. Bu yüzden ΔE değeri; tek tek L*a*b* değerlerinden daha anlamlıdır (90,91). Bu sebepten ötürü çalışmamızda analizler için sadece ΔE değerleri kullanılmıştır.

ΔE değerleri renk farklılıklarını temsil etse de, bu değerleri bir gözlemcinin gözüyle fark etmesi ve klinik ortama veya renk değişimiyle eşleştirmesi zordur(92). ΔE değerleri için farklı dental materyaller üzerinde renk farklılıklarının algılanabilirliği ve kabul edilebilirliği için in vivo ve in vitro bir çalışma vardır (85,93,94,95).

Gregorius ve arkadaşları (2012), klinik olarak kabul edilebilir ΔE değeri için eşik değerini 3,5 olarak kabul etmişlerdir. Ghinea ve arkadaşları (2010), dental seramiklerde renk farklılıkları için ΔE 'nin algılanabilirlik eşik değerini 1,88 klinik olarak kabul edilebilir eşik değerini ise 3,5 olarak bildirmişlerdir (88,89).

Literatürdeki diğer çalışmalarda ise ΔE için algılanabilirlik eşik değeri 1,0 (96), 2,7 (94) ve 3,3 (97) olarak kabul edilmiştir. Yapay dişlerin görsel değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada ΔE için algılanabilir eşik değeri 2,6 iken klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri 5,5 olarak bildirilmiştir (95). Açıkça daha yüksek eşik değerler, görsel ve enstrümantal ölçüm ortamlarındaki farklılıklardan ve diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında optimal olmayan renk değerlendirme koşullarından kaynaklanmaktadır (98).

6. SONUÇLAR

- Renk, dijital fotoğraf makineleri ile spektrofotometreye göre %75 oranında daha koyu ölçülmektedir.
- Renk, dijital fotoğraf makineleri ile spektrofotometreye göre %94 oranında daha kırmızı ölçülmektedir.
- Renk, dijital fotoğraf makineleri ile spektrofotometreye göre (b) sarı değerini daha düşük ölçülmektedir
- Dijital fotoğraf makineleri ile renk ölçümü yapılırken standardizasyonun ve kalibrasyonun yapılması güçtür.
- Dijital fotoğraf makineleri renk ölçümü için klinik kullanıma uygundur ancak doğruluğu tartışmalıdır daha fazla çalışmaya ihtiyaç duymaktadır.

7. KAYNAKLAR

- 1-Mclean J.W., Preston J., Dental Ceramics, Quintessence Books, Chicago,1983, 491-520.
- 2-Bıçakcı A., Kron-Köprü Protezleri Estetik Kaplama Malzemelerinin Renk Eşleştirilmesinde Yeni Bir Seçenek; Bilgisayarlı Spektrofotometre, Profesörlük Takdim Tezi, İzmir, 1988.
- 3-Esposito J.S. Esthetics for denture patients, J. Prosthet Dent,1980; 44: 608-615
- 4-Chu S.J., Devigus A., Mieleszko A. : Fundamentals of Color, Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry, Quintessence Pub. Co., Inc., Chicago, 2004.
- 5-Douglas R.D., Brews, J.D. . Acceptabilty of Shade Differences in Metal Ceramics Crowns. J. Prosthet. Dent.,1998; 79 : 254-260.
- 6- Douglas R.D., Brewer J.D. Variability of Porcelain Color Reproduction by Commercial Laboratories. J. Prosthet. Dent.,2003; 90 : 339-346.
- 7-Wee A. G., Monaghan P., Johnston W. M. : Variation in Color Between Intented Matched Shade and Fabricated Shade of Dental Porcelain. J. Prosthet. Dent., 2002; 87 : 657-666.
- 8-Belli E., Kesim B. Dişhekimliğinde Işık, Renk ve Renk Seçimi, Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi, 1996; 6: 48-55
- 9-Saleski C.G. Color, light, and shade matching, J. Prosthet Dent,1972; 27: 263-267
- 10-Ulusoy M., Toksavul S. Kron Köprü Çalışmalarında Diş Renginin Önemi ve Renkle İlgili Temel Kavramlar, Ege Dişhekimliği Fak. Dergisi, 1992; 13: 29-36.
- 11-McLean J. W. The science and art of dental ceramics: Bridge Design and Laboratory Procedures in Dental Ceramics, Volume II: Quintessence Books, Chicago, 1980; 21-27, 300-311
- 12- Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S Evaluation of visual and instrument shade matching. J Prosthet Dent 1998;80:642–648
- 13-Seghi R. R., Johnston W.M., O'Brien W.J. Performance Assessment of Colorimetric Devices on Dental porcelains, J. Dent Rest, 1989; 68:1755-1759
- 14- Seghi R. R., Johnston W.M., O'Brien W.J. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems, J. Prosthet Dent, 1986; 56: 37-39
- 15-Fondriest J.F. : Improving Photographic Strategies in Shade Communication. J Cosmet. Dent. 2003; 19: 70-74.

