

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GAMA YAŞLANDIRMANIN DENTAL KOMPOZİTLERİN RENK
KARARLILIĞI ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Gökhan COF

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU**

**DOKTORA TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2024**



© 2024 [Gökhan COF]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite	1
1.1.1. Radyasyonun sınıflandırılması	4
1.1.1.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon	5
1.1.1.2. İyonlaştırıcı radyasyon	5
1.1.2. Radyasyon kaynakları	6
1.1.2.1. Doğal radyasyon	6
1.1.2.2. Yapay radyasyon	7
1.1.3. Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi	8
1.1.3.1. Fotoelektrik olay	10
1.1.3.2. Compton ve Thomson saçılması	11
1.1.3.3. Çift oluşumu	12
1.1.4. Radyasyon birimleri ve radyasyon ölçümlerinde kullanılan nicelikler	13
1.2. Dental Kompozitler (Kompozit Rezinerler)	14
1.2.1. Kompozit rezinlerin yapısı	16
1.2.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması	17
1.2.2.1. İnorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelerinde göre kompozit rezinler	18
1.2.2.2. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinler	18
1.2.2.3. Viskozitelerine göre kompozit rezinler	19
1.3. Renk ve Optik Etkiler	20
1.3.1. Renk sistemleri	22
1.3.1.1. Munsell renk sistemi	23
1.3.1.2. CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi	24
1.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü	27
1.4.1. Geleneksel görsel yöntem	27
1.4.2. Enstrümantal yöntem	29
1.5. Motivasyon	30
2. KAYNAK ÖZETLERİ	31
3. MATERYAL VE METOT	45
3.1. Numunelerin Hazırlanması	45
3.2. Kullanılan Cihazlar	50
3.2.1. Termal siklus cihazı	50
3.2.2. VITA easysshade V spektrofotometresi	54
3.2.3. Renk ölçüm kabini (Color assessment cabinets)	59
3.2.4. Gama ışınlama düzeneği	60
3.3. Renk Farkının Hesaplanması	67
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	68

4.1. Test Ölçümleri.....	68
4.2. Zemin Renginin Belirlenmesi.....	70
4.3. Yapay Yaşlandırma İşlemi Sonrası Renk Ölçümleri.....	73
4.3.1. Clearfil Majesty Esthetic A2 numunelerine ait ölçümler.....	74
4.3.1.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	74
4.3.1.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	75
4.3.1.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	79
4.3.2. Clearfil Majesty Esthetic A3 numunelerine ait ölçümler.....	84
4.3.2.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	84
4.3.2.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	85
4.3.2.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	88
4.3.3. Filtek™ Z250 A2 numunelerine ait ölçümler.....	93
4.3.3.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	93
4.3.3.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	94
4.3.3.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	97
4.3.4. Filtek™ Z250 A3 numunelerine ait ölçümleri.....	102
4.3.4.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	102
4.3.4.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	103
4.3.4.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	106
4.3.5. Spectra ST HV A2 numunelerine ait ölçümler.....	111
4.3.5.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	111
4.3.5.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	112
4.3.5.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	115
4.3.6. Spectra ST HV A3 numunelerine ait ölçümler.....	120
4.3.6.1. Kontrol grubu ölçümleri.....	120
4.3.6.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler.....	121
4.3.6.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi.....	124
4.3.7. Genel değerlendirme.....	129
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	134
KAYNAKLAR.....	137
EKLER.....	149
EK A. Zemin Rengi Belirlenmesine Yönelik Spektrofotometre Ölçümleri.....	150
EK B. KG ile TS ve G Yaşlandırma Sonrası Spektrofotometrik Ölçümler	154
ÖZGEÇMİŞ.....	164

ÖZET

Doktora Tezi

GAMA YAŞLANDIRMANIN DENTAL KOMPOZİTLERİN RENK KARARLILIĞI ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Gökhan COF

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU

Diş hekimliğinde dental kompozitler (kompozit rezinler), dişlerin şekil, form bozuklukları ve diş eksikliklerinin tedavisi gibi durumlarda kullanılan malzemelerdir. Kullanılacak kompozit malzemenin rengi estetik açıdan her hastanın doğal diş rengi ile en uyumlu görünüme sahip olmalıdır ve bu yüzden diş hekimliğinde en uygun renk skalasındaki malzeme tercih edilmektedir. Çevresel faktörler ve değişik nedenler ile zamanla kullanılan kompozit malzemelerde meydana gelebilecek renk değişimleri çeşitli hızlandırılmış yaşlandırma teknikleriyle çalışılmaktadır. Ancak, estetik kaygıyı ön plana çıkaran bu tür çalışmalar incelendiğinde, kaçınılmaz biçimde maruz kaldığımız doğal radyasyonun dental malzemelerin renk değişimi üzerine etkisi hakkında, literatürde bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu çalışmanın temel amacı, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan kompozit rezinlerin doğal gama radyasyonuna maruz kaldığında, renk stabilitelerinin nasıl etkilendiğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, restorasyonlarda kullanılan üç farklı üreticiye ait A2 ve A3 renk tonlarındaki dental kompozitler incelenmek üzere seçilmiştir (Spectra ST HV (Dentsply Sirona, Almanya), Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray, Japonya) ve Filtek™ Z250 (3M ESPE, ABD)). Seçilen dental kompozit örneklerinden 2 milimetre yüksekliğe ve 10 milimetre çapa sahip olan disk formunda 120 adet ölçüm numunesi hazırlanmıştır. Böylelikle, 6 farklı materyal için iki farklı hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi (TS, termal siklus ve G, gama yaşlandırma işlemleri) uygulanacak 12 ölçüm grubu oluşturulmuştur (N=10).

Yaşlandırma işlemleri öncesi ve sonrası gerçekleştirilen renk ölçümleri için VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Almanya) dijital spektrofotometresi kullanılmıştır. Spektrofotometre ile yapılan her ölçüm çevresel koşulları elimine eden, yapay gün ortası ışık kaynağı (D65: daylight 6500 °K) sağlayan renk ölçüm kabini içerisinde, beyaz zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her numune için ölçümler merkeze yakın 5 noktadan tekrarlanıp aritmetik ortalamaları alınmış ve renk değerleri, CIE (Comission International De L'eclairage: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renk sisteminde L^* , a^* ve b^* renk koordinat verileri olarak kayıt edilmiştir. TS yaşlandırma işleminde, 1 yıllık yapay yaşlandırma için numuneler, dentester cihazında 1000 döngülük termal siklus uygulamasına tabi

tutulmuştur. Termal siklus cihazının sıcak ve soğuk su hazneleri, ağız içi sıcaklık değişimlerini taklit etmek amacıyla, sırasıyla 5 ve 55 °C sıcaklıklara ayarlanmış ve numunelerin bu hazneler içinde bekleme süreleri 5'er saniye olarak belirlenmiştir. G yaşlandırma işleminde ise 1 yıllık yapay yaşlandırma işlemi için numuneler, 1 mSv doza karşılık gelecek gama radyasyonuna maruz bırakılmıştır. Kompozit numunelere 1, 2 ve 5 yıllık hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemleri Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü ¹³⁷Cs Kalibrasyon Laboratuvarı'nda uygulanmış ve her işlem sonrası spektrofotometre ile renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Dental kompozitlerin renk stabilitesinin zamana ve yaşlandırma işleminin türüne bağlı değişimi, renk farkı (ΔE_{ab}^*) değerleri hesaplanarak incelenmiştir.

Yaşlandırma işlemlerine geçilmeden önce 12 gruba ait numuneler için L_0^* , a_0^* ve b_0^* renk koordinat değerleri ölçülerek kontrol grubu (KG) verileri olarak kayıt altına alınmıştır. 1, 2 ve 5 yıllık yaşlandırma işlemleri sonrasında renk ölçümlerinden elde edilen L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarına ait veriler, KG verileri ile istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Tüm veri grupları bağımlı verilerden olduğundan normal dağılıma sahip olan veri grupları Bağımlı Gruplar t-Testi'ne ve normal dağılıma sahip olmayan gruplar ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi'ne tabi tutularak SPSS 29,0 programıyla analiz edilmiştir. KG verileri baz alınarak yapılan ikili karşılaştırmalarda, 108 karşılaştırmaların 94'ünde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Genel olarak, her iki yaşlandırma işlemi sonucunda dental kompozit numunelere ait renk koordinatlarının yıllara bağlı olarak farklılaştığı söylenebilir.

Elde edilen L^* , a^* ve b^* renk koordinat değerleri kullanılarak ΔE_{ab}^* renk farkı değerleri; 1, 2 ve 5 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemleri için hesaplanmıştır. Elde edilen ΔE_{ab}^* gruplarının normal dağılıma sahip olup olmadığı Shapiro-Wilk normallik testi ile incelenmiştir. TS ve G yaşlandırma işlemleri için ΔE_1^* , ΔE_2^* ve ΔE_5^* gruplarındaki verilerin kendi içerisindeki karşılaştırmaları; normal dağılıma sahip gruplar için Bağımlı Gruplar t-Testi ile ve normal dağılıma sahip olmayan gruplar için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılarak SPSS 29,0 programında istatistiksel olarak analiz edilmiştir. 1 ve 2 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemlerine ait ΔE_{ab}^* veri gruplarının kendi içlerinde (TS yaşlandırma yönteminde; Clearfil Majesty Esthetic A2, Filtek™ Z250 A2, Filtek™ Z250 A3 ve Spectra ST HV A2, G yaşlandırma yönteminde; Filtek™ Z250 A3 numuneleri hariç) anlamlı bir farklılık sergilediği bulunmuştur ($p < 0,05$). 2 ve 5 yıllık yaşlandırma işlemleri için Spectra A2 renk tonuna ait TS numuneleri hariç, ΔE_{ab}^* veri gruplarının kendi aralarında anlamlı bir farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). 1 ve 5 yıllık ΔE_{ab}^* verileri incelendiğinde, her iki yaşlandırma işlemi için tüm gruplarda renk farkı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Bu çalışmanın limitleri dahilinde, TS ve G yaşlandırma işlemlerinin dental kompozitlerin renk kararlılığı üzerinde etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır. Hızlandırılmış G yaşlandırma işleminin yapay TS yaşlandırma işlemine göre renk değişimi üzerinde; kısa dönemde (1-2 yıl ölçümleri arasında) yaklaşık 2 kat kadar ve uzun dönemde (1-5 yıl ölçümleri arasında) yaklaşık 1,5 kat kadar daha etkili olduğu bulunmuştur. Dental malzemeler üzerinde yürütülen renk ölçüm

alışmalarında, bu güne kadar göz önüne alınmayan gama yaşlandırma işleminin hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemlerine dahil edilmesi gerektiğı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dental kompozitler, Hızlandırılmış yaşlandırma, Gama-ışını, Spektrofotometre, Renk kararlılığı.

2024, 166 sayfa



ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GAMMA AGING ON COLOUR STABILITY OF DENTAL COMPOSITES

Gökhan COF

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU

In dentistry, dental composites (composite resins) are materials used in restorations such as the treatment of tooth deformities and tooth deficiencies. The colour of the composite material to be used should have the most matching appearance with the natural tooth colour of each patient. Therefore the material with the most appropriate shade is preferred in dentistry. Colour changes that may occur in composite materials used over time due to environmental factors and various reasons are studied with some certain accelerated aging techniques. Upon reviewing studies addressing aesthetic concerns, no literature was found regarding the influence of natural radiation, which we are inevitably exposed to, on the colour change of dental materials. The main purpose of this study is to explore how natural gamma radiation affects the colour stability of composite resins commonly used in dentistry. For this purpose, dental composites in shades A2 and A3 from three different manufacturers were selected for examination (Spectra ST HV (Dentsply Sirona, Germany), Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray, Japan) and Filtek™ Z250 (3M ESPE, USA)). 120 measurement specimens, in the form of 2mm high and 10mm diameter disks, were prepared from the selected dental composite samples. Thus, 12 measurement groups (N=10) were produced from 6 different materials, which are subject to two different accelerated artificial aging processes (TS, thermal cycle and G, gamma aging processes).

VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Germany) digital spectrophotometer was used for colour measurements before and after the aging process. Each measurement performed with the spectrophotometer was carried out on a white background in a colour measurement cabinet that eliminated environmental conditions and provided an artificial midday light source (D65: daylight 6500 °K). For each specimen, measurements were taken from 5 points close to the center, the arithmetic means of 5 measurements were recorded as L^* , a^* and b^* colour coordinate data in the CIE (Commission International De L'eclairage) colour system. In the TS aging process, for 1 year of artificial aging, the specimens were subjected to a 1000-cycle thermal cycle in the Dentester device (the hot and cold water chambers of the device were adjusted to temperatures of 5 and 55 °C, respectively, to imitate intra-oral temperature changes). In the G aging process,

the specimens were exposed to a 1 mSv dose of gamma radiation corresponding to 1-year aging. Accelerated gamma aging processes of 1, 2 and 5 years were applied to composite samples at Ankara University Nuclear Sciences Institute, ^{137}Cs Calibration Laboratory and colour measurements were performed with a digital spectrophotometer after each process. The change in colour stability of dental composites depending on time and type of aging process was investigated by calculating colour difference (ΔE_{ab}^*) values.

Before starting the aging process, L_0^* , a_0^* and b_0^* colour coordinate values for the samples belonging to 12 groups were measured and recorded as control group (CG) data. After 1, 2 and 5 years of aging, the data of L^* , a^* and b^* colour coordinates obtained from colour measurements and CG data were compared statistically. Since all data groups were dependent, data groups with normal distribution were subjected to the Dependent Groups t-Test, and groups without normal distribution were subjected to the Wilcoxon Signed Ranks Test and analysed with the SPSS 29.0 program. In pairwise comparisons based on CG data, a statistically significant difference was found in 94 of 108 comparisons ($p < 0.05$). In general, it can be said that as a result of both aging processes, the colour coordinates of dental composite samples differ depending on the years.

Using the obtained L^* , a^* and b^* colour coordinate values, ΔE_{ab}^* colour difference values were calculated for 1, 2 and 5 years of TS and G aging processes. Whether the resulting ΔE_{ab}^* groups were normally distributed was assessed using the Shapiro-Wilk normality test. To be able to compare the data in ΔE_1^* , ΔE_2^* and ΔE_5^* groups for TS and G aging processes, the calculated data were statistically analysed in the SPSS 29.0 program using the Dependent Groups t-Test for groups with normal distribution and the Wilcoxon Signed Rank Test for groups with non-normal distribution. For both aging processes, ΔE_{ab}^* data groups of 1 and 2 years aging were found to display a significant difference ($p < 0.05$) apart from the Clearfil Majesty Esthetic specimens with A2 shade, Filtek™ Z250 specimens with A2 and A3 shades and Spectra ST HV specimens with A2 shade in TS process, and the specimens of the Filtek™ Z250 composite with A3 shade in G process. For aging processes of 2 and 5 years, significant differences were observed among the ΔE_{ab}^* data groups ($p < 0.05$), except for the specimens of Spectra ST HV with A2 shade in TS process. When the 1 and 5-year ΔE_{ab}^* data were examined for both aging processes, it was determined that the colour difference values in all related groups exhibited statistically significant differences ($p < 0.05$).

Within the limits of this study, it was revealed that the aging processes of TS and G significantly affect the colour stability of dental composites. In the study, it was found that accelerated G aging was approximately 2 times more effective on colour change in the short term (between 1 and 2-year measurements) and about 1.5 times more effective in the long term (between 1 and 5-year measurements) when compared to artificial TS aging. It has been concluded that the gamma aging process, which has not been taken into consideration until now, should be included as one of the accelerated artificial aging methods in colour measurement studies on dental materials.

Keywords: Dental composites, Accelerated aging, Gamma-ray, Spectrophotometer, Colour stability.

2024, 166 pages



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda büyük bir sabırla yardımlarını gösteren, deneysel çalışmalarım ve tezin yazımında bir sürü uzun gece ve hafta sonunda bile bana desteğini her zaman gösteren, ne zaman yanına gitsem tavsiyelerini, bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ertan KÜRKÇÜOĞLU'na şükranlarımı sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İşın KÜRKÇÜOĞLU hocama teşekkür ederim.

Tez izleme komitesi üyelerinden Süleyman Demirel Üniversitesitesinden Öğretim Üyesi Prof. Dr. Seyfettin ÇAKMAK ve Prof. Dr. Abdullah KAPLAN hocama; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesinden Dr. Öğr. Üyesi Aygün IŞIK YILDIZ ve Dr. Öğr. Üyesi Hakan DİDİNEN hocama çalışma konusu ile ilgili yaptıkları değerlendirmelerden dolayı teşekkür ediyorum.

Ayrıca çalışma boyunca yardım ve emeği geçen arkadaşlarım, Dr. Abbas Alpaslan KOÇER ve Dr. Fatih Çağlar KAHRAMAN'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan eşim Emine'ye, Doktora eğitimim boyunca gerekli zamanı ayıramadığım için beni küçük yaşlarında büyük bir anlayışla karşılayan oğullarım Muhammed Tuğra ve Tuğrul Bahri'ye teşekkür ederim.