- 16- Kuehni R.G., Ramanath R. : Comparing Observers. Color Research and Application, 2004; 29 : 183- 186.
- 17-Wee A.G., Lindsey D.T., Kuo S., Johnston W.M. : Color Accuracy of Commercial Digital Cameras for Use in Dentistry. Dent. Mater., 2005; 20: 1-7.
- 18 -Bosch J.J.T. : General Aspects of Optical Methods in Dentistry. Adv. Dent. Res., 1987; 1: 5-7.
- 19 –Feuerstein P. : Can Technology Help Dentists Deliver Better Patient Care? J Am. Dent Ass., 2004; 135: 115-165.
- 20- <http://www.easyrgb.com>
- 21-<http://handprint.com/HP/WCL/color>
- 22-Mrazek B. : Shade Communication Variables; Is Technology Telling Us It's Time for a Change? Compend. Contin. Educ. Dent., 2004; 25: 300-302.
- 23- Paravina R.D., Stankovic D., Aleksov L., Mladenovic D., Ristic K. : Problems in Standard Shade Matching and Reproduction Procedure in Dentistry: A Review of the State of the Art. The Scientific J. Facta Universitas. 1997; 4: 12-16.
- 24- Bilmeyer F.W., Saltzman M. : Principles of Color Technology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1981.
- 25- Born M., Wolf E. : Principles of Optics, 7th. Edition., Pergamon Press Inc., New York, USA, 1980.
- 26- Mollon J.D. : The Science of Color, Second Edition. Elsevier Ltd., London, UK, 2003.
- 27-<http://faculty.plattsburgh.edu/wendy.braje/424/color.html>
- 28- Johnston S.F. : A History of Light and Color Measurement. Institute of Physics Pub., Inc., Philadelphia, USA, 2001.
- 29- Ladd-Franklin C. : Colour and Colour Theories. Arno Pres, NYT Company, New York, USA, 1973.
- 30- Paravina R.D., Powers, J.M. : Esthetic Color Training in Dentistry. Mosby Inc., St. Louis, Missouri, USA, 2004.
- 31-Brainard D.H, Wandell B.A. : Asymmetric Color Matching: How Color Appearance Depends on the Illuminant. Opt. Soc. Am.,1992; 9: 1433-1448.

- 32-Ezquerro J.M., Carreno F., Zoido J.M., Bernabeu E. : The Use of Metamers to Compare The Color Vision of Observers. *Color Research and Application*, 2001; 26: 262-269.
- 33-Kim S.H., Lee Y.K., Lim B.S., Rhee S.H., Yang H.C. : Metameric Effect Between Dental Porcelain and Porcelain Repairing Resin Composite. *Dent. Mater.*, 2007; 23: 374-379.
- 34-Lee Y.K., Powers J.M. : Metameric effect Between Resin Composite and Dentin. *Dent. Mater.*, 2005; 21: 971-976.
- 35-Yang J.N., Shevell S.K. : Surface Color Perception Under Two Illuminants: The Second Illuminant Reduces Color Constancy. *Journal of Vision*, 2003; 3: 369-379.
- 36-Bergen S.F., McCasland J. : Dental Operatory Lighting and Tooth Color Discrimination. *J. Am. Dent. Assoc.*, 1977; 94: 130-134.
- 37-Monsenego G., Buradairon G., Clerjaud B. : Fluorescence of Dental Porcelain. *J. Prosthet. Dent.*, 1993; 69: 106-113.
- 38-Çal E., Sonugelen M., Güneri P., Kesercioğlu A., Köse T. : Application of A Digital Technique in Evaluating the Reliability of Shade Guides. *J Oral Rehab.*, 2004; 31: 483-491.
- 39-Rosenstiel S.F., Land M.F. ve Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. (4th ed.). St. Louis: Mosby 2004.
- 40-Chamberlain GJ, C.D. *Colour: its measurement, computation and application*. London: Heyden & Son 1980.
- 41-http://tr.wikipedia.org/RGB_renk_modeli
- 42-Kuehni R.G The Early Development of the Munsell System. *Color Research and Application*, 2002; 27: 20-27.
- 43-Tung F.F., Goldstein G.R., Jang S., Hittelman E. : The Repeatability of an Intraoral Dental Colorimeter. *J. Prosthet. Dent.*, 2002; 88: 585-590.
- 44-Yap A.U.J : Color Attributes and Accuracy of Vita-based Manufacturers' Shade Guides. *Oper. Dent.*, 1998; 23: 266-271.
- 45-http://daicolor.co.jp/english/color_e/color_e01.html
- 46-Nayatani Y. : Why Two Kinds of Color Order Systems Are Necessary?. *Color Research and Application*, 2005; 30: 295-303.