Gökhan COF
ISPARTA, 2024

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Radyasyonun iyonlaştırma yeteneğine göre sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay kaynaklardan alınan dozların oranı	6
Şekil 1.3. Doğal radyasyon kaynakları nedeniyle alınan dozların dağılım yüzdeleri.....	7
Şekil 1.4. Yapay kaynaklar nedeniyle maruz kalınan radyasyon dozlarının yüzde dağılımı	8
Şekil 1.5. Fotoelektrik olay, compton olayı ve çift oluşumunun baskın olduğu bölgeler	10
Şekil 1.6. Yarı-iletken bir dedektöre gelen gama radyasyonu için dedektörde meydana gelen bazı olası saçılmalar	10
Şekil 1.7. Dental kompozitlerin tarihçesi	15
Şekil 1.8. Kompozit rezinlerin yapısı (A; organik polimer matriks faz, B; inorganik faz, C; ara faz)	16
Şekil 1.9. Elektromanyetik spektrumu	21
Şekil 1.10. Munsell üç boyutlu renk uzayı ve CIE $L^*a^*b^*$ eksenleri	23
Şekil 1.11. Munsell renk uzayındaki ton, değer ve parlaklık (Y: Sarı, YR: Sarı-Kırmızı, R: Kırmızı, RP: Kırmızı-Mor, P: Mor, PB: Mor-Mavi, B: Mavi, BG: Mavi Yeşil, G: Yeşil, GY: Yeşil-Sarı).....	24
Şekil 1.12. A ve B noktalarındaki CIE L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının örnek gösterimi.....	26
Şekil 1.13. VITA klasik renk tonu kılavuzu (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya).....	28
Şekil 1.14. VITA Toothguide 3D-MASTER renk tonu kılavuzu.....	29
Şekil 1.15. Chromascop renk tonu kılavuzu (Ivoclar - Vivadent, Schaan, Lihtenştayn)	29
Şekil 3.1. Deneysel çalışma için seçilen dental kompozit materyaller	45
Şekil 3.2. (a) Disk şeklindeki numunelerin hazırlanmasında kullanılacak kalıplar, (b) Akışkan kompozit malzemenin seçilen çoklu teflon kalıba ağız spatülü ile aktarılması	46
Şekil 3.3. (a) Kalıptaki kompozit malzemenin sıkıştırılması için kullanılan siman fulvarı, (b) İki cam levha arasına alınan teflon kalıptaki kompozit malzemeye polimerizasyon cihazı ile UV ışık uygulanması	47
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı	48
Şekil 3.5. Deneysel çalışma için hazırlanan kompozit numunelerin toplu gösterimi.....	48
Şekil 3.6. Numunelerin kodlanması için kullanılan mikromotor.....	49
Şekil 3.7. Arka yüzü kodlanmış numuneler	49
Şekil 3.8. Gruplanan numunelerin saklama kaplarında distile su içerisinde bekletilme aşaması.....	50
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı.....	51
Şekil 3.10. Dentester cihazının ana kontrol paneli.....	52
Şekil 3.11. Ayarlar menüsü altında açılan ekran görüntüsü.....	52
Şekil 3.12. (a) VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi, (b) kalibrasyon ve şarj ünitesi.....	55

Şekil 3.13. VITA Easyshade V kullanıcı ekranının aritmetik ortalama veren sekmesi.....	56
Şekil 3.14. Ölçüm kabiniinde VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi kullanılarak bir numuneye ait renk ölçümünün alınması	57
Şekil 3.15. Renk tonu klavuzu ekranı.....	58
Şekil 3.16. Renk tonu bilgi ekranı (Ölçülen numuneye ait L^* , a^* ve b^* değerlerinin alındığı ekran).....	58
Şekil 3.17. Çalışmada kullanılan renk ölçüm kabini	59
Şekil 3.18. Kullanılan ışınlama düzeneği (Kurşun zırh içerisindeki sezyum kaynağı (a), Hp 10 dedektörü (b), kamera (c) ve kızak (d))	60
Şekil 3.19. Kontrol birimi (Deney kontrol otomasyon ve tetikleyici ünitesi (a), ışınlama birimindeki kameraya bağlı monitör (b) ve Hp 10 dedektörüne ait monitör (c))	61
Şekil 3.20. Uranyum-235'ten sezyum-137 radyoizotopunun elde edildiği reaksiyonun gösterimi	61
Şekil 3.21. Hp 10 dedektör	62
Şekil 3.22. Test ölçümü için kontrol otomasyon ve tetikleyici ünitenin çalıştırılması.....	63
Şekil 3.23. Işınlama süresi sonunda ölçüm yüzeyinde saptanan doz düzeyi.....	64
Şekil 3.24. İkinci test ölçümünde, ölçüm yüzeyinde elde edilen doz düzeyinin kontrolü	65
Şekil 3.25. Işınlama tablası (ısıya dayanıklı 0,4 mm kalınlıktaki teflon malzemeye CNC tezgahında 0,2 mm derinlikte ve 10 mm çapında, 0,2 mm aralıklarda silindirik boşluklar açılarak oluşturulmuştur).....	66
Şekil 3.26. Numunelerin ışınlama tablasına yerleştirildikten sonra ışınlama düzeneğinde konumlandırılması.....	67
Şekil 4.1. Farklı zeminler üzerinde numunelere ait renk tonlarının belirlenmesi (gri zemin (a), beyaz zemin (b), siyah zemin (c))	72
Şekil 4.2. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	80
Şekil 4.3. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	81
Şekil 4.4. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	82
Şekil 4.5. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir).....	83
Şekil 4.6. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	89
Şekil 4.7. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	90
Şekil 4.8. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	91
Şekil 4.9. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine	

göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir).....	92
Şekil 4.10. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	98
Şekil 4.11. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	99
Şekil 4.12. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	100
Şekil 4.13. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir)	101
Şekil 4.14. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	107
Şekil 4.15. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	108
Şekil 4.16. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi	109
Şekil 4.17. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir)	110
Şekil 4.18. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	116
Şekil 4.19. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	117
Şekil 4.20. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	118
Şekil 4.21. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir)	119
Şekil 4.22. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	125
Şekil 4.23. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	126
Şekil 4.24. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi.....	127
Şekil 4.25. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir)	128

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. γ -ışınması yapan bazı yapay radyoaktif çekirdekler.....	9
Çizelge 1.2. Radyasyon birimleri	13
Çizelge 1.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması	18
Çizelge 3.1. Deney için hazırlanan kompozit numunelerin gruplandırılması (TS: Termal Siklus ile yaşlandırma ve G: Gama yaşlandırma işlemi için kullanılan grupları temsil etmektedir)	50
Çizelge 3.2. VITA Easyshade V spektrofotometresine ait bazı teknik bilgiler	56
Çizelge 4.1. Test ölçüm sonuçları (çizelgede verilen her bir değer 5 ölçüm ortalamasını temsil etmektedir)	68
Çizelge 4.2. Test verilerinin çarpıklık ve basıklık değerleri	69
Çizelge 4.3. Test ölçümlerinden elde edilen L^* , a^* ve b^* koordinatlarına ait tanımlayıcı istatistikler	70
Çizelge 4.4. Üreticiler tarafından bildirilen renk tonlarıyla spektrofotometre ile belirlenen renk tonlarının karşılaştırılması (karşılaştırmalar VITA klasik skalasına göre yapılmıştır)	72
Çizelge 4.5. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri	75
Çizelge 4.6. KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	75
Çizelge 4.7. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	76
Çizelge 4.8. Clearfil Majesty Esthetic A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri	77
Çizelge 4.9. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları.....	77
Çizelge 4.10. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	78
Çizelge 4.11. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	79
Çizelge 4.12. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması.....	83
Çizelge 4.13. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri.....	84
Çizelge 4.14. KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	85
Çizelge 4.15. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk	

	farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	85
Çizelge 4.16.	Clearfil Majesty Esthetic A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri.....	86
Çizelge 4.17.	TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.18.	Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	87
Çizelge 4.19.	Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	88
Çizelge 4.20.	Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması.....	92
Çizelge 4.21.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri	93
Çizelge 4.22.	KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	94
Çizelge 4.23.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	94
Çizelge 4.24.	Filtek™ Z250 A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri.....	95
Çizelge 4.25.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları.....	95
Çizelge 4.26.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.27.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	97
Çizelge 4.28.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması.....	101
Çizelge 4.29.	Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri	102
Çizelge 4.30.	KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	103
Çizelge 4.31.	Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	103
Çizelge 4.32.	Filtek™ Z250 A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri.....	104
Çizelge 4.33.	TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları.....	104

Çizelge 4.34. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	105
Çizelge 4.35. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	106
Çizelge 4.36. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara karşılaştırılması	110
Çizelge 4.37. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri	111
Çizelge 4.38. KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	112
Çizelge 4.39. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	112
Çizelge 4.40. Spectra ST HV A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri.....	113
Çizelge 4.41. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi ile Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları.....	113
Çizelge 4.42. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	114
Çizelge 4.43. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	115
Çizelge 4.44. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara karşılaştırılması	119
Çizelge 4.45. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri	120
Çizelge 4.46. KG ölçümlerinde elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri.....	121
Çizelge 4.47. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları	121
Çizelge 4.48. Spectra ST HV A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri.....	122
Çizelge 4.49. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi ile Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları.....	122
Çizelge 4.50. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları.....	123
Çizelge 4.51. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması.....	124
Çizelge 4.52. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması.....	128

Çizelge 4.53. Renk koordinatları için TS ve G yaşlandırma sonrası kısa ve uzun dönemdeki yüzdelik değişim miktarları.....	130
Çizelge 4.54. ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplarının kısa ve uzun dönem yüzdelik değişimlerin karşılaştırılması.....	133
Çizelge A.1. Clearfil Majesty Esthetic A2 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA klasik renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.....	150
Çizelge A.2. Clearfil Majesty Esthetic A3 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA klasik renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.....	151
Çizelge A.3. Filtek™ Z250 A2 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA klasik renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.....	152
Çizelge A.4. Filtek™ Z250 A2 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA klasik renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.....	153
Çizelge B.1. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	154
Çizelge B.2. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	155
Çizelge B.3. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	155
Çizelge B.4. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	156
Çizelge B.5. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	156
Çizelge B.6. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.....	157
Çizelge B.7. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	157
Çizelge B.8. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	158
Çizelge B.9. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	158
Çizelge B.10. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	159
Çizelge B.11. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	159
Çizelge B.12. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	160
Çizelge B.13. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	160
Çizelge B.14. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	161
Çizelge B.15. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.....	161

Çizelge B.16. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri	162
Çizelge B.17. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri	162
Çizelge B.18. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri	163



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ΔE_{00}	CIE-DE2000 renk uzayında renk farkı
ΔE_{ab}^*	CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayında renk farkı
${}^4_2He$	Helyum
${}^{137}_{55}Cs$	Sezyum 137
a^*	Yeşilliğin (negatif a^*) veya kırmızılığın (pozitif a^*) miktarını gösteren renk koordinatı
A.Ort	Aritmetik ortalama
b^*	Mavilik (negatif b^*) veya sarılık (pozitif b^*) miktarını gösteren renk koordinatı
Bis-GMA	Bisfenol-A glisidil dimetakrilat
Bq	Becquerel
C/kg	Coulomb/kilogram
CIE	Comission International De L'eclairage: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
Ci	Curie
CME	Clearfil Majesty Esthetic
DMAEMA	Dimetilaminoetil metakrilat
E_b	Elektron bağlanma enerjisi
E_k	Elektron kinetik enerjisini
eV	Elektron volt
f	Frekans
fm	Femtometre
G	Gama yaşlandırma işlemi
Gy	Gray
h	Planck sabiti
h/m_0c	Compton dalga boyu
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements: Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
IR	Kızılötesi ışınlar
ISO	International Organization for Standardization: Uluslararası Standartlar Örgütü
KG	Kontrol grubu
L^*	0 (siyah) ile 100 (beyaz) parlaklık değerini gösteren renk koordinatı
m_0c^2	Elektron ve pozitronun durgun kütle enerjisi
Mak	Maksimum
MeV	Mega elektron volt
Min	Minumum
mSv	Milisievert
N	Örnek sayısı
nSv/h	Nano Sievert/ saat
p	Significance: Anlamlılık değeri
R	Röntgen
SI	International System of Units: Uluslararası Birimler Sistemi
SPSS	Statistical Package For Social Sciences: Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı
SS	Standart sapma

Sv	Sievert
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
TENMAK	Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu: Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency
TS	Termal siklus ile yaşlandırma işlemi
UDMA	Üretan dimetakrilat
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi
UV	Ultraviyole
VITA C	VITA klasik
α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
λ_f	Saçılan fotonun dalga boyu
λ_i	Gelen fotonun dalga boyu

1. GİRİŞ

1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite

1895 ve 1905 yılları arasında “mucizevi on yıl” (miraculous decade) olarak adlandırılan dönem nükleer fiziğin başlangıcı sayılmıştır. Bu dönem; anot ve katot elektrotlarına sahip olan Crooke vakum tüpünde, 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen ve 1897 yılında Joseph John Thomson tarafından yapılan deneylerin yan ürünü olarak, sırasıyla X-ışınlarının ve elektronunun keşfedilmesiyle başlamıştır.

Radyoaktivitenin keşfi, 1896 yılında Fransız bilim insanı Henry Becquerel’in karanlık bir odada bulunan fotografik bir levha üzerinde uranyum tuzlarının yaydığı radyasyon izlerini fark etmesi ile ilişkilendirilmektedir. Radyoaktivite, Fransızca’dan dilimize geçmiş bir sözcüktür. Latince ısıldayan anlamına gelen “radiationem” kelimesi ile Fransızca’da aktif anlamına gelen “actif” kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Ancak Pierre Cuire, Marie Cruie ve Ernest Rudherford gibi aynı dönemde yaşayan pek çok bilim insanının da radyoaktivite ile ilgili çalışmalar yaptığı bilinmektedir.

Nükleer fizik tarihi üç dönemden oluşmaktadır. X-ışınlarının keşfiyle başlayan ilk periyotta; radyoaktivite, proton, nötron ve çekirdeğin davranışlarını yöneten kuantum yasaları keşfedilmiştir. Fisyonun 1938 yılında keşfedilmesiyle ilk periyot noktalanmıştır. 1947 ve 1960 yılları arasında yer alan ikinci periyotta nükleer spektroskopi ve nükleer modeller geliştirilmiştir. Üçüncü periyot; 1960 yılında nükleonların yapısını ve davranışlarını, kuarklar ve gluonlar açısından, anlamaya çalışan mikroskobik birleştirici kuram (microscopic unifying theory) ile başlayıp günümüze kadar devam etmektedir. Basdevant ve arkadaşları, 2005 yılında, nükleer fiziğin ortaya çıkmasına ve gelişmesine neden olan başlıca keşif ve olayları aşağıdaki gibi tarihsel olarak sıralamışlardır:

- 1895- X-ışınlarının keşfedilmesi (Wilhelm Conrad Röntgen)
- 1896- Radyo aktivitenin keşfi (Henri Becquerel)

- 1897- Elektronun tanımlanması (Joseph John Thomson)
- 1898- Polonyum (Po) ve Radyum (Ra) elementlerinin ayrıştırılması (Pierre ve Marie Curie)
- 1908- Alfa parçacığının +2 yükünün ölçülmesi (Hans Geiger ve Ernest Rutherford)
- 1911- Atom çekirdeğinin keşfi (Ernest Rutherford)
- 1913- Atomik spektrum teorisi (Niels Bohr)
- 1914- Alfa parçacığının kütesinin ölçülmesi (Robinson ve Rutherford)
- 1924-1928 Kuantum teorisi (Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Bohr, Dirac)
- 1929-1932 Cockcroft ve Walton'ın elektrostatik hızlandırıcı ve Lawrence'ın siklotronuyla ilk nükleer reaksiyonlar
- 1932- Nötronun tanımlanması (James Chadwick)
- 1934- Yapay radyoaktivitenin keşfi (Frédéric Joliot ve Irène Joliot-Curie)
- 1934-Nötron yakalamanın keşfedilmesi (Fermi)
- 1935- Sıvı damlası modeli ve birleşik çekirdek modeli (Bohr)
- 1938- Fisyonun keşfi (Hahn ve Strassmann)
- 1939- Fisyonun teorik olarak yorumlanması (Meitner, Bohr ve Wheeler)
- 1945- Hiroşima ve Nagazaki'ye atom bombası atıldı.
- 1951-Termonükleer silahlar geliştirilmeye başlandı (Teller-Ulam)
- 1953- Döteronun içerisindeki iki protonun temel solar füzyonunun keşfi (Salpeter)
- 1960- Solar nötrinoların keşfi
- 1987- SN1987a isimli süpernovadan gelen gama ışınları ve nötrinoların bulunması (Basdevant vd., 2005).

Atom çekirdeği proton (p) ve nötron (n) adı verilen parçacıklardan oluşmaktadır. n/p oranı 1,5'ten küçük ise bu çekirdek kararlı, büyük ise kararsız olarak kabul edilmektedir. Radyoaktivite doğal veya yapay kaynaklı olabilir. Doğal radyoaktivite, bir çekirdeğin daha kararlı yapıya ulaşmak için kendiliğinden radyasyon yayması olayıdır. Yapay radyoaktivite ise, atom çekirdeğinin dış müdahalelerle radyasyon yaymaya hale getirilmesi olayı olarak tanımlanabilir.

Radyoaktiflik ya da radyoaktivite, kararsız halde bulunan atom çekirdeklerinin kendiliğinden bozunmaya uğrayarak daha kararlı bir yapıya geçtiği sırada çevresine parçacık ve/veya elektromanyetik ışıma formunda enerji (radyasyon) yayması olayıdır. Bozunmaya uğrayan ve radyasyon yayan atom çekirdeklerine radyonüklit (ya da radyoçekirdek) denir. Tarihsel olarak, radyonüklitlerin bozunma sürecinde yayınlanan radyasyon türleri Rudherford tarafından alfa (α), beta (β) ve gama (γ) radyasyonu olarak sınıflandırılmıştır.

Alfa (α) radyasyonu

α bozunması, radyoaktif bozunma türlerinden biridir ve genellikle ağır atom çekirdeklerinin bozunması sırasında görülür. Bu tür bir bozunmada, radyoaktif olan atom çekirdeği, çekirdeğinden iki proton ve iki nötron içeren bir alfa parçacığı (${}^4_2\text{He}$) yayarak enerji kaybeder. Bu işlem sonucunda, atomun kütle numarası dört birim azalır ve atom numarası iki birim düşer, böylece radyoaktif çekirdek farklı bir elementin daha hafif bir izotopuna dönüşür. Doğal kaynaklı α -parçacıklarının genellikle 4-8 MeV aralığında enerjilere sahip olduğu bilinmektedir. 4-10 MeV enerjili α -parçacıklarının havadaki menzili 5-11 cm düzeyindedir (Scott, 2014). Doğal alfa radyasyonu ince bir kâğıt, bir alüminyum folyo veya vücudumuzun deri tabakası tarafından durdurulabilir.

Beta (β) radyasyonu

Radyoaktif bir maddenin çekirdeğindeki nötron veya proton fazlalığından beta-radyasyonu meydana gelir. β -parçacıkları çekirdek tarafından fırlatılan enerjik eksi veya artı yüklü elektronlar olarak düşünülebilir. Beta radyasyonu, aynı enerjideki alfa-radyasyonuna göre daha düşük iyonizasyon yeteneğine sahip olmasına rağmen doku veya malzemelerin içine daha fazla nüfuz etmektedir (giriciliği daha yüksektir). Beta-parçacıklarının havadaki menzili her bir MeV'lik enerji için yaklaşık olarak 4 metre olarak kabul edilebilir (Scott ve Guilmette, 2005). Doğal β -parçacıkları, birkaç milimetre kalınlığındaki bir metal levha yardımıyla tamamen durdurulabilmektedir.

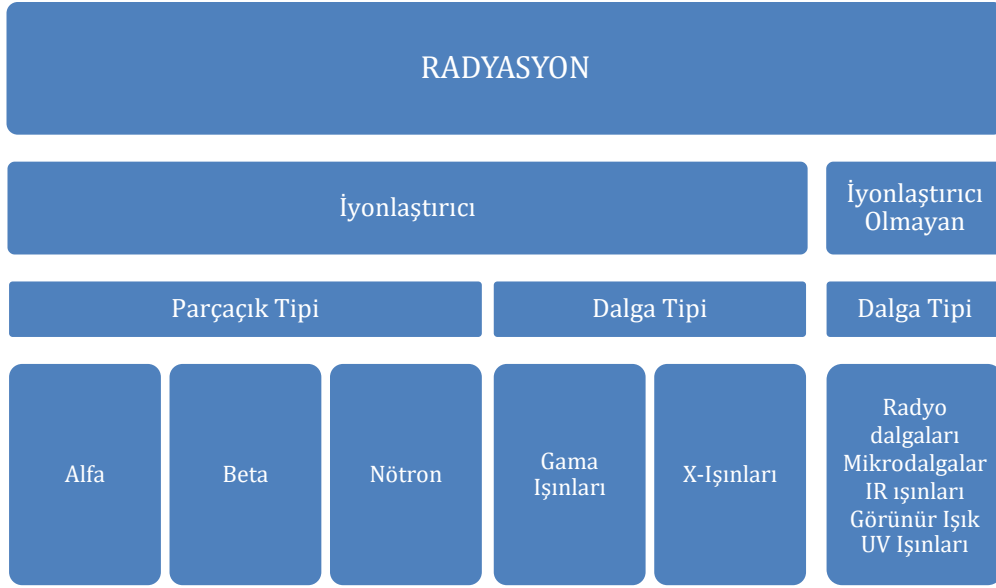
Gama (γ) radyasyonu

Çekirdek bozunmaya uğrayıp bir α veya β yayınladıktan sonra, ürün çekirdek çoğu zaman uyarılmış enerji seviyesinde kalır. Bu durumdaki çekirdek ikinci bir bozunma ile γ -ışını yayınlayarak daha düşük enerji seviyesine ve sonunda taban enerji seviyesine düşer. Çekirdeğin uyarılmış enerji seviyesinden temel enerji seviyesine düşerken yayınladığı bu fotonlara γ -ışını denir. γ -ışınları bilinen en yüksek frekansa sahip elektromanyetik dalgalardır. Doğal kaynaklı bozunma sürecinde ortaya çıkan gama radyasyonu 0,1-10 MeV arasında enerjilere (10-100 fm) sahip olabilir (Akkoyun, 2003).

Kütleleri yoktur ve yüksüzdürler, dolayısıyla elektrik ve manyetik alanda saptırılamazlar. Yüksek enerjilerinden dolayı madde içerisinde yol alabilirler, ışık hızı ile yayılırlar ve gazları iyonlaştırıcı özellikleri vardır. İyonize etkisi en yüksek olan ışınlardır. Radyoaktif çekirdekler tarafından yayınlanan γ -ışınları karakteristiktir, yani herbir radyoçekirdeğin yayınladığı γ -ışını enerjisi diğerinden farklıdır. γ -ışınları, atomik çekirdeklerin yapısının araştırılması ve doğal radyoaktivitenin belirlenmesi gibi birçok alanında çalışılmaktadır. γ -radyasyonu yüksek giriciliğe sahip olup kurşun gibi yüksek yoğunluklu, kalın malzemeler kullanılarak durdurulabilir. Doğrudan gama radyasyonuna maruz kalmanın canlılar üzerinde olumsuz etkileri söz konusudur.

1.1.1. Radyasyonun sınıflandırılması

Radyasyon, madde üzerinde ve aynı zamanda canlı hücrelerinde meydana getirdiği etkilere göre; iyonlaştırıcı radyasyon ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere iki ana başlık altında sınıflandırılabilir. İnsan sağlığı açısından çok daha tehlikeli olan iyonlaştırıcı tipteki radyasyonlar madde ile etkileşime girdiğinde, ortamdaki atom veya moleküllerin yükleri üzerinde pozitif veya negatif değişiklik meydana getirerek ortamı iyonlaştırabilmektedir (Sabol, 1995). Radyasyonun enerjisine bağlı olarak ele alınan bu sınıflandırma Şekil 1.1'te gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Radyasyonun iyonlaştırma yeteneğine göre sınıflandırılması

1.1.1.1. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

Madde ile etkileşen radyasyonun enerjisi, ortamda bulunan atomları iyonlaştırmaya yetmiyorsa (yani elektronlarını koparmak için yeterli enerjiye sahip olmayan) bu türdeki radyasyon, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon şeklinde nitelendirilir. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon dalga formunda olup elektromanyetik spektrumun düşük enerji bölgesinde yer alır. Radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi ışınlar (IR-ışınları), görünür ışık ve mor ötesi ışınlar (UV-ışınları) bu kategoriye girerler (Şekil 1.1). İyonlaştırıcı olmayan radyasyonların enerjisi genellikle foton başına yaklaşık 10 eV'dan daha düşüktür. Dalga boyları ise nanometre mertebesinde metre veya daha fazlasına kadar uzanabilir. Dalga boyu arttıkça, enerji düşer.

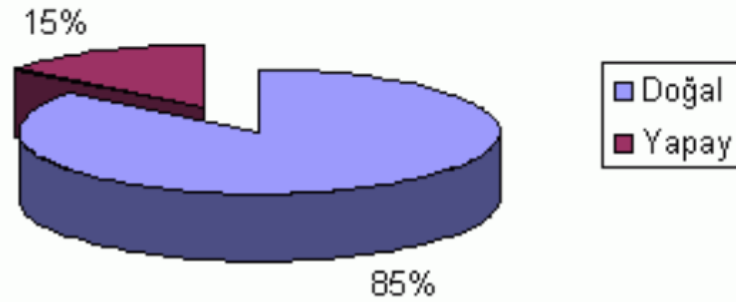
1.1.1.2. İyonlaştırıcı radyasyon

Etkileştiği ortamdaki atomları veya molekülleri iyonlaştırabilme özelliğine sahip radyasyonlar; alfa, beta, nötron vb. gibi kütleli yapıda, yani parçacık formunda veya gama ve X-ışınları gibi dalga formunda olabilir (Şekil 1.1). Bu radyasyonlar ortamı doğrudan veya dolaylı şekilde iyonlaştırabilir. İyonlaştırıcı radyasyonlar ayrıca yüklü olup olmamalarına göre de sınıflandırılabilir. Gama-ışınları, X-

ışınları ve nötronlar yüksüzdür. İyonlaşma olayının gerçekleşebilmesi için radyasyonun etkileştiği maddedeki atom veya moleküllerin elektrik yüklerinde değişiklik olması gerekir. Bunun için radyasyon ile aktarılan enerji, ilgili atom veya molekülün bağlanma enerjisinden daha büyük değerde olmalıdır (Sabol ve Weng, 1995).

1.1.2. Radyasyon kaynakları

İnsanlar yaşamları boyunca sürekli olarak çevrelerindeki doğal kaynaklı radyasyona maruz kalmaktadır. Bunun yanı sıra, tıbbi görüntüleme ve nükleer tıp uygulamaları gibi teşhis ve tedavi amaçlı yapay kaynaklı radyasyonlar da alınmaktadır. Dünya genelinde bir yılda alınan radyasyon dozu 2,8 mSv düzeyindedir (UNSCEAR, 2000). Maruz kalınan radyasyon düzeyi, ülkelerin coğrafi yapısı ve nükleer teknolojiyi kullanma durumuna göre farklılıklar gösterse de genel olarak, radyasyonun % 85'lik kısmının doğal kaynaklar nedeniyle ve % 15'lik kısmının ise yapay radyasyon kaynakları nedeniyle alındığı söylenebilir (Şekil 1.2).

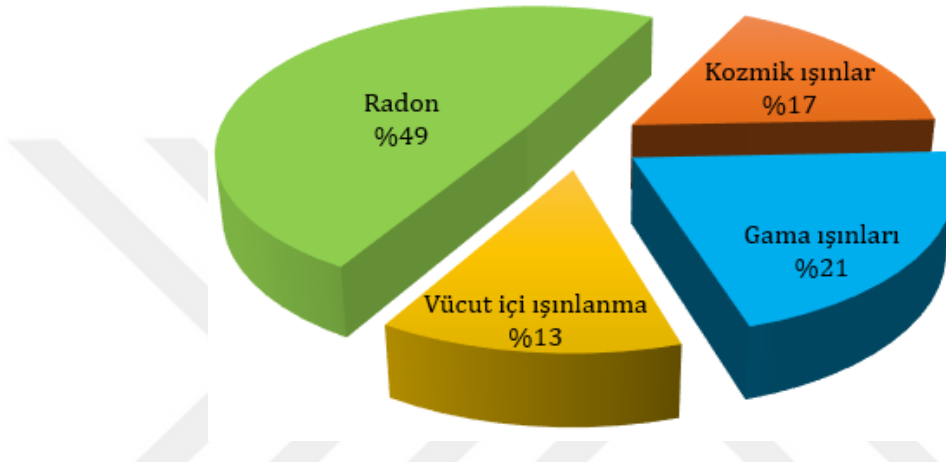


Şekil 1.2. Dünya genelinde doğal ve yapay kaynaklardan alınan dozların oranı (TENMAK, 2020)

1.1.2.1. Doğal radyasyon

Hiçbir etkiye maruz kalmadan kendiliğinden bozunan maddelere doğal radyoaktif maddeler denir. Bu radyonükleidlerden kaynaklanan radyasyona da doğal radyasyon adı verilir. Kaçınılmaz bir biçimde birlikte yaşamak zorunda olduğumuz doğal radyasyonun başlıca kaynakları; kozmik ışınlar (güneş ve

yıldızlardan kaynaklanan), karasal (yerkürede bulunan uranyum, toryum, potasyum gibi radyoaktif elementler ve bunların bozunma ürünleri) ve içsel radyasyondur. Doğal kaynaklar nedeniyle maruz kalınan radyasyonun yaklaşık yarısını radon gazı tek başına oluştururken bunu gama ışınları, kozmik ışınlar ve vücut içi ışınlanmalar nedeniyle alınan radyasyonlar takip etmektedir (Şekil 1.3). Doğadaki tüm maddeler gibi diş hekimliğinde kullanılan dental malzemelerde sürekli olarak doğal radyasyonun etkisi altında kalmaktadır.



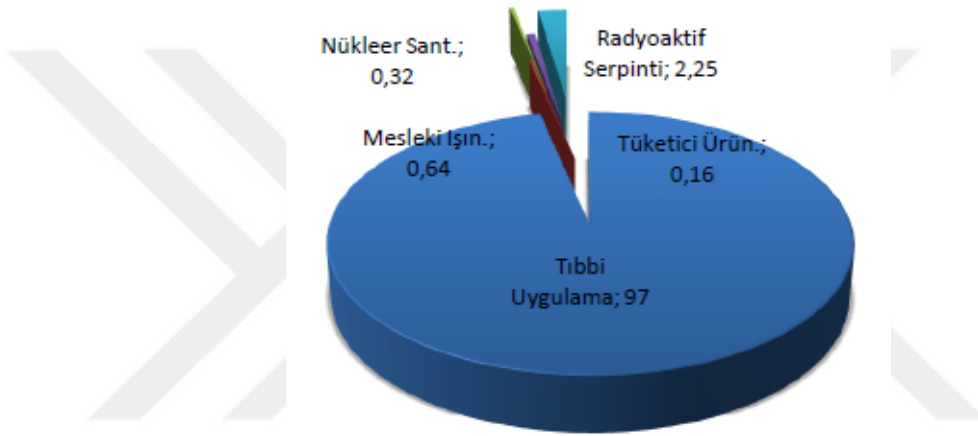
Şekil 1.3. Doğal radyasyon kaynakları nedeniyle alınan dozların dağılım yüzdeleri (TENMAK, 2020)

Doğal radyonükleidlerden yayınlanan iyonize radyasyon, doğrudan dış ışınlanma yoluyla veya solunum ve sindirim mekanizmalarıyla vücut içine alınarak (iç ışınlama yoluyla) risk oluşturabilir. Dolayısıyla yaşadığımız bölgenin doğal fon radyasyonu düzeyinin bilinmesi, tükettiğimiz yiyecek ve içecek maddeleriyle günlük yaşamda kullandığımız materyallerin içerdiği radyoaktivitenin ölçülmesi halk sağlığı bakımından önem taşıyan bir konudur. Yapılan çalışmalar, doğal radyasyon kaynakları nedeniyle dünya genelinde kişi başına maruz kalınan doz ortalamasının 2,4 mSv/yıl düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur (TENMAK, 2020).

1.1.2.2. Yapay radyasyon

Yapay radyasyon, insan faaliyetleri sonucu oluşan radyasyondur. Bu tür radyasyon, tıbbi prosedürler, endüstriyel uygulamalar, nükleer santraller ve

çeşitli bilimsel araştırmalardan kaynaklanabilir. Yapay radyasyon, dışarıdan bir etkiyle radyoaktiflik özelliği kazandırılan çekirdeğin yaydığı radyasyon olarak tanımlanabilir. Yapay radyoaktivitenin keşfi, Curie ve Juliot tarafından 1934 yılında yapılan bir deneyde, nötron elde etmek için ^{27}Al (Alüminyum) çekirdeğinin alfa bombardımanına tutulması sonucu oluşan radyoaktif ^{30}P (fosfor) çekirdeğinin elde edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar bu buluş ile 1935 yılında Nobel ödülü almışlardır. Dünya genelinde yapay radyasyon kaynakları nedeniyle alınan radyasyon dozlarının yüzde dağılımı Şekil 1.4 ile özetlenmiştir.



Şekil 1.4. Yapay kaynaklar nedeniyle maruz kalınan radyasyon dozlarının yüzde dağılımı (TENMAK, 2020)

1.1.3. Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi

γ -ışını, atom çekirdeğinin radyoaktif bozunmasından kaynaklanan bir elektromanyetik radyasyon türüdür. Elektriksel yükleri olmadığı için yüklü parçacıklarda olduğu gibi Coulomb kuvvetine maruz kalmazlar. Elektromanyetik kuvvet taşıyıcıları olduklarından madde ile iyonlaşma ve ortamda enerji depolamayla etkileşme yaparlar. Kısaca, madde içerisindeki davranışları yüklü parçacıklarınkinden oldukça farklıdır. γ -ışınları atomun elektronları ile etkileşmelerinde enerjisinin büyük bir kısmını hatta tamamını tek olayda kaybedebilir. Pek çok durumda γ -ışınlarından yüklü parçacıklara iletilen kinetik enerjidir. γ -ışınlarının yüklü parçacıklarınki gibi menzilleri yoktur.

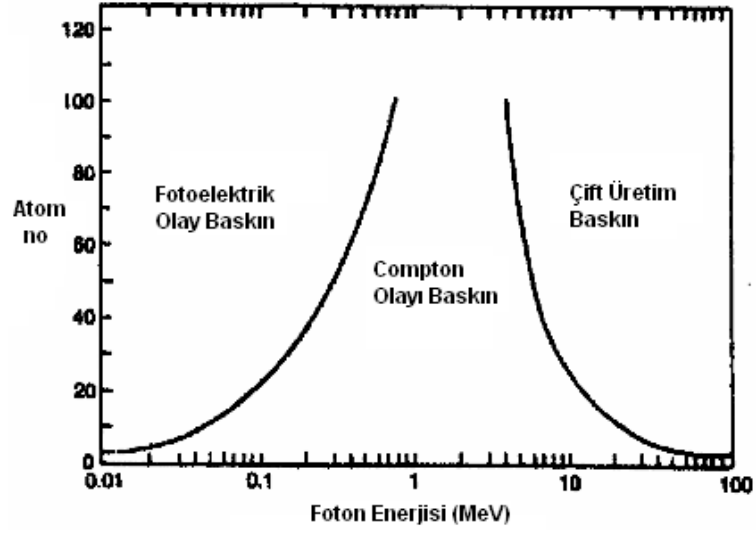
γ -ışınlarını tespit etmek için çeşitli yöntemler ve cihazlar kullanılır. Bu cihazlar, gama ışınlarının madde ile etkileşimlerini algılayarak onların varlığını ve bazen de enerji seviyelerini belirleyebilir. γ -ışınlarının tespitinde Sintilasyon Sayacı, Yarı İletken Dedektörler, Gaz-İyonizasyon Dedektörleri kullanılan bazı yaygın yöntemlerdir. γ -ışını yayan bazı yapay radyoaktif çekirdekler yarı-ömürleri ve yayınladıkları radyasyon türleri ile birlikte Çizelge 1.1’de sunulmaktadır.