- 47-Bimler D.L., Kirkland J., Jameson K.A. : Quantifying Variations in Personel Color Spaces: Are There Sex Differences in Color Vision. *Color Research and Application*, 2004; 29: 128-134.
- 48-<http://www.adobe.com/jp/support/techguides/color/colormodels/>
- 49-Bangtson L.K., Goodkind R.J. : The Conversion of Chromascan Designation to CIE Tristimulus Values. *J. Prosthet. Dent.*, 1982; 48: 610-617.
- 50-Rosenstiel S.F., Porter S.S., Johnston W.M. : Colour Measuruments of All Ceramic Crown System. *J Oral Rehab.*, 1989; 16: 491-501.
- 51-Ishikawa-Nagai S., Ishibashi K., Tsuruta O., Weber H.P. : Reproducibility of Tooth Color Gradation Using a Computer Color-Matching Technique Applied to Ceramic Restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 2005; 93: 129-137.
- 52-Heydecke G., Zhang F., Razzoog M.E. : In Vitro Color Stability of Double-Layer Veneer After Accelerated Aging. *J. Prosthet. Dent.*, 2001; 85: 551-557.
- 53-Johnston W.M., Kao E.C. : Assessment of Appearance Match by Visual Observation and Clinical Colorimetry. *J. Dent. Res.*, 1989; 68: 819-822.
- 54-Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Perez M. Color difference threshold in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2015; 27(1) :1-9
- 55-Paul S., Peter A., Pietrobon N.,Hammerle C.H. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res*, 2002;81: 578-582.
- 56-Herbert T. Shillingburg, S.H., Lowell D. Whitsett, Richard Jcobi, Susan E. Brackett. *Fundamentals of fixed prosthodontics*, Quintessence Publishing Co, Inc 3rd edition, 1997.
- 57-Sorensen JA, T.T. Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I: A systematic method for shade determination. *J. Prosthet Dent*. 1987.
- 58-L., G. Bleaching techniques in restorative dentistry—an illustrated guide. London: Martin Dunitz Ltd; 2001.
- 59-L., M. Organizing color in dentistry. *Journal of the American Dental Association* (Special Issue) 1987;26- 40.
- 60-Vita. Vitapan 3D-Master, the tooth shade system that makes perfect shade matching simple. Bad Sackingen, Germany: VITA Zahnfabrik; 1998.
- 61-Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2003; 23: 467-479.

- 62-Brewer J.D., Wee A., Seghi R. Advances in color matching. Dent Clin North Am, 2004; 48: 341-358.
- 63-http://www.vita-zahnfabrik.com/resources/vita/shop/en/en_3055212.pdf Erişim: 13.08.2016, Ađ
- 64-Ristic I, P.R. Color measuring instruments. Acta Stomatologica Naissi 2009; 25: 925-32.
- 65-Konica Minolta. Precise Color Communication. Online education. 2015. Erişim: 13.08.2016, Ađ Sitesi:
- 66-Khurana R., Tredwin C.J., Weisbloom M., Moles D.R. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. Br Dent J, 2007; 203: 675-680.
- 67-Da Silva J.D., Park S.E., Weber H.P., Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. J Prosthet Dent, 2008; 99 (5): 361-368.
- 68- Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's Restorative Dental Materials. 12th Ed., St.Louis, Missouri: Mosby, Inc., 2006; 544-545.
- 69- Sarıkaya I, Güler AU. Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. Türkiye Klinikler J Dental Sci. 2009; 15(2): 118-29.
- 70- Aysan İ, Uçar Y, Üşümez A. Üç farklı kaide materyalinin farklı solüsyonlardaki renk stabilitesinin karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2011; 23(3): 219-225.
- 71-Um CM, Ruyter IE. Staining of resin- based veneering materials with coffee and tea. Quintessence International 1991; 22(5): 377-386.
- 72-Douglas Rd, Przybylska M. Predicting porcelain thickness required for dental shade matches. Journal Prosthetic Dentistry 1999; 82(2): 143-149.
- 73-Haselton DR, Diaz-Arnorld AM, Dawson DV. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. The Journal of Prosthetic Dentistry 2005; 93(1): 70-75.
- 74-Park JH, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. The Journal of Prosthetic Dentistry 2006 ;96: 402-411.
- 75- Lagouvardos PE, Fougia A, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. Journal of Prosthetic Dentistry 2009; 101: 40-45.

- 76- Berns RS. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology.3rd ed. New York: Wiley, 2000; 75-104.
- 77-Chu SJ, Devigus A, Mieleszk AJ. Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. Second Edition. Quintessence Publishing Company 2010; 1-22.
- 78-Vryonis P. Aesthetics in Ceramics: Perceiving the Problem. Perspectives in Dental Ceramics. Quintessence Publishing Co., Inc. 1988; 209-218.
- 79- Altunsoy S. Farklı post-core materyalleri ve siman renkleri kullanılarak, In-Ceram ve IPS Empress tam seramik restorasyonlardaki renk değişikliğinin incelenmesi. Doktora tezi. Ankara 2001.
- 80- Bengel WM. Digital photography and the assessment of therapeutic results after bleaching procedures. J Esthet Restor Dent 2003; 15: 21-32.
- 81- Bentley C, Leonard RH, Nelson CF, Bentley SA. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. J Am DentAssoc 1999; 130: 809-816.
- 82- Guan YH, Lath DL, Lilley TH, Willmot DR, Marlow I, Brook AH. The Measurement of ToothWhiteness by Image Analysis and Spectrophotometry: A Comparison. J Oral Rehabil 2005; 32: 7- 15.
- 83- Miyajiwala JS, Kheur MG, Patankar AH, Lakha TA. Comparison of photographic and conventional methods for tooth shade selection: A clinical evaluation. J Indian Prosthodont Soc 2017; 17: 273-81
- 84-Hein S, Tapia J, Bazos P. eLABor_aid: a new approach to digital shade management The international journal of esthetic dentistry 2017; 12(2): 186-202.
- 85-Alghazalı N. Burnside G, Moallem M., Smith P, Preston A, Jarad FD. Assessment of perceptibility and acceptability of colour difference of denture teeth. Journal of Dentistry 2012; 40: e10-e17
- 86-Cağlar A., Yamanel K., Gulsahi K., Bagis B., Özcan M. Could digital imaging be an alternative for digital colorimeters? Clin Oral Invest 2010; 14: 713-718.
- 87-Eliades T, Kakaboura A, Eliades G, Bradley TG. Comparison of enamel colour changes associated with orthodontic bonding using two different adhesives. The European Journal of Orthodontics 2001; 23(1): 85-90.

- 88-Gregorius WC, Kattadiyil M, Goodacre CJ, Roggenkamp CL, Powers JM, Paravina RD. Effects of ageing and staining on color of acrylic resin denture teeth. *Journal of Dentistry* 2012; 40: 47-54.
- 89-Ghinea R, Perez M, Herrera L, Rivas MJ, Yebra A ve Paravina RD. Color difference threshold in dental ceramics. *Journal of Dentistry* 2010; 38: e57-e64.
- 90-Yannikakis SA, Zissiz AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1998; 80(5): 533-539.
- 91-Silva PM, Acosta EJ, Jacobina M, Pinto LR, Porto VC. Effect of repeated immersion solution cycles on the color stability of denture tooth acrylic resins. *Journal of Applied Oral Science* 2011; 19(6): 623-627.
- 92-Razzoog ME, Lang BR, Russel MM, May KB. A comparison of the color stability of conventional and titanium dental porcelain. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1994; 72: 453-546.
- 93-Douglas RD. Color stability of new-generation indirect resins for prosthodontic application. *Journal Prosthetic Dentistry* 2000; 83(2): 166-170.
- 94-Regain JC, Johnston WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Research & Application* 2000; 25: 278-285.
- 95-Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *Journal Prosthetic Dentistry* 2007; 97:200-208.
- 96-Kuehni FG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Research & Application* 1979; 4: 83-91.
- 97-Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials* 1987; 3: 246- 251.
- 98-Paravina RD, Swift EJ. Color in dentistry: match me, match me not. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2009; 21: 133-139.