Çizelge 1.1. γ -ışınması yapan bazı yapay radyoaktif çekirdekler (Kurnaz, 2009 kaynağından uyarlanmıştır)

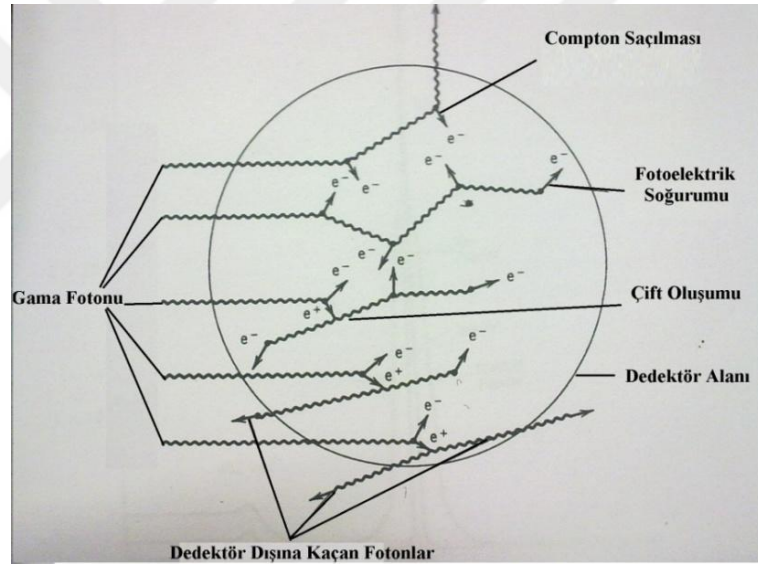
Radyonüklit	Yaptığı Işıma	Yarı Ömrü
^{60}Co	β, γ	5,3 yıl
^{65}Zn	γ	244 gün
^{131}I	β, γ	8,04 gün
^{137}Cs	β, γ	30,17 yıl
^{155}Eu	β, γ	4,96 yıl
^{239}Pu	α, γ	$2,4 \times 10^2$ yıl

Gama ışınının madde ile etkileşmesinde fotoelektrik olay, Compton ve Thomson saçılması ile çift oluşumu olmak üzere üç önemli mekanizma vardır. Düşük foton enerjilerinde ve büyük atom numaralı atomlarda fotoelektrik olay baskındır. Enerji değeri arttıkça, fotonun soğurulma olasılığı azalacağından dolayı, çarptığı atom tarafından soğrulmayacak fakat Compton saçılmasına uğrayacak ve saçılacaktır. 5 MeV’in üzerindeki enerjilerde ise çift oluşum baskın hale gelecektir. Tüm bu etkileşimler arasındaki ilişki Şekil 1.5’te verilen bir grafikte gösterilmektedir.

Yarı-iletken bir dedektöre gelen gama radyasyonu için bahsedilen bu olayların dedektör içerisinde gerçekleşmesine dair şematik gösterim Şekil 1.6’da verilmiştir.



Şekil 1.5. Fotoelektrik olay, compton olayı ve çift oluşumunun baskın olduğu bölgeler (Krane, 2001)



Şekil 1.6. Yarı-iletken bir dedektöre gelen gama radyasyonu için dedektörde meydana gelen bazı olası saçılmalar (Karakılıç, 2013)

1.1.3.1. Fotoelektrik olay

Fotoelektrik olay, ışığın veya diğer elektromanyetik radyasyonun metal gibi bir yüzey üzerine düşmesiyle bu yüzeyden elektronların kopması olayıdır. Bu fenomen, modern fizik ve kuantum mekaniğinin temellerinden birini oluşturur ve özellikle enerji, elektronik ve malzeme bilimleri alanlarında önemli uygulamalara sahiptir.

Fotoelektrik olayda, metal yüzeye çarpan fotonların enerjisi, yüzeydeki elektronların metalin yüzeyinden ayrılarak serbest hale gelmeleri için gereken minimum bağlanma enerjisinden büyük veya ona eşit olmalıdır. Etkileşim sonrası dışarıya fırlatılan elektrona fotoelektron denir (Eğer fotonun enerjisi bu değerden düşükse, fotoelektrik etki gözlemlenmez). Bu olay neticesinde oluşan elektron boşluğu dış yörüngedeki başka bir elektron tarafından doldurulur ve bu sırada X-ışını yayımlanır.

Fotoelektrik olay sırasında, gelen fotonun enerjisinin bir kısmı elektronu bağlı olduğu atomdan koparabilmek için harcanır, geri kalan kısmı ise koparılan elektrona kinetik enerji olarak aktarılır. Gelen fotonun sahip olduğu enerji Eşitlik 1.1'de verilmektedir (Akkoyun, 2003).

$$hf = E_b + E_k \quad (1.1)$$

Bu eşitlikte: h , planck sabiti; f foton frekansı; E_b elektron bağlanma enerjisi ve E_k elektron kinetik enerjisini temsil etmektedir.

1.1.3.2. Compton ve Thomson saçılması

Compton ve Thomson saçılması, foton-madde etkileşimlerinin farklı enerji rejimlerindeki davranışlarını temsil eder. Thomson saçılması, optik ve düşük enerjili uygulamalar için önemliyken, Compton saçılması yüksek enerjili fotonların davranışını anlamak için kritik öneme sahiptir.

Compton Saçılması, atoma gevşek olarak bağlanmış bir dış yörünge elektronu, enerjisi kendisine kıyasla yüksek enerjili fotonların (örneğin X-ışınları veya gamma ışınları) çarpışması sonucunda meydana gelen olaya denir. Elektron kütleli bir parçacık olduğu için fotonun bütün enerjisini absorblaması momentumun korunumu gereği mümkün değildir. Dolayısıyla foton, enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır saçılıma uğrayarak yoluna devam eder. Foton ile

elektron arasında oluşan açılı fotonun enerjisine bağlıdır. Gelen fotonun dalga (λ_i) boyu ile saçılan fotonun dalga boyu (λ_f) arasındaki fark,

$$\Delta\lambda = \lambda_f - \lambda_i = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\theta) \quad (1.2)$$

ile verilir. Buradaki h/m_0c Compton dalga boyu olarak adlandırılır. Enerjileri 0,5 - 2,0 MeV arasında olan fotonların hafif elementlerden oluşan ortamlar tarafından soğurulmasında bu olay diğerlerine göre daha önemlidir. Yüksek enerjili fotonlar enerjileri belirli bir seviyeye düşene kadar Compton saçılmasına uğrarlar bu andan sonra da fotoelektrik olayla absorblanırlar. Çünkü, sadece Compton saçılması ile fotonlar tamamen soğurulamazlar.

Thomson saçılması, düşük enerjili fotonların (örneğin görünür ışık veya daha düşük enerji seviyeleri) serbest veya bağlı elektronlar tarafından elastik bir şekilde saçılması olayıdır. Bu süreçte, fotonun enerjisi ve yönü büyük ölçüde korunur. Saçılmada, saçılan fotonun enerjisi gelen fotonun enerjisine eşittir, fakat saçılan fotonun yönü değişmiştir (Akkoyun, 2003).

1.1.3.3. Çift oluşumu

Compton ve fotoelektrik olaylarına göre çift oluşum daha nadir meydana gelen bir etkileşimdir. Çift oluşumu, yüksek enerjili bir fotonun (genellikle gamma ışını düzeyinde) bir atom çekirdeği veya başka bir elektronun yakınından geçerken, kütlesi olmayan fotonun enerjisinden çekirdek yakınında aynı anda biri negatif yüklü (elektron) diğeri pozitif yüklü (pozitron) olmak üzere iki parçacık oluşur. Böylece, elektromanyetik bir dalgadan madde oluşur. Elektron ve pozitronun kütleleri ve yükleri eşit fakat zıt işaretlidir. Elektron ve pozitronun durgun kütle enerjisi $m_0c^2 = 0,511$ MeV'dir.

$$hf = m_{e^+} + m_{e^-} + T_{e^+} + T_{e^-} \quad (1.3)$$

Teorik olarak böyle bir çift oluşumunun meydana gelebilmesi için, Eşitlik 1.3'e göre fotonun enerjisinin en az $2 \times 0,511 = 1,022$ MeV olması gerekir. Foton

enerjisinin daha büyük olduğu durumlarda ise bu enerjinin arta kalan kısmı elektron ve pozitrona kinetik enerji olarak aktarılır. Oluşan elektron, atomla serbest elektronlar gibi etkileşirken, pozitron ise bir yörünge elektronu ile birleşir ve zıt yönlü iki foton salarak yok olur. Bu foton ise fotoelektrik yolla soğurulur. Pratikte çift oluşumu, 2 MeV den daha büyük enerjili fotonlar ve ağır elementler için daha baskındır (Akkoyun, 2003).

1.1.4. Radyasyon birimleri ve radyasyon ölçümlerinde kullanılan nicelikler

Radyasyon ölçümleri, çeşitli nicelikler ve birimler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu ölçümler, radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerini değerlendirmede ve çevresel radyasyon seviyelerini izlemede kritik öneme sahiptir. Radyasyonun hedef kütle üzerinde meydana getireceği etki; radyasyon tipine, doz hızına ve doza maruz kalma süresi gibi çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu yüzden, iyonlaştırıcı radyasyon özelliğine sahip radyoaktif maddenin, bozunma hızı, meydana getirdiği iyonizasyon, enerji soğrulması ve biyolojik etkinlik birimlerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu konuda çalışan bilim insanlarının radyasyon ile ilgili ortaya çıkardığı birimler, ICRU (International Commity of Radiation Units: Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi) tarafından SI birim sistemine uyarlanmıştır (SI, 2019) (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Radyasyon birimleri

Nicelik	Eski birim	Sembol	Yeni birim	Sembol	Bağıntı
Aktivite	Curie	Ci	Becquerel	Bq	$1 \text{ Bq} = 2,703 \times 10^{-11} \text{ Ci}$
Işınlama	Röntgen	R	Coulomb/kilogram	C/kg	$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
Soğrulan doz	Rad	rad	Gray	Gy	$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$
Eşdeğer doz	Rem	rem	Sievert	Sv	$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Radyasyon birimlerini iki gruba ayırmak mümkündür. Radyoaktif bir kaynağın ürettiği radyasyon miktarını gösteren aktivite birimleri ve radyasyonun maddeler üzerindeki etkisi belirleyen soğrulan radyasyon birimleridir.

Aktivite, bir radyoaktif kaynaktan belirli bir zaman dilimi içinde yayılan radyoaktif bozunumların sayısını ifade eder. Birimi Becquerel (Bq) ile ifade edilir. 1 Bq bir saniyedeki bir bozunma sayısına eşittir.

Işınlanma, C/kg cinsinden normal hava şartlarında, havanın 1 kilogramında 1 coulombluk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X-ışını veya gama radyasyonu miktarıdır.

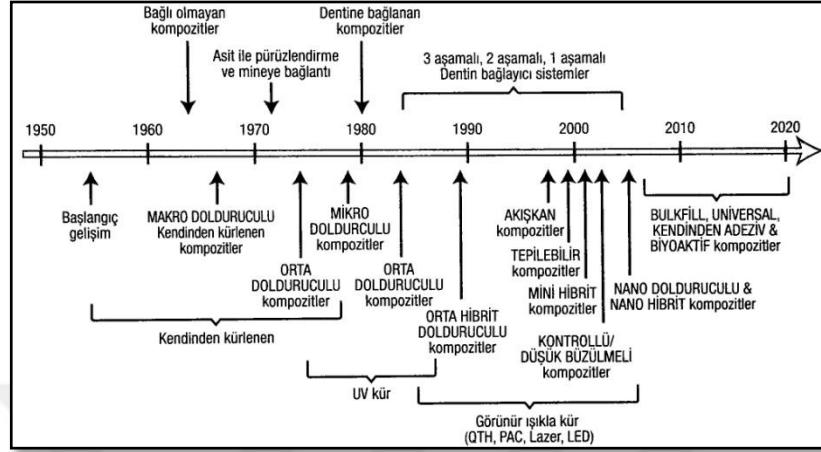
Soğurulan doz, radyasyonun bir maddede biriktirdiği enerji miktarının ölçüsüdür. Bu, radyasyonun biyolojik etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılır. Birimi Gray'dir (Gy). Gy, ısınlanan maddenin 1 kilogramına 1 Joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır.

Eşdeğer doz, soğurulan dozun (radyasyonun türüne göre) meydana getirdiği biyolojik etkiyi ifade eder. Eşdeğer doz birimi Sievert (Sv) olup, soğurulan dozun radyasyon ağırlık faktörü ile çarpılması ile hesaplanır. 1 Sv, 1 Gy'lik X veya γ -ışını ile aynı düzeyde biyolojik etki ortaya çıkaran radyasyon miktarıdır.

1.2. Dental Kompozitler (Kompozit Rezinler)

Estetik görünüm, yapışma kabiliyeti, minimal diş hazırlığı gerektirmesi, diş renginde restorasyon sağlaması ve diş yapısını desteklemesi gibi avantajlara sahip olan dental kompozitler, diş çürükleri ve diş kayıplarının restorasyonu (tamiri) için ve ayrıca estetik iyileştirmeler için modern restoratif diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan etkili bir malzeme grubudur. Dental kompozitlerin kullanım alanları arasında diş dolguları, kaplamalar, diş rengi ve formu düzeltmeleri sayılabilir. Dental kompozitler doğrudan diş yüzeyine uygulandıktan sonra çoğunlukla özel bir dalga boyundaki ışık uygulamasıyla sertleştirilir. İlk dental kompozitler 1950'lerde geliştirilmiştir. 1960'larda Bowen tarafından, günümüzde kullanılan kompozitlerin temelini oluşturan Bis-GMA (bisfenol-A glisidil dimetakrilat) reçinesi geliştirilmiştir. 1970'lerde, mikro dolgulu kompozitler piyasaya sürülmüştür. 1980'lerde, hibrit kompozitler ve ışıkla sertleşen (polimerize olan) kompozitler geliştirilmiştir. Günümüzde,

nanoteknoloji ve diğer gelişmiş teknolojiler kullanılarak daha dayanıklı ve estetik kompozit rezinler üretilmektedir. Dental kompozitlerin tarihçesi ve gelişimi Şekil 1.7’de gösterilmektedir.



Şekil 1.7. Dental kompozitlerin tarihçesi (Shen vd., 2022)

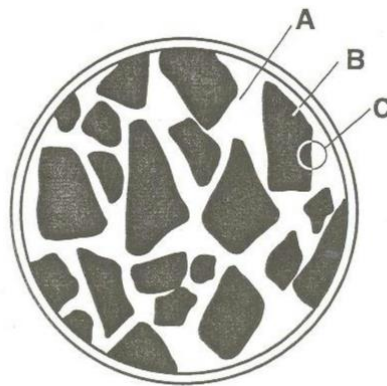
Genel manada kompozitler, istenilen fiziksel veya kimyasal özelliklere sahip bir materyalin ortaya çıkarılması amacıyla bir araya getirilmiş iki veya daha fazla bileşenden oluşan malzemelerdir. Kompozitler, içerisinde organik bir matriks (reçine veya rezin), inorganik doldurucular ve bağlayıcı ajanlar içeren heterojen malzemelerdir (Schneider vd., 2010; Sakaguchi ve Powers, 2012; Kibar, 2016). Doğal diş dokularının estetik ve mekanik özelliklerini taklit etmek amacıyla geliştirilen dental kompozitlerin ana bileşeni rezinlerdir. Rezinler, organik polimerlerdir ve sertleştirici bir madde ile birleştirildiklerinde katılaşabilirler. Genellikle metil metakrilat gibi monomerler kullanılır. Rezinler, diş rengindeki kompozit restorasyonlarına esneklik ve estetik sağlamak için renklendirilebilir. Dental kompozitlerin diğer önemli bileşeni dolduruculardır. Genellikle doldurucular, cam veya seramik partiküllerden oluşur. Bu partiküller, malzemeye dayanıklılık ve direnç kazandırırken, doğal diş rengine benzerliği de artırabilmektedir.

Dişlerdeki çürük ve diğer eksikliklerin veya kusurların iyi bir sonuç sağlanarak onarılabilmesi estetik diş hekimliği açısından önemlidir. Estetik bir restorasyonun ömrü, tedavi yöntemine, hekimin yeteneğine, seçilen dolgu

maddesine, hastanın ağız hijyenine, okluzyonuna (dişlerin arasındaki temas) ve sigara gibi zarar verebilecek maddelerin kullanımına bağlıdır. Diş hekimliğinde estetik restoratif madde olarak; silikat siman, akrilik rezin, cam iyomer siman ve kompozit rezin kullanılmaktadır. Silikat simanlar, 1978 yılında Fletcher tarafından geliştirilmiş ilk şeffaf estetik dolgu maddesidir. Toz ve likit karışımından oluşan bu simanın en önemli özelliği antikaryonejik olmasıdır. Akrilik rezinler, 1930 yılında bulunmuş ve II. Dünya Savaşı nedeniyle 1940 yılından sonra kullanılmaya başlanmıştır. Birim molekül, metil-metakrilattır. Oda sıcaklığında kimyasal yolla polimerize olarak polimetilmetakrilat zincirleri oluşturur. Kompozitlerin geliştirilmesi ile uygulama alanları daralmıştır. Cam iyomer simanlar, 1970 yılında Wilson ve Kent tarafından bulunmuş, 1974 yılında McLean ve Wilson tarafından geliştirilmiştir. Cam iyomer siman, silikat ve polikarboksilat simanın hibrit şeklidir (Dayangaç, 2000). Kompozit rezinler günümüzde; kompozitler, kompozit restoratif materyaller, doldurucu içeren rezinler, kompozit rezinler veya doldurucu içeren kompoziteler biçiminde adlandırılmaktadır.

1.2.1. Kompozit rezinlerin yapısı

Diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan kompozit rezinler; organik polimer matriks faz, inorganik faz ve ara faz olmak üzere üç ayrı fazdan oluşmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Kompozit rezinlerin yapısı (A; organik polimer matriks faz, B; inorganik faz, C; ara faz) (Dayangaç, 2000)

Organik polimer matriks faz, bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bisglisidil metakrilattır (BIS-GMA). İyi adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA) polimer matriks olarak kullanılmıştır. BIS-GMA ve UDMA oligomerleri aşırı derecede viskozdur. Bu nedenle trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) viskoziteyi azaltmak için matrikse ilave edilmiştir. *İnorganik faz* ise, matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuartz (kristalin silika), boroksilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve itriyum cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur. Bunlar kompozit rezinlere bazı özellikler kazandırır. Organik rezinlerde organik polimer matriks fazı ile inorganik faz arasında sıkı bir bağlanma gereksinimi vardır. Bu bağlanma *ara faz* ile sağlanır. Ara faz, organik silisyum bileşiği olan silanlardan oluşur (Dayangaç, 2000).

Kompozit rezinler üzerine yapılmış çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur. Bu çalışmaların sonuçları, hekimin doğru madde ve yöntemi seçebilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fakat diş hekimliğinde kullanılacak ideal bir restoratif materyalden söz etmek hala mümkün değildir. Diş hekimlerinin olumsuzlukları en aza indirebilmek amacıyla restoratif malzemelerin; ısısal genleşme katsayısı, su absorpsiyonu, sudaki çözünürlüğü, mekanik özellikleri, radyoopasitesi, optik özellikleri ve renk tayini gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini çok iyi bilinmesi gerekir (Dayangaç, 2000). Dental malzemelerin renk özellikleri, diş hekimliği uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Restoratif materyallerden biri olan kompozitlerin rengi, doğal diş yapısına uyum sağlamalı ve zamana bağlı olarak kararlılık göstermelidir.

1.2.2. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler inorganik doldurucu partiküllerin büyüklüğüne, bu partiküllerin ağırlık ya da hacim olarak yüzdesine ve polimer matrikse ekleniş biçimlerine, polimerizasyon yöntemlerine, viskozitelerine göre sınıflandırılabilir (Dayangaç, 2000; Kibar, 2016).

1.2.2.1. İnorganik doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelерinde göre kompozit rezinler

İnorganik doldurucu partiküller, çeşitli boyut ve yüzdelерde olabilir ve bu özellikler, dolgu malzemelerinin performansını ve uygulama alanını önemli ölçüde etkiler. Partiküllerin boyut ve yüzdeleri Çizelge 1.3’de sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması (Dayangaç, 2000)

Kompozit Resin	İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü (µm)	İnorganik doldurucu partikül yüzdesi (%)
Megafil	50-100	Bildirilmemiş
Makrofil	10-100	70-80
Midifil	1-10	70-80
Minifil	0,1-1	75-85
Mikrofil	0,01-0,1	35-60
Hibrit	0,04-1	75-80
Nanofil	0,005-0,01	Bildirilmemiş

1.2.2.2. Polimerizasyon yöntemlerine göre kompozit rezinler

Dış hekimliğinde neredeyse tüm kompozit resin türleri aynı gruptaki monomer türlerini ve aynı polimerizasyon sürecini kullanır. Polimerizasyon işlemi vinil içermeyen radikal polimerizasyondur. Kompozit resinlerin polimerizasyon süreci, metakrilat monomer yapısından ısı, kimyasal veya radyant enerji şeklinde bir dış enerjinin serbest radikalini serbest bırakmasıyla başlar. Serbest radikal oluştuğunda monomer, kovalent bağ oluşturmak için elektronca zengin monomeri arar. Bu monomerlerin birleşimi yeni bir polimer oluşturur (Stanburry, 2000; Rueggeberg vd., 2017). Aktivasyon enerjisine bağlı olarak kompozit reçineler kimyasal olarak aktifleştirilen ve ışıkla aktifleştirilen kompozit reçineler olmak üzere iki tipe ayrılır (Stanburry, 2000; Rueggeberg vd., 2017).

Kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinler

Kimyasal olarak aktifleştirilmiş kompozit rezin, her biri farklı macun içeren iki tüpten oluşur. Her iki macun karıştırıldığında polimerizasyon meydana gelir. Tüpler benzoil peroksit başlatıcı ve aromatik tersiyer amin aktivatör içerir (N, N-dimetil-p-toluidin). Her iki macun karıştırıldığında, benzoil peroksit başlatıcı ve aromatik üçüncül amin aktivatörü serbest radikal üretecek ve polimerizasyon başlayacaktır (Riva ve Rahman, 2019).

Işıkla polimerize olan kompozit rezinler

Işıkla aktifleştirilen kompozit rezin, bir şırınga içindeki bir tür macundan oluşur. Macun, ışığa duyarlılaştırıcı ve amin başlatıcıdan oluşur. Kompozit rezin macunu 468 – 470 nm dalga boyu ile aydınlatıldığında rezin serbest radikal oluşturacaktır. Yaygın olarak kullanılan ışığa duyarlılaştırıcı, 400 – 500 nm dalga boyundaki ışığı emebilen kamforokinondur ve rezindeki bileşim, kompozit rezin macununun ağırlığının $\leq$ % 0,2'sidir. Kamforokinon ile birlikte kullanılan amin başlatıcı tipi dimetilaminoetil metakrilattır (DMAEMA). Resinin bileşimi, kompozit rezin macununun ağırlığının $\leq$ % 0,15'idir. Kompozit rezin kamforokinon ile aydınlatıldığında serbest radikal üretmek üzere DMAEMA'yı uyuracak ve onunla etkileşime girecektir (Rueggeberg vd., 2017).

Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olan kompozit rezinler

Hem ışık hem de kimyasal olarak aktive olan kompozit rezinlerdir.

1.2.2.3. Viskozitelerine göre kompozit rezinler

Kondanse olabilen kompozitler ve akışkan kompozitler olmak üzere ikiye ayrılırlar (Altun, 2005). Kondanse olabilen kompozitler, özellikle arka dişlerde kullanılan ve diş boşluklarına yerleştirildikten sonra sıkıştırılarak uygulanan dental dolgu malzemeleridir. Yüksek viskoziteye ve doldurucu partikül içeriğine sahip oldukları için mekanik dayanımları ve aşınma dirençleri yüksektir. Bu

özellikleri sayesinde, çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklıdırlar ve uzun ömürlü dental restorasyonlar sağlarlar. Akışkan kompozitler, düşük viskoziteye sahip olup diş boşluklarına kolayca akan ve ulaşılması zor bölgelerde etkili bir şekilde uygulanabilen dental dolgu malzemeleridir. Yüksek akışkanlıkları sayesinde, küçük kaviteilerin ve diş arası boşlukların doldurulmasında kullanılırlar. Genellikle ince bir tabaka olarak uygulanarak daha sert kompozitlerle desteklenirler ve diş hekimliği tedavilerinde yüksek adaptasyon ve estetik sağlarlar.

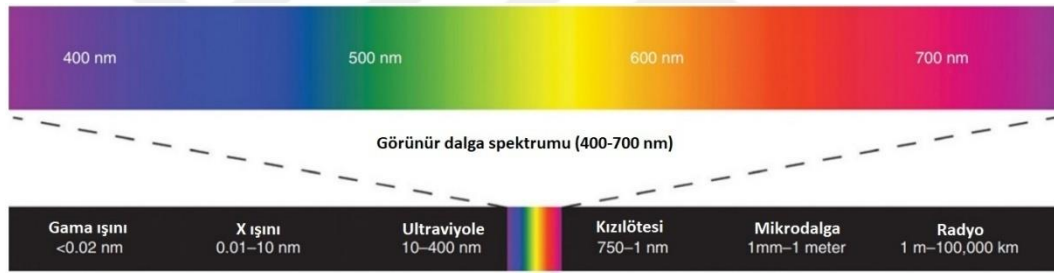
1.3. Renk ve Optik Etkiler

Bir renk, aynı sistemin içinde üç ayrı oluşumun birbirini izlemesi sonucu oluşur. Fiziksel sistemde renk, ışığın, ölçüler ve rakamlarla geniş şekilde incelendiği bir fiziksel olaylar topluluğudur. Fizyolojik sistemde renk, ışığın, göz retinası üzerinde ve sinirlerde meydana getirdiği değişimdir. Psikolojik sistemde renk, çeşitli ışık etkilerinin beyinde uyandırdığı etkilerdir. Bu sistemde göz, ışık ve beyin arasındaki ilişkiyi kuran araçtır.

Restoratif maddelerin estetik görünüşleri; renk, şeffaflık (transluseri) ve düzgünlük (yüzey pürüzlüğü) gibi özelliklerden etkilenir. Restorasyonlar renk açısından doğal dişlerle uyumlu olmalıdır. Bu açıdan, genel amaçlı, tekniğe duyarsız, doğrudan dolgulu, diş renginde, rengi kararlı bir restoratif materyalin geliştirilmesi, mevcut dental materyal araştırmalarının en ciddi zorluklardan biri olmaya devam etmektedir (Shen vd., 2022). Bir dişin rengi, mine kalınlığı ve dentin rengi ile belirlenir. Mine renksizdir, dentin rengi ve diğer renkleri yansıtır. Dişin insizal kenarı minenin o bölgede kalın olması nedeni ile gri-mavimsi; servikal kenarı ise o bölgede ince olan minenin altındaki dentin rengini yansıması nedeni ile sarımsı görünür. Ayrıca kullanılan ilaçlar, yaş, aşınma, genetik gibi etkenler dişlerin renk yoğunluklarında farklılık oluştururlar (Dayangaç, 2000).

Fiziksel olarak ışık, dalga boyu nanometre cinsinden ölçülen ve insan gözünün algılayabildiği elektromanyetik radyasyon olarak tanımlanabilir (Wee, 2006). Işığın doğasının anlaşılması, gözün ışığı nasıl algıladığı ve beynin ışığı renk olarak

nasıl yorumladığı, estetik olarak diş hekimliği açısından çok önemlidir (Shammas ve Alla, 2011). Göz, elektromanyetik spektrumun 400 (mor) ile 700 (koyu kırmızı) nm dalga boylarına sahip dar bir bant olan görünür kısma duyarlıdır (Chu vd., 2004). Daha kısa dalga boylarında ultraviyole, x ve gama ışınları bulunur; daha uzun dalga boylarında kızılötesi radyasyon, mikrodalgalar, televizyon ve radyo iletim dalgaları bulunur (Şekil 1.9). Bir nesnenin görünür olması için, harici bir kaynaktan gelen ışığı yansıtması veya geçirmesi gerekmektedir. Gelen ışık genellikle çok renklidir. Yani, genellikle beyaz ışık olarak bilinen çeşitli dalga boylarının bir karışımıdır. Gelen ışık, bir madde üzerine düştüğünde, belirli dalga boyları madde tarafından absorblanır ve maddenin rengini belirleyecek olan spesifik dalga boyundaki ışık madde tarafından yansıtılır veya saçılır. Ayrıca, maddenin geçirgenliğine bağlı olarak gelen ışığın bir kısmı madde tarafından geçirilebilir.



Şekil 1.9. Elektromanyetik spektrum (Wee, 2016)

Gökkuşağı gibi spektral olaylar insanlar tarafından eski çağlardan beri bilinmesine rağmen, spektroskopi bir bilim olarak 17. yüzyılda ortaya çıkmıştır. O dönemde Sir Isaac Newton, güneş ışığı ve prizmalarla deneyler yaparak beyaz ışığın yedi görünür renkten oluştuğunu ilk kez ortaya koymuş ve ışık olmadan rengin var olmadığını kanıtlamıştır (Newton, 1704). Rengin algılanmasını sağlayan ışığın nesneyle etkileşimidir (Agrawal ve Kapoor, 2013). Rengin algılanması; ışık kaynağı, gözlemci ve nesne olmak üzere üç unsurun birleşimine dayanır (Burkinshaw, 2004).

Işık kaynağı: Renk uyumunda ışık kaynağı en önemli unsurdur. Doğal ışık, uygun renk uyumu için, gün ortasında oluşan ideal ışık kaynağıdır (Agrawal ve Kapoor, 2013). Doğal güneş ışığının son derece değişkendir. Renk çalışmalarında her

zamanda ideal koşulların sağlanamamasından dolayı yapay aydınlatmanın kullanılması gerekmektedir (Agrawal ve Kapoor, 2013). Görsel renk uyumu sırasında uygun kalitede ışık kaynağı kullanılmalıdır. Bir ışık kaynağı seçerken uygun spektral enerji dağılımına ve renksel geriverim indeksine (CRI) sahip uygun renk sıcaklığı dikkate alınmalıdır. Renk sıcaklığı, ısıtıldığında standart bir siyah cismin rengiyle ilişkilidir ve Kelvin (K) derecesi veya mutlak ($0^{\circ} K = -273^{\circ} C$) cinsinden rapor edilir. Buna göre $1000^{\circ} K$ kırmızıdır; $2000^{\circ} K$ sarıdır; $5555^{\circ} K$ beyazdır; $8000^{\circ} K$ soluk mavidir. D65 ($6500^{\circ} K$), insan gözlemciler tarafından algılanan beyaz ışığın gerçek renk sıcaklığı olarak kabul edilir (Romney ve Indow, 2002). Dış hekimliğinde renk ile ilgili uygulama ve araştırmalarda D65, görsel renk uyumu için standart aydınlatma olarak kullanılmaktadır (Wee, 2006).

Nesne: Nesnelerin kendilerine ait renkleri yoktur (Shammas ve Alla, 2011). Görüntülenen nesne, ışık enerjisinin tamamını veya bir kısmını yansıtarak, soğurarak, geçirerek veya kırarak üzerine düşen ışığı değiştirir, böylece renk üretilir. Beyaz bir nesne ışığın tüm dalga boylarını yansıtır, ancak siyah bir nesne ışığın tüm dalga boylarını absorplar.

Gözlemci: Görme olgusu ve ilgili terminoloji, insan gözünün bir nesneden yansıyan ışığa tepkisi dikkate alınarak açıklanabilir. Göze bir nesneden gelen ışık retinada odaklanır ve beyne iletilen sinir uyarılarına dönüştürülür. Bir nesneden yansıyan ışık, retinanın renk algısını sağlayan koni ve çubuk hücrelerini uyarır (Paravina, 2018). Çubuk hücreleri skotopik (tek renkli, düşük ışık seviyesi) görüşten, koni hücreleri ise fotopik (orta/yüksek ışık seviyesi) görüşten sorumludur (Burkinshaw, 2004). Çubuk hücreleri, cismin şekli ve parlaklığının algılanmasından, Koni hücreleri ise cismin renginin algılanmasından sorumludur.

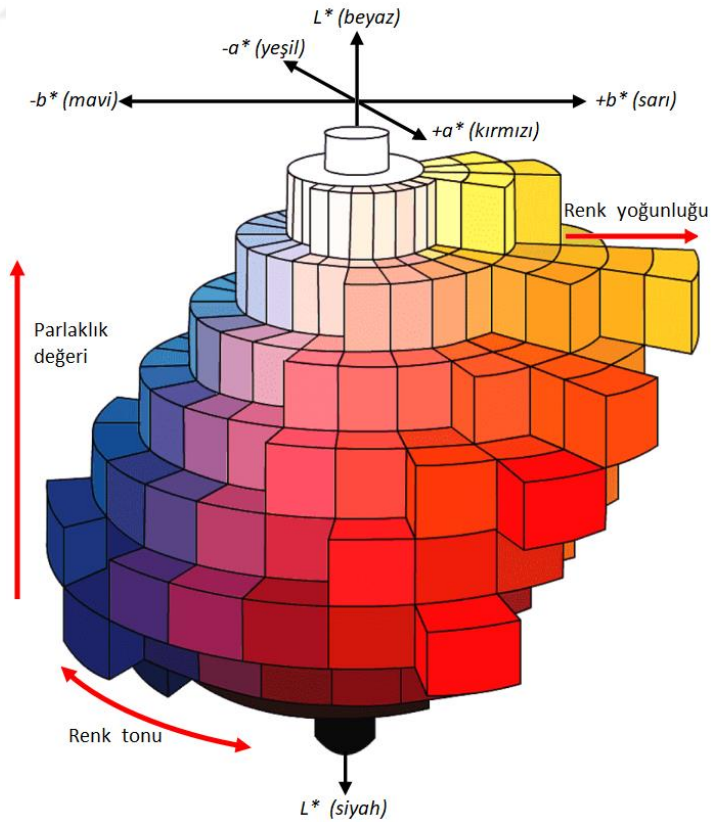
1.3.1. Renk sistemleri

20. yüzyılın başlarından günümüze kadar renkleri matematiksel olarak ölçmek için geliştirilen birçok farklı sistem bulunmaktadır (Makhloota vd., 2021). Görsel olarak tanımlayıcı Munsell ve daha niceliksel olan CIE (Commission International

de l'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renk sistemleri yaygın kullanılan sistemlerdir (Wee, 2016).