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

İNTİHAL RAPORU BEYAN FORMU



DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında yürütülen Renk Seçiminde Dijital Algının Değerlendirilmesi” başlıklı tez için akademik intihal engelleme programında yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdadır.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz. 26 /10/ 2018

Öğrenci Adı-Soyadı

İmza

Abdullah KARA

Danışman Adı-Soyadı

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Neslin VELİOĞLU

BENZERLİK ORANLARI: %28

Ek: İntihal tespit programı çıktısı

ZONGULDAK BEÜ Diş Hekimliği Fakültesi 67600

Kozlu / ZONGULDAK

Tel : 0372 261 36 00

Fax : 0372 2613603

Web : <http://dis.beun.edu.tr/>

e-mail : dishekimligi@beun.edu.tr

Form 15

Ek 2.İntihal Tespit Program Çıktısı

Renk seçiminde dijital alginın değerlendirilmesi

ORJINALLIK RAPORU

% 28	% 21	% 18	% 20
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

İBNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	% 5
2	dfd.atauni.edu.tr İnternet Kaynağı	% 2
3	dergipark.ulakbim.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	www.dishekdergi.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
5	Submitted to Ondokuz Mayıs Üniversitesi Öğrenci Ödevi	% 1
6	fedorani.ni.ac.rs İnternet Kaynağı	% 1
7	eprints.ucm.es İnternet Kaynağı	% 1
8	www.dentaurum.de İnternet Kaynağı	<% 1
9	geb.uni-giessen.de İnternet Kaynağı	<% 1



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



TEZ YAZIM DEĞERLENDİRME FORMU

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında yürütülen “Renk Seçiminde Dijital Algının Değerlendirilmesi” başlıklı ve uzmanlık öğrencisi Abdullah KARA tarafından hazırlanan uzmanlık tezinde;

- ☒ DİŞ KAPAK SAYFASI
- ☒ İÇ KAPAK SAYFASI
- ☒ TEZ KABUL VE ONAY SAYFASI
- ☒ ÖNSÖZ SAYFASI
- ☒ TÜRKÇE ÖZET
- ☒ İNGİLİZCE ÖZET (ABSTRACT)
- ☒ İÇİNDEKİLER
- ☒ SİMGELER ve KISALTMALAR
- ☒ ŞEKİL DİZİNİ (Gerekli ise)
- ☒ TABLO DİZİNİ (Gerekli ise)
- ☒ GİRİŞ
- ☒ GENEL BİLGİLER
- ☒ GEREÇ ve YÖNTEM
- ☒ BULGULAR
- ☒ TARTIŞMA
- ☒ SONUÇLAR
- ☒ KAYNAKLAR
- ☒ EKLER (Etik kurul onayı vb.)
- ☒ ÖZGEÇMİŞ
- ☒ İNTİHAL RAPORU
- ☒ FORMATLA İLGİLİ DİĞER HUSUSLAR (Alt bölümler, Latince isimler, Ondalık ayraçlar, Metin içerisindeki göndermeler ve kaynak göstermeler, Alıntılar, Dipnotlar, Simgeler ve kısaltmalar vb.)

Tez yazım kılavuzunda belirtildiği gibi hazırlanmıştır.

Yukarıda belirtilen hususlar tarafımdan kontrol edilmiştir.

Danışmanın Adı-Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Neslin VELİOĞLU

Tarih: 26.10.2018

İmza:

Kontrol Eden

Adı-Soyadı: Doç. Dr. Nure BACCI

Tarih: 26.10.2018

İmza:

ZONGULDAK BEÜ Diş Hekimliği Fakültesi 67600

Kozlu / ZONGULDAK

Tel : 0372 261 36 00

Fax : 0372 2613603

Web : <http://dis.beun.edu.tr/>

e-mail : dishekimligi@beun.edu.tr

9. ÖZGEÇMİŞ

14.08.1992 tarihinde İstanbul’ da doğdum. 2010 yılında lise öğrenimimi tamamlayarak Pertevniyal Lisesi’ nden mezun oldum. Lisans öğrenimimi 2010-2015 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde tamamladım. 2016 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı’ nda uzmanlık eğitimine başladım.