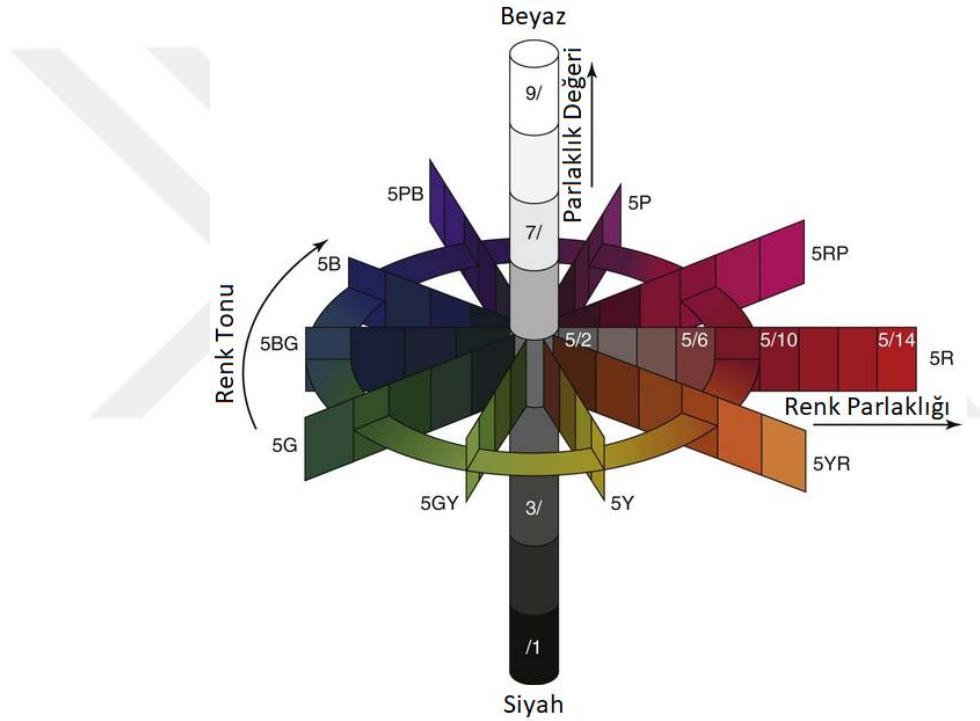
1.3.1.1. Munsell renk sistemi

Diş renginin sözel olarak kesin tanımlanması mümkün değildir. Bu sorunun üstesinden gelinebilmesi için, rengi tanımlamada munsell renk sisteminden faydalanılmaktadır. Prof. Albert D. Munsell, 20. yüzyılın başında value (değer veya parlaklık), kroma (doygunluk veya renk yoğunluğu) ve hue (renk tonu) boyutlarını içeren bir 3 boyutlu renk çarkı sunmuştur (Cochrane, 2014) (Şekil 1.10). Şekil 1.10'da gösterilen renk çarkında; munsell üç boyutlu renk uzayında, kırmızı oklar rengin 3 değişkenini göstermektedir; rengin tonu (hue), parlaklık veya değer (value) ve doygunluk veya renk yoğunluğudur (kroma). Parlaklık değeri siyahtan beyaza doğru artar, renk yoğunluğu merkezden radyal olarak artar ve renk tonu değişiklikleri çevresel yönde meydana gelir. Siyah oklar CIE $L^*a^*b^*$ ekseninin üç koordinatını göstermektedir.



Şekil 1.10. Munsell üç boyutlu renk uzayı ve CIE $L^*a^*b^*$ eksenleri

Renk parlaklık değeri beyaza yaklaştıkça daha açık, siyaha yaklaştıkça daha koyu değer olarak tanımlanır. Dişler veya diğer nesneler daha açık tonları daha yüksek değer, daha koyu tonlar daha düşük değer olarak ayrılabilir. Renk tonu, bir nesnenin baskın rengidir. Renk yoğunluğu ise, belirli bir renk tonunun doygunluk derecesidir ve değer eksenine dik olup radyal olarak değişmektedir. Renk uzayının bileşenleri, siyahtan beyaza, 0 ile 10 arasında değer eksenini boyunca üst üste koyulan diskler gibi görülür. Çevresinde ise 10 temel renk vardır (Şekil1.11) (Shen vd., 2022).



Şekil 1.11. Munsell renk uzayındaki ton, değer ve parlaklık (Y: Sarı, YR: Sarı-Kırmızı, R: Kırmızı, RP: Kırmızı-Mor, P: Mor, PB: Mor-Mavi, B: Mavi, BG: Mavi Yeşil, G: Yeşil, GY: Yeşil-Sarı) (Sakaguchi ve Powers, 2012)

1.3.1.2. CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi

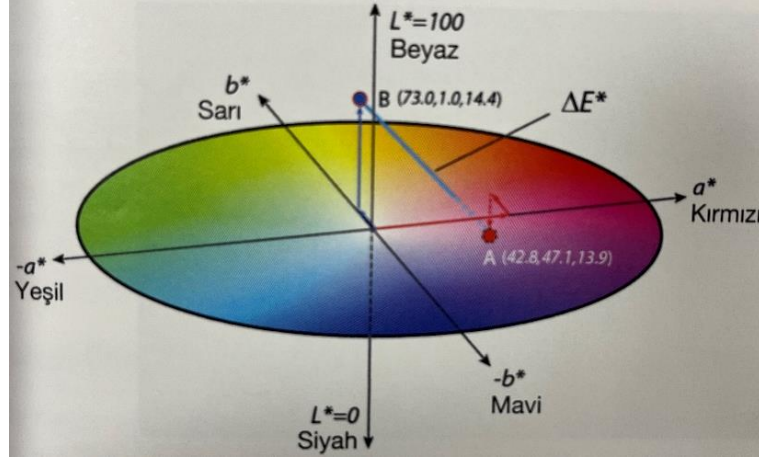
Görsel renk eşleştirmeleri klasik olarak renk klavuzları ile gerçekleştirilmektedir. Spektrofotometreler ise bu duruma bir standart getirerek matematiksel işlemlere dayalı, standartlaştırılmış, her renk için bir sayısal kod tasviri ile popüler bir renk eşleştirme aracı haline gelmiştir (Yıldırım vd., 2021).

Kompozit rezinlerin renk değişim miktarının belirlenmesinde spektrofotometre kullanımı yaygındır. CIE renk değerlendirmesinde sık kullanılan sistemlerden biridir (Joiner, 2004).

CIE, 1931'de renkleri tanımlamak için bir enstrümantal renk ölçümü sistemi başlattı (Burkinshaw, 2004). Tanımlanan ilk renk uzaylarından biri CIE XYZ'dir. Bu sistem, insan gözünün renk algısını sayısal olarak ifade etmek için tasarlanmıştır. Renkler arası farklılıkları nesnel bir şekilde ölçmek için kullanılır. CIE XYZ uzayından türetilen CIE $L^*a^*b^*$ renk modeli, 1976 yılında tanıtıldı (İbraheem vd., 2012). CIE $L^*a^*b^*$ sisteminin temel avantajı, renk farklılıklarının görsel algı ve klinik önemle ilişkilendirilebilecek birimlerle ifade edilebilmesidir (Vadher vd., 2014). CIE renk sistemi, eşit algılanan renk farklılıklarına karşılık gelen eşit mesafelere sahip tek tip bir renk alanını temsil eder. Bu üç boyutlu renk uzayında üç eksen L^* , a^* ve b^* dir. L^* , 0 (siyah) ile 100 (beyaz) parlaklık değerini; a^* , değeri yeşilliğin (negatif a^*) veya kırmızılığın (pozitif a^*) miktarını; b^* , değeri mavilik (negatif b^*) veya sarılık (pozitif b^*) miktarını temsil eder (CIE, 2004). CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayında iki renk arasındaki fark:

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1.4)$$

formülü ile belirlenir (Şekil 1.12). Örneğin Şekil 1.12'de verilen A ve B noktalarının koordinatları $L_A^*=42,8$, $a_A^*=47,1$ ve $b_A^*=13,9$; B harfinin üzerindeki noktanın koordinatları $L_B^*=73,0$, $a_B^*=1,0$ ve $b_B^*=14,4$ tür. İki nokta arasındaki renk farkı Eşitlik 1.4 ile hesaplanmaktadır (Shen vd., 2022)



Şekil 1.12. A ve B noktalarındaki CIE L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının örnek gösterimi (Shen vd., 2022)

CIE $L^*a^*b^*$ sisteminin avantajı küçük renk değişikliklerinin tespitine imkan vermesi olup, sistemdeki, renk değişikliğinin büyüklüğü ΔE_{ab}^* ile ifade edilir.

$\Delta L = L_1^* - L_2^*$, $\Delta a = a_1^* - a_2^*$ ve $\Delta b = b_1^* - b_2^*$ şeklindedir. L_1^* , a_1^* ve b_1^* değerleri örneklerin spektrofotometrede ölçülen ilk değerlerini, L_2^* , a_2^* ve b_2^* değerleri ise yaşlandırmadan sonra ölçülen değerleri temsil etmektedir.

ΔE_{ab}^* büyüklüğü ne kadar fazla ise insan gözü için daha algılanabilir olur. Hesaplanan ve algılanan renk farkını arasındaki doğrulamayı daha iyi hale getirmek için renk farkının değerlendirilmesinde aydınlatma ve görme koşullarının etkisinin hesaba katıldığı parametreler ile CIE-DE2000 formülünü oluşturmuştur (ΔE_{00}) (Luo vd., 2001). Eşitlik 1.5 ile verilen CIE-DE2000 formülünün kullanılarak yapılan çalışmalar da bulunmaktadır.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2} \quad (1.5)$$

ΔE_{00} hesaplamalarında kullanılan $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$ değerleri parlaklık, doygunluk ve renk tonundaki değişimleri ifade ederken R_T (rotasyon fonksiyonu) ise mavi bölgedeki doygunluk ve ton farklılıkları arasındaki etkileşimin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Ağırlık fonksiyonları S_L , S_C , S_H ise L^* , a^* , b^* koordinatlarındaki renk farklılık çiftlerinin lokasyonunu toplam renk farklılığı varyasyonuna

uyumlandırmaktadır. Parametrik faktörler K_L , K_C , K_H ise deney koşullarındaki düzeltme koşullarını ifade eder. Çalışmalarda genel olarak ΔE_{00} renk farklılığı formülündeki parametrik faktörler 1 olarak alınmaktadır (Sharma vd., 2005). Bu sistemle ilgili olarak algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{00}=0,8$ olarak, kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{00}=1,8$ olarak güncellenmiştir (Paravina vd., 2015). Çalışmamızda Eşitlik 1.4'te verilmiş olan ΔE_{ab}^* renk farkı formülü kullanılmıştır.

1.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü

Renk eşleştirme için iki ana yöntem vardır; çıplak gözle değerlendirme yapmak için renk kılavuzunun kullanıldığı görsel yöntem ve renk eşleştirme cihazlarının kullanıldığı enstrümantal yöntem (Borse ve Chaware, 2020).

1.4.1. Geleneksel görsel yöntem

Görsel renk eşleştirme, hangi sekmenin veya şerit kombinasyonunun en iyi eşleşmeyi oluşturduğunu belirlemek amacıyla bir renk kılavuzundaki farklı renk örneklerinin doğal dişlerle doğrudan görsel olarak karşılaştırılmasını içerir. Ancak görsel yöntem oldukça subjektiftir ve genellikle bu yöntem birçok faktöre ve gözlemcinin radyant enerji uyarımına verdiği psikolojik ve fizyolojik tepkilere dayanır (Ragain, 2016; Borse ve Chaware, 2020). Aydınlatma koşulları, duygular, yaşlanma, yorgunluk, metamerizm, nesne ve aydınlatıcı konumu gibi kontrol edilemeyen faktörlerden kaynaklanabilecek aksaklıklar görsel renk eşleştirmesini tutarsızlaştırabilir (Agrawal ve Kapoor, 2013). Görsel eşleştirme araçlarına renk kılavuzları adı verilir (Paravina, 2018). Renk kılavuzunun ana avantajı genellikle hemen hemen her yerde kullanılabilmesi ve daha ucuz olmasıdır. Şu anda kullanılan en popüler renk tonu kılavuzları şunlardır:

Vita klasik renk klavuzu

Çok popüler bir renk tonu kılavuzudur ve 1960'lı yıllardan beri kullanılmaktadır (Shammas ve Alla, 2011). VITA klasik renk tonu kılavuzu on altı sekme içerir. A'dan D'ye sekme düzenlenmiştir. Dört grup renk tonuna göre oluşturulur: A

kırmızımsı-kahverengi (A1, A2, A3, A3.5, A4); B, kırmızımsı-sarı (B1, B2, B3, B4); C, gri (C1, C2, C3, C4); D, kırmızımsı-gridir (D2, D3, D4) (Şekil 1.13). Gruplar içerisinde sekme düzeni azalan değer ve artan kroma esasına göredir. Ancak son zamanlarda yönelim, renk kılavuzlarını azalan değer sırasına göre düzenlemektedir (en açıktan, en koyuya: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, A3, D3, B3, A3,5, B4, C3, A4, C4) (Shen vd., 2022).



Şekil 1.13. VITA klasik renk tonu kılavuzu (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) (VITA, 2024a)

VITA diş kılavuzu 3D-master (VITA toothguide 3D-master)

3D-Master renk tonu kılavuzu, rengin üç bileşenine (Value, kroma ve hue) göre doğru bir şekilde değerlendirmek için 1990'ların başında Vita tarafından tanıtıldı. 3D-Master, diş rengi kılavuzları, diş renginin üç boyutlu analizini yapmak için kullanılır. Sekmeler Klasik kılavuzdaki gibi rastgele değil, mantıksal ve sistematik olarak düzenlenmiştir (Shammas ve Alla, 2011). VITA Toothguide 3D-Master, parlaklık değerine göre altı gruba ayrılmış (0 ile 5 sayısal değer aralığında), yirmi dokuz sekme içerir. Gruplar içinde, sekmeler yatay olarak renk tonuna göre ve dikey olarak kromaya göre düzenlenmiştir (Paravina, 2018) (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. VITA Toothguide 3D-MASTER renk tonu klavuzu (VITA, 2024b)

Chromascop Renk Kılavuzu

Chromascop, VITA klasik ile aynı grup bölme prensibine sahip özel bir renk kılavuzudur (Paravina, 2018). Chromascop, renk tonunu ayırt etmek için sayılar kullanır; örneğin beyaz için (100), sarı için (200), turuncu için (300), gri için (400), kahverengi için (500). Kroma, başka bir sayı seti ile belirlenir; 40 yüksek kromalı ancak düşük value değerine sahip, 10 düşük kromalı ancak yüksek value değerlidir (Shammas ve Alla, 2011) (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Chromascop renk tonu kılavuzu (Ivoclar - Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) (Ivoclar, 2024)

1.4.2. Enstrümantal yöntem

Görsel renk eşleştirme yöntemindeki tutarsızlıkları ve sınırlamaları azaltmak için enstrümantal renk eşleştirme diş hekimliği pratiğine sunulmuştur (Ragain,

2016). Enstrümantal yöntemlerde ölçümler, hızlı ve objektif olduğundan, görsel yöntemlere göre bir avantaj sunar (Sikri, 2010). Bilgisayar destekli renk analizinin görsel yöntemle göre daha tutarlı ve daha doğru olduğunu birçok çalışma kanıtlamıştır (Bhat vd., 2011). Enstrümantal yöntemin en önemli dezavantajından biri, geleneksel yöntemlere göre daha maliyetli olmasıdır (Borse ve Chaware, 2020). Birbirini tamamlayan görsel ve enstrümantal yöntemlerin bir arada kullanılması daha olumlu estetik sonuçlara yol açabilir (Paravina, 2018). Tüm renk eşleştirme cihazları bir sinyal koşullandırıcı, bir dedektör ve sinyali dış tedavisi için kullanılabilir veriler üreten bir yöntemle işleyen bir yazılım içerir (Smitha ve Savitha, 2017). Bu aletleri kullanırken üreticinin talimatlarına uyulmalıdır (Ragain, 2016). Renk eşleştirme için kullanılan üç temel cihaz türü vardır; kolorimetre (Burkinshaw, 2004; Ivan ve Rade, 2009), spektrofotometre (Okubo vd., 1998; Ivan ve Rade, 2009; Chu, 2010; Ragain, 2016) ve dijital kamera (Agrawal ve Kapoor, 2013; Ragain, 2016; Paravina, 2018).

1.5. Motivasyon

Radyonüklitlerden yayınlanan radyasyonun canlılar üzerinde biyolojik etkileri olabildiği gibi günlük yaşamda kullandığımız malzemeler üzerinde de fiziksel etkileri söz konusudur. Radyasyonun malzemenin rengini değiştirebilme özelliği de bu etkiler arasında sayılabilir. Estetik kaygıların ön planda olduğu dental malzemelerden olan, kompozit rezinlerin doğal gama radyasyonuna maruz kaldığında, renk kararlılığının nasıl etkileneceği bu tezin ana motivasyonudur. Diş hekimliğinde çeşitli hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemlerinin ardından restoratif materyallerde meydana gelebilecek renk değişimleri spektrofotometrik yöntemlerle ölçülerek belirlenmektedir. Ancak, doğal radyasyonun diş hekimliğinde kullanılan malzemelerin renk değişimi üzerine bir etkisinin olup olmadığı henüz araştırılmamış özgün bir konudur. İlk defa bu çalışmayla doğal gama radyasyonuna maruziyet açısından hızlandırılmış bir yaşlandırma tekniği geliştirilerek dental kompozitlerdeki renk kararlılığı dijital bir spektrofotometre vasıtasıyla incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Estetik restoratif diş hekimliği için diş rengi çok önemlidir ve dental malzemelerin farklı uygulamalar neticesinde doğal diş rengine benzemesi için renk ölçümleri yapılmaktadır (Özkömür ve Ekren, 2011). Son yıllarda dental malzemelerin hızlandırılmış yaşlandırılma veya farklı yöntemlerle renk stabilitesinin nasıl değiştiğinin değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır (Archegas vd., 2011; Polyzois vd., 2013; Alhavaz vd., 2013; Jain vd., 2013; Goiato vd., 2013; Waldemarin vd., 2013; Karaarslan vd., 2013; Biçer vd., 2014; Sagsoz vd., 2014; Dikicier vd., 2014; Oliveira vd., 2015; Karaokutan vd., 2015). Fakat yeryüzünde yaşayan tüm canlı veya cansız varlıklar için kaçınılmaz olan doğal radyasyonun dental malzemelerin renk değişimi üzerine etkisi hakkında yapılmış bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

Doğadaki tüm varlıklar radyasyondan etkilenmektedir. Doğal radyonükleitler çevremizde her yerde bulunur. Diğer canlılar gibi insanlar da bu doğal radyoaktif maddelerin taşıyıcılarıdır (Hutchison ve Hutchison, 1997). İyonlaştırıcı radyasyonun maddeler üzerinde çeşitli etkileri olduğu bilinmektedir (Bölüm 1.1.3.). Gama radyasyonu, iyonlaştırıcı radyasyonun en yüksek enerjiye sahip formlarından biridir. Gama radyasyonunun maddelerin rengi üzerindeki sarartma etkisi kağıt malzemeler (Bicchieri vd., 2016), plastikler (Burgstaller vd., 2021), silika cam (Tsai vd., 2014) gibi bazı materyaller için gösterilmiştir. Gama ışınları ile malzemelerin kontrollü bir şekilde yapay olarak yaşlandırılması mümkündür (Kehoe vd., 2014). Bu işlem sırasında, malzemenin yapısında mikroskobik değişiklikler meydana gelebilir (Uygulanan radyasyonun enerjisine bağlı olarak ısınan maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana gelebilir). Diş hekimliğinde kullanılan kompozitlerde, malzemenin içinde bulunduğu koşullar nedeniyle zamanla renk değişimleri söz konusudur. Restorasyonlarda hastaya uygulanan dental kompozitlerin zaman içerisindeki renk değişiklikleri, estetik kaygılar açısından diş hekimliğinde çalışılan önemli bir konudur. Kompozit rezinlerin uzun dönem renk stabilitesine etki eden nedenlerin araştırıldığı bir çalışmada içsel (endojen) ve dışsal (eksojen) kaynaklı pek çok faktörün etkili olduğu bildirilmiştir (Kıvrak ve Gökyay, 2018). Dental

materyallerin ağız içindeki kimyasal, fiziksel şartlarla boyar ajanlara maruz kalmaları sonucunda içsel ve dışsal renklenme gözlenebilmektedir. Dış renklenme, gıda boyaları ve renkli sıvı tüketimi gibi nedenlerle meydana gelmektedir. İç renklenme ise, materyalin yapısına bağlı olmakla birlikte ultraviyole ışınlar, radyasyon ve termal enerjiye maruz kaldığında gözlenebilmektedir (Buchalla vd., 2002; Ghahramanloo vd., 2008). Renk stabilitesin araştırılabilmesi için kompozit malzemelerde ağız ortamını taklit eden çeşitli yapay (hızlandırılmış) yaşlandırma teknikleri kullanılarak renk ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Bu hızlandırılmış yaşlandırma tekniklerinden bazıları; suda bekletme ile yaşlandırma (water ageing), pH döngüsü ile yaşlandırma (pH cycling), mekanik oklüzal yükleme ile yaşlandırma, ultraviyole ışık ile yaşlandırma ve termal siklus ile yaşlandırmadır (Dursun, 2019; Oskoe vd., 2019). Uygulanan yaşlandırma işleminin sonucunda dental malzemelerde meydana gelen renk değişimleri spektrofotometrik yöntemle ölçülerek belirlenmektedir (Bölüm 1.4.2.). Termal siklus (ısısal döngü) ile yapılan hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi, 1952'den beri diş hekimliğinde en yaygın kullanılan yaşlandırma yöntemidir (Youngson ve Barclay, 2000; Morresi vd., 2014). Bunun yanı sıra literatürde, kahve, kırmızı şarap, kola, çay, bitki çayları, enerji içecekleri ve çocuk içecekleri gibi renklendirici solüsyonların kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerine etkilerini inceleyen araştırmalar da popüler olarak çalışılmaktadır (Patel vd., 2004; Güler vd., 2005; Ertaş vd., 2006; Gökay vd., 2007; Samra vd., 2008; Tunç vd., 2009; Erdemir vd., 2012). Ancak, doğal radyasyonun dental kompozitlerin renk kararlılığı üzerinde bir etkisinin olup olmadığı henüz araştırılmamış özgün bir konudur. İzleyen kısımda, yapay yaşlandırmayla dental kompozit malzemelerin renk değişimi üzerine yapılmış bazı çalışmalar özetlenerek sunulmaktadır. Ayrıca dental malzemelerin gama yaşlandırma işlemi ile incelendiği her hangi bir çalışma bulunmadığından farklı malzemeler üzerine yapılmış gama ışınlaması ile ilgili bazı araştırmalara da bu bölümün sonunda kısaca değinilmiştir.

Gül ve Akgül (2013) yapmış oldukları bir çalışmada, 8 farklı kompozit materyalin iki farklı skala kullanılarak renkleri arasında farklılık olup olmadığının spektrofotometrik olarak karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada vita ile uyumlu renge

sahip 8 farklı kompozit materyal 2 mm kalınlığında ve 8 mm çapında paslanmaz elik kalıp kullanılarak her bir materyalden 10 adet örnek çalışılmıştır. Kompozit materyal arasında da renk farkı olup olmadığının tespiti için kompozit materyaller arasındaki (ΔE_{ab}^*) değerleri hesaplanmış, elde edilen verilerin istatistiksel analizi Tek Yönlü Varyans Analizi ve Tukey testi kullanılarak yapılmıştır.

Biçer vd. (2014) yapmış oldukları çalışmada, termal siklus uygulamasının  indirekt kompozit rezin materyalinin renk stabilitesi üzerine etkisini in vitro olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada, Artglass, Solidex ve Signum olmak üzere üç farklı A2 renk tonunda malzeme kullanılmıştır. Her bir indirekt kompozit rezin materyalinden, 10 adet olmak üzere test örnekleri teflon kalıplar kullanılarak (10 mm çapında, 2 mm yüksekliğinde) hazırlanmış ve 320-500 nm dalga boyunda xenon stroboskopik ışık cihazıyla her iki yüzden 180 s süreyle polimerize edilmiştir. Polimerizasyon sonrası örnekler, orta, ince ve çok ince grit alüminyum oksit diskler ile cilalanmıştır. Polisaj işleminden sonra kompozit rezinler 37° C’de 24 saat kuru olarak bekletilmiştir. Daha sonra, numunelerin ilk renk ölçümleri bir kalorimetre cihazı CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemine göre yapılmıştır. Ardından rnekler sırası ile 5 °C ve 55 °C (± 2 °C) su banyolarında 25’er sbekletilmiş ve banyolar arası geçiş 10 s olacak şekilde 5000 döngülük termal siklusa maruz bırakılmıştır. Termal siklus sonrası, örneklerin renk ölçümleri tekrar yapılmış ve renk değişim değerleri (ΔE^*) tespit edilmiştir. Elde edilen renk değişim değerleri tüm kompozit rezinlerde klinik olarak kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulunmuştur ($\Delta E^* > 3,3$). En fazla renk değişiminin Solidex kompozit rezin için görüldüğü ($\Delta E^* = 6,87$) ve bu değerin Artglass ($\Delta E^* = 4,87$) ve Signum ($\Delta E^* = 5,27$) lmlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu bildirilmiştir ($p > 0,05$).

Oliveira vd., (2015) dental malzemeleri farklı şekillerde yaşlandırmayı deneyerek renk değişimini iki faklı formül kullanarak ölçmüş ve karşılaştırmışlardır. Yaşlandırma yöntemi olarak ise disk şekline getirdikleri numuneleri 30 gün su içinde tutmuş, 120 saat ultraviyole ışınına maruz bırakmış, toplamda 300 saat boyunca 4 saat devirler ile UV-B ışınına maruz bırakıp 4 saat yoğunlaştırılmış

nemli ortamda bırakmışlardır. Renk değişimleri örnekler için birbirine yakın sonuçlar verse de farklı iki yöntemle hesaplandığında farklı sonuçlar elde etmişlerdir.

Cengiz vd., (2015) yapmış olduğu bir çalışmada, 5 farklı kompozit rezinin farklı renklerinin translusensi özelliklerini karşılaştırılmıştır. Her kompozit rezin, (Grandio, Gradia Direct, Clearfil Majesty Esthetic, Ceram-X Mono, FiltekZ250) her rengi (A1,A2,A3) için 1 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapında teflon kalıp kullanılarak 7 adet örnek hazırlanmıştır. Polimerizasyon sonrası örnekler su altında silikon karbit zımpara kağıdıyla zımparalanmıştır. Örnekler renk ölçümünden önce, distile suda 37°C'de 24 saat bekletildikten sonra renk ölçüm işlemleri, D65 ışık (Master TL-D 90 DeLuxe 18 W/965 1SL, Philips, Eindhoven, Hollanda) ile aydınlatılmış, bir renk ölçüm kutusu içinde VITA Easysshade Compact spektrofotometresi ile yapılmıştır. Örnekler beyaz ve siyah zemin üzerine yerleştirilip disklerin tam ortasından 3 kez ölçüm alınmış ve ortalama CIE L^* , a^* ve b^* değerleri not edilmiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi tek yönlü ANOVA ve tukey çoklu karşılaştırma testleri ile yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre farklı markaların aynı renkleri translusensi özellikleri bakımından farklılık göstermekte olduğu, başarılı estetik uygulamalar için materyal seçiminde rezinin rengiyle birlikte translusensi özelliklerinin de dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Akay vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada; üç farklı ağız gargaraları ve yeşil çayın geçici restorasyon materyalinin renklenmesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Kompozit malzeme olarak Protemp 4(3M Espe, Seefeld Germany) kullanılan bu çalışmada, 15 mm çapında 2 mm yüksekliğinde silindir şeklinde hazırlanan 40 numune, 4 gruba ayrılmıştır (n=10). Numuneler iki cam arasına arasına alınan çelik bir kalıp vasıtası ile hazırlanmıştır. Numuneler iki cam arasında alındığından gözlem ile yapılan inceleme sonrasında pürüzsüz yüzey elde edildiğine kanaat getirilen disklerle polisaj işlemi yapılmamıştır. Numuneler 24 saat 37° C distile suda bekletilmiştir. Ardından 14 gün ağız gargaraları ve yeşil çay extratına daldırılarak bırakılmıştır. Daldırma işlemi sonrasında geçici restoratif materyallerinin renk stabilitelerini

değerlendirilmiştir. Bu çalışmada hazırlanan örneklerin solüsyonlarda bekletilmeden önce ve sonra CIE L^* , a^* ve b^* değerleri VITA Easyshade Compact Advance 4.0 spektrofotometresi kullanılarak defa kez ölçüm yapılmış, ölçümlerin ortalamalarını alıp, ΔE_{ab}^* değerleri hesaplamışlardır. Hesaplama işleminde spektrofotometre belirli aralıklarla kalibre edilmiş, ölçümler beyaz bir yüzey üzerinde D65 standart ışık koşullarında yapılmıştır. Elde etmiş oldukları verilerin normalliği Shapiro-Wilk Testi ile ($p>0,05$), gargara solüsyonlarının geçici restoratif materyallerde gözlenen renk değişimine etkisi ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile çalışılmıştır. Veri analizinde SPSS 18.0 kullanılmıştır. Sonuç olarak, ağız gargaralarının sabit geçici restoratif materyallerin renk stabilitesi üzerine etkisinin yeşil çaya göre fazla olduğu bildirilmiştir.

Yamael (2018) yapmış olduğu bir çalışmada mikrohibrit kompozit rezin (Charisma, Heraeus Kulzer, Wehrhein, Almanya), nanohibrit doldurucu içeren kompozit rezin (Ice, SDI Dental, Victoria, Avustralya) ve geliştirilmiş RMCIS (rezin-modifiye cam iyonomer simanlar) (ACTIVA, Pulpdent, Massachusetts, ABD) materyalleri kullanılmıştır. Örnekler, üzerine şeffaf bant yerleştirilen ve her iki tarafı mikroskop camı ile kapatılan 2 mm yüksekliğinde ve 5 mm çapında plastik kalıplar yardımıyla hazırlanmıştır. Her bir restoratif materyal için 45 adet (toplam 135 adet) disk şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Üretici firma önerileri doğrultusunda restoratif materyaller polimerize edilmiş ve zımparalanmıştır. Numuneler 24 saat boyunca içinde distile su bulunan kapalı kaplarda bekletildikten sonra ilk renk ölçümleri bir spektrofotometre (Vita Easyshade) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümü, örnekler kurutma kağıdıyla kurulandıktan sonra, CIE L^* , a^* ve b^* değerleri, her örnekten üç ardışık ölçüm alınarak ortalama değerleri hesaplanıp tamamlanmıştır. Daha sonra her kompozitten elde edilen örnekler rastgele 5 farklı gruba ayrılarak ($n=9$), distile su (kontrol grubu), siyah çay, kahve, kola ve kırmızı şarap sıvılarda bekletilmiştir. Bekletme solüsyonları 28 günlük test periyodu süresince her gün yenilenmiştir. Örnekler yeni hazırlanan solüsyona konulmadan önce 5 ml distile su ile yıkandı ve kurutma kâğıdıyla kurutulmuştur. 28 günün sonunda örneklerin renk ölçümleri ilk ölçümde anlatıldığı şekilde ikinci kez spektrofotometre yardımıyla gerçekleştirilmiştir. İlk ve son ölçüm arasındaki renk farkı ΔE_{ab}^* formülü ile

hesaplanmıştır. İstatistiksel analiz, IBM SPSS Statistics 17,0 (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD) paket programında yapılmıştır. Sonuç olarak, en fazla renklenme kırmızı şarapta bekletilen örneklerde, en az renklenme ise distile suda bekletilen örneklerde olduğu, 28 günlük periyot sonunda test edilen bütün sıvılarda en fazla renklenme ACTIVA restoratif materyalinde gerçekleştiği, nano hibrit kompozit Ice, mikrohibrit kompozit Charisma'dan daha düşük renklenme değerleri sergilediği, kırmızı şarap, kahve ve çay, test edilen bütün materyallerde 28 günün sonunda gözle fark edilebilir derecede ($\Delta E_{ab}^* > 3,3$) renklenmeye sebep olduğu bildirilmiştir.

Evran ve Bakır (2022) yılında yapmış oldukları bir çalışmada, anterior bölgede kullanılan kompozit rezinlerin, renk değişimi ve su emilimi açısından karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında nanohibrit, nanofil, mikrofil, makrofil hibrit dolduruculu, ormoser ve giomer olmak üzere 9 farklı kompozit kullanmışlardır. Her materyalden 40, toplam 360 örnek hazırlanmıştır. 2 mm yüksekliğinde 10 mm çapında teflon kalıplara, kompozit rezinler yerleştirmiş, ağız spatülü yardımıyla düzeltilip üzerlerine önce şeffaf bant, ardından cam lamel uygulanarak fazla materyalin taşması sağlanıp, LED ışık kaynağı kullanarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda polimerize etmişlerdir. Bitirme ve cila işlemleri uygulanmıştır. Ardından her materyalden 10 örnek içerecek şekilde gruplandırılan materyaller; çay, kahve ve distile suya daldırıldıktan sonra, her materyalden 10 adet örneğin ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür. Renk stabilitesi için örnekler 37 °C'lik distile suda 24 saat bekletilmiş, ilk renk ölçümleri VITA Easyshade V kullanılarak yapılmıştır. Her renk ölçümü standart şartlar altında, beyaz odada ve beyaz zemin üzerinde, yalnızca floresan gün ışığı lambası (Master TL-D90 Graphica 18W965SLV/10, Philips, Hollanda) aydınlatması altında yapılmıştır. Her örnek için ölçümler, 3 kere tekrarlanmış, CIE sisteminden $L^*a^*b^*$ değerleri alınarak, CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülünde kullanılan L, c, h değerleri kayıt altına alınıp ortalamalarını alınmıştır. Her ölçümden önce spektrofotometre kalibre edilmiştir. ΔE_{00} hesaplanmıştır. Tüm örneklerin renk ve ağırlık ölçümleri 1 gün, 1 hafta, 1 ay ve 6 ay sonunda tekrarlamıştır. İstatistiksel yöntem olarak Kruskal Wallis ve Mann Whitney U testlerini kullanılmıştır. Sonuç olarak her kompozit rezinin renk stabilitesi ve su

emiliminin anlamlı derecede farklı olduğu belirtilmiş, su emilimi ve renklenme arasında, literatürde farklı sonuçlar da bulunmasına rağmen, pek çok çalışmayı destekleyecek şekilde doğrudan bir ilişki kurulamayacağı sonucuna varıldığı bildirilmiştir.

Diker ve Elter (2021), alkol içermeyen iki farklı ağız gargarasının geçici restorasyon materyallerinin renk değişimine etkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada, bis-akril kompozit rezin (Acrytemp ve Protemp 4) ve PMMA (Temdent ve Imident) içerikli 4 adet geçici restorasyon materyalinin renk değişimi, 2 farklı ağız gargarası (Klorhex ve Listerin) kullanarak değerlendirmişlerdir. Kompozit rezinler silikon kalıp kullanılarak 14 mm çapında 2 mm yüksekliğinde 84 adet disk şeklinde numune hazırlamıştır. Yüzey standardizasyonu için örneklerin her yüzeyi silikon karbid su zımparaları (800 ve 1000 grid'lik) ile toplamda 1 dakika boyunca zımparalanmıştır ve 1 hafta boyunca distile suda bekletilmiştir. Örnekler istenilen gruplara ayrılarak gargaralara ve distile suya 12 saat boyunca maruz bırakılmıştır. Bu süre sonunda örnekler distile su ile yıkanıp nazikçe kurutulmuştur. Renk ölçümleri için Vita Easyshade dijital spektrofotometre (VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG, Bad Sackingen, Almanya) kullanılmıştır. Her örnek için üç ölçüm alınmış olup ortalamaları CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde kayıt altına alınıp ΔE_{00} formülü kullanılarak hesaplanmıştır. SPSS 22.00 istatistik programı kullanılarak iki yönlü varyans analizi (ANOVA) testi uygulanmış ve çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi kullanılmıştır. İstatistiksel olarak anlamlılık sınırı 0,05 olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada restorasyon materyallerinin renk değişimi olarak etkilendiği fakat klinik olarak kabul edilebilir seviyede olduğunu bildirilmiştir ($\Delta E_{00}=2,25$).

Kılıç vd. (2023) yapmış oldukları bir çalışmada dört farklı bulk-fill (Filtek Bulk Fill, X-tra fil, Beautifil Bulk Restorative ve Estelite Bulk Fill Flow) kompozit rezin ve dört adet geleneksel nano-filled (Filtek Z550, CeramX SphereTEC one, Admira ve Kalore) kompozit rezin kullanılarak her kompozitten 40'ar örnek olmak üzere toplam 320 örnek hazırlanmıştır. Örnekler 8 mm çapında ve 2mm yüksekliğinde teflon disk kalıpları kullanarak sağlanmıştır. Gerekli polimerizasyon ve diğer işlemlerden sonra her kompozit rezini 4 alt gruba ayırmıştır (n=10). Bu gruplar

3 farklı gıda takliti sıvı (Food-Simulating Liquids) ve termal yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Termal yaşlandırma işlemini her bir kompozit rezinden oluşan birinci grup için, numunelere 5 saniyelik transfer süreleri ile sıcaklığın 5°C'den 55°C'ye ($\pm 2^\circ\text{C}$) yükseltildiği toplam 5000 döngü boyunca 30 saniyelik bekleme süresi ile uygulamıştır. Döngü sonrasında numuneleri durulanıp kurutulmuştur. Yaşlandırma sonrasında numunelerin renk stabilitesini değerlendirmek amacıyla, renk ölçümleri için Vita Easyshade V spektrofotometre (VITA Zahnfabrik GmbH & Co. KG, Almanya) cihazını kullanılmıştır. Sonuç olarak gıdaları taklit eden sıvılarda bekletme ve termal siklus uygulaması, kompozit rezinlerin içeriği ve yapısına göre yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi üzerine etkili olduğunu bildirilmiştir.

Ercin ve Kopuz (2024) yılında yayımlanan bir çalışmada, içeceklerin tek renkli kompozit rezinlerin renk stabilitesine ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, 5 farklı kompozit rezin (Clearfil Majesty ES-2 Universal, Omnichroma, Vittra APS Unique, ZenChroma, Charisma Topaz ONE) kullanılmıştır. Her bir grup için 35 adet kompozit disk (2 mm yüksekliğinde- 7 mm çapında) hazırlamışlardır. Polimerizasyon işlemi sonrası örnekler 37 °C distile suda 24 saat bekletilmiştir. Ardından örnekler rastgele 5 deneysel gruba ayrılarak; kahvede, distile suda, kırmızı şarapta, çayda ve kolada bekletilmiştir. Örneklerin başlangıç, 10. gün ve 28. Gün, L^* , a^* ve b^* değerleri Konica Minolta CM-3600A spektrofotometresi ile ölçülmüş ve renk değişimleri CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülükleri ise Mitutoyo SJ410 profilometre cihazı ile ölçülmüştür. Veriler tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve Kruskal Wallis testleri ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak estetik restorasyonlar da renklenme önemli bir parametre olduğu, materyallerin hem yüzey hem renk özellikleri içeceklerden etkilenmekte olduğu bildirilmiştir.

Deniz (2023), hazırlamış olduğu diş hekimliğinde uzmanlık tezinde, sentetik gıda boyalarının farklı özellikteki kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. A2 renk tonunda altı kompozit rezin (RubyFlow, Charisma Smart, Estelite Σ Quick, FiltekOneBulkfillRestorative, Filtek Ultimate Universal Restorative, Spectra STHV) seçilmiştir. Her kompozit rezin için 2 mm

yüksekliğinde ve 7 mm çapında 60 adet disk şeklinde örnek, teflon kalıp ve Mylar matris bandı kullanılarak hazırlanmıştır (N=360). Örnekler 6 alt gruba ayrılmıştır (n=10) ve 24 saat oda sıcaklığında distile suda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler, kontrol grubu dışında 5 farklı gıda boyasında (Tartrazin, SunsetYellow, Ponceau 4R, Karmosin, Brilliant Blue); kontrol grubu ise distile suda 1 hafta süresince bekletilmiştir. Gıda boyası solüsyonları her gün düzenli olarak değiştirilmiştir. Ardından beyazlatma protokolü için, kontrol grubu dahil tüm örnekler (N=360) beyazlatıcı ağız çalkalama suyunda (Listerin Advanced White) 1 hafta süreyle bekletilmiştir. Beyazlatıcı gargara her gün periyodik olarak yenilenmiştir. Renklendirme ve beyazlatma işlemleri sonunda tüm örnekler akan su altında 60 sn süreyle durulanmış ve kurulanmıştır. Başlangıç (T0), renklendirme (T1), ve beyazlatma (T2) protokolleri sonunda örneklerin CIE $L^*a^*b^*$ renk parametreleri bir spektrofotometre (Vita Easyshade, VITA ZahnfabrikGmbH, BadSackingen, Almanya) yardımıyla ölçülmüştür. Örneklerin renk değişim değerleri hem CIE $L^*a^*b^*$ hem de CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Veriler, Tekrarlı varyans analizi (repeated measures ANOVA) ile analiz edilmiştir. Tukey's post-hoc testi ile çoklu karşılaştırmalar yapılmıştır. CIE $L^*a^*b^*$ sistemi için algılanabilir/gözlemlenebilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \geq 1,2$; klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri $\Delta E_{ab} \leq 2,7$ olarak alınmıştır. CIEDE2000 sisteminde ise algılanabilir eşik değeri $\Delta E_{00} \geq 0,8$; kabul edilebilir eşiği değeri $\Delta E_{00} \leq 1,8$ olarak alındığı bildirilmiştir. Sonuç olarak kompozit rezinlerin gıda boyaları karşısındaki renk stabiliteleri istatistiksel olarak farklılıklar göstermekte olduğu, test edilen beyazlatıcı ağız çalkalama solüsyonu tüm gıda boyalarının test edilen kompozit rezinler üzerinde neden olduğu renk değişimlerini gidermekte etkili bulunduğu sonucu bildirilmiştir.

Hazar (2023) yapmış olduğu bir çalışmada, kolloidal gümüş suyunun kompozit rezinlerin renk stabilitesine etkisini araştırmıştır. İki farklı kompozit rezin restoratif materyalden (Arabesk, G-aenial anterior) yirmişer örnek 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapında disk şeklinde metal kalıplar kullanılarak hazırlanmıştır. Örneklerde düzgün yüzeyler elde etmek ve fazla materyali uzaklaştırmak için üzerlerine şeffaf bant (Mylar strip; SS White Co. Philadelphia, PA, ABD) yerleştirilip ve iki siman camı arasında hafif parmak basıncı uygulanmış

ardından polimerizasyon yöntemine geçilmiştir. Polimerizasyon yüzeyine polisaj uygulanmıştır. Ardından ilk renk ölçümleri yapıldıktan sonra 24 saat boyunca etüvde 37 °C'de distile su içerisinde örnekler saklanmıştır. Örnekler, günde 2 kere ve 2 dakika süresince koloidal gümüş suyunda bekletilmiş ardından örnekler polisaj işlemi uygulanmıştır. Bu işlem 30 gün boyunca devam etmiştir. Başlangıç, 15 gün, 30 gün sonrası ve polisaj işlemi arasındaki renk değişim değerleri CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülüne göre hesaplanmıştır. Renk ölçümünde VITA Easyshade 5 spektrofotometresi kullanılmış olup D65 standart aydınlatma altındaki bir ışık kabini gri zemin üzerinde, her örnek için 3 kez ölçüm yapıp ortalama değerleri alınmıştır. Renk farklılıkları algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{00}=0,8$, kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{00}=1,8$ olarak alınmıştır. İstatistiksel analiz için iki-yönlü ANOVA ve Tukey HSD testleri kullanılmıştır ($p=0.05$). Sonuç olarak koloidal gümüş suyu kompozit rezin restorasyonların renklerinde değişikliğe sebep olabilmekte olduğu fakat polisaj işlemi bu renklerin giderilmesinde etkili olduğu belirtilmiştir. Bu ürünleri düzenli kullanan hastaların diş hekimi kontrollerini aksatmaması gerektiği öneri olarak sunulmuştur.

Özyurt (2023) yılında yapmış olduğu bir çalışmada, güncel kompozit rezin materyallerin polimerizasyon öncesi-sonrası renk değişimi, translusensi parametresi ve su emilimi açısından değerlendirmiştir. Çalışmada üç kompozit rezin (Omnichroma, TokuyamaDental, Tokyo, Japonya; Essentia Universal, GC, Tokyo, Japonya; Harmonize, Kerr, Orange, CA, ABD) değerlendirilmiştir. Renk değişimi ve translusensi parametresinin değerlendirilmesi için 10 mm çapında, 2 mm yüksekliğinde, su emilimi değerlendirmesi için 6 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde teflon kalıplar kullanılarak, her kompozitten 20 adet örnek olmak üzere toplam 60 adet örnek hazırlanmıştır. Kompozit rezinler, bir ağız spatülü yardımı ile alt yüzeyinde şeffaf bant olan teflon kalıplara yerleştirilmiş ve üst yüzeye başka bir şeffaf bant yerleştirilerek, Vita Easyshade V spektrofotometresi ile standart beyaz zeminde, polimerizasyon öncesi her örneğin üst yüzeyinden 4'er renk ölçüm alınarak CIE $L^*a^*b^*$ değeri ortalamaları kaydedilmiştir. Polimerizasyon öncesi-sonrası (beyaz zeminde) renk farkı CIEDE2000 renk sistemine göre hesaplanmıştır. Polimerizasyon öncesi sonrası renk farkı ve

translusensi parametresi hesaplanmıştır. Verilerin istatistiksel analizi One way ANOVA, Tukey HSD ve Tamhane T2 testleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sınırları içerisinde, kompozit rezinlerin polimerizasyon sonrası algılanabilir düzeyde renk değişimi gösterebileceği, klinisyenlerin renk seçiminde bunu göz önünde bulundurması gerektiği belirtilmiştir.

Özmen ve Nayir (2020) "Işık kaynaklarının ve termal siklusun kompomer rezinlerin renk stabilitesine etkisi" üzerine yapmış oldukları bir çalışmada 3 farklı markanın (1- Glasiosite Caps, Voco, 2- Dyract XP, Dentsply ve 3- Nova Compomer, Imicrly) iki farklı renk tonundaki (A2 ve A3) kompomeri çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan tüm örnekler polivinil klorürden hazırlanmış çapı 10 mm ve yüksekliği 2 mm olan içerisinde silindirik yuvalar bulunan yapışmaz özellikli bir kalıp kullanılarak, üretici talimatlarına göre hazırlanmışlardır. LED ışık cihazı 1 (Satelec mini LED, Acteon) ve ışık cihazı 2 (Elipar S10, 3M-ESPE) ile polimerize edilerek toplamda 120 örnek elde hazırlanmıştır. Örneklerin renk ölçümü yapılacak yüzeylerine polisaj ve zımpara işlemlerini uygulamıştır. Tüm örnekleri inkübasyon amacıyla distile su içerisinde 37 °C'de 24 saat bekletilmiştir. Örnekler kurutma kağıdıyla kurulanmasından sonra termal siklus işlemine geçilmiştir. Her bir tur için 25 saniyesi 55 C°'de, 25 saniyesi 5 C°'de ve 10 saniyesi havada olmak üzere toplam 5000 tur termal siklusa tabi tutulmuştur. Örneklerin ilk ve son renk ölçümleri beyaz zemin üzerinde Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) ile yapılmıştır. Ölçüm değerleri CIE $L^*a^*b^*$ sistemine göre alınmış olup her ölçüm 3 kez yapıp ortalama değeri alınmıştır. Bir gruptan diğer grubun renk ölçümüne geçerken cihaz kalibre edilmiştir. Renk değerleri arasındaki fark ΔE^*_{ab} ile ifade edilmiştir. Elde edilen istatistiksel hesaplamalar, varyans analizi (ANOVA), ortalamaların çoklu karşılaştırılmasında ise Tukey HSD testi kullanmışlardır (SPSS version 15, Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, ABD). İstatistiksel anlamlılık değeri 0,05 olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak Işık kaynakları ve termal siklus kompomer rezinlerin renk stabilitelerini etkileyebildiği, ışık kaynaklarının etkisi klinik olarak kabul edilebilir düzeyde olduğu fakat termal siklus kabul edilebilir değerlerden daha fazla renk değişimi yapabildiği bildirilmiştir.

Gama ışınları endüstri sektöründe, tıp sektöründe, elektronik sektörde vd. alanlarda kullanılmaktadır. Gama ışını kaynakları ve kullanım alanları şu şekilde verilebilir. Kobalt-60 (^{60}Co) kaynağı 1173,2 keV ve 1332,5 keV olmak üzere çift enerjili bir radyoizotoptur. Yarılanma ömrü 5,26 yıldır. Endüstri ve tıpta (tanı ve teşhis amaçlı) farklı amaçlar için yaygın olarak kullanılır. Amerisyum-241 (^{241}Am) yarılanma ömrü 432 yıldır. ^{241}Am kaynağı makine ve teçhizatın tahribatsız muayenesinde ve cam endüstrisinde kalınlık ölçer olarak kullanılır. Sezyum-137 (^{137}Cs) tıbbi cihazlarda ve ölçümlerde kullanılır. Yarılanma ömrü 30 yıldır. Tek enerjisi nedeniyle, bu 661,6 keV gama ışını kaynağı nükleer prosedürlerde, çalışmalarda kullanılır. Sodyum-22 (^{22}Na) kaynağı 511 keV ve 1274,5 keV olmak üzere çift enerjili bir radyoizotoptur. Kalibrasyon/ test ve araştırma amacıyla kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında ^{137}Cs kaynağı kullanılmış olup dental malzemelerin gama radyasyonu ile hızlandırılmış yaşlandırma işlemine ait literatürde herhangi bir çalışma bulunmadığından iyonlaştırıcı radyasyonla yapılmış bazı araştırmalar aşağıda sunulmuştur.

Brandeburski ve Bona (2018) yayınlamış oldukları bir makalede iyonlaştırıcı radyasyonun özellikle restoratif materyalleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada; yüksek enerjili X-Işınlarının iyonize edici radyasyonun restoratif materyallerin özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Z250-mikro hibrid reçine bazlı kompozit (Filtek Z-250), Z350-nano filled kompozit rezin (Filtek Z-350 XT), VIT-rezini ile modifiye edilmiş cam iyonomer (Vitremer) ve KME- eleneksel cam iyonomer (Ketac Molar Easymix) kullanılmıştır. Her bir malzemedan 60 silindir şeklide numune hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler ışıqla aktivite edildikten sonra günde 1,8 Gy ışınlanarak 39 gün boyunca (Gy/gün) ışınlanmıştır. (toplam ışınlama=70,2 Gy). Işınlanmamış örnekler, bükülme mukavemeti, ardından fraktografi (SEM), çap gerilme mukavemeti, sertlik, yüzey pürüzlülüğü olarak değerlendirmişlerdir.

Kömmling vd. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada, radyoaktif atıklara yönelik fiçılarda nötron radyasyonuna karşı koruma malzemesi olarak kullanılan ultra yüksek (UHMW-PE) ve yüksek molekül ağırlıklı (HMW-PE) iki polietilen malzemeye yüksek dozda γ -ışınlamanın ve uzun süreli termal yaşlandırmanın

renk değışikliği etkileri araştırılmıştır. Malzemeler, ^{60}Co gama kaynağı kullanılarak, 600 kGy'ye varan dozlarda ışınlanmıştır. Daha sonra bir yıla kadar 125°C'de termal yaşılandırma uygulanmıştır. Malzemelerdeki bozunma etkileri kolorimetri kullanılarak tespit edilmiştir. Her iki malzeme de ışınlama üzerine sararma gözlenmiştir. UHMW-PE'nin renk değışimi, termal yaşılandırmanın ardından tekrar ortadan kaybolmuştur. Bu nedenle sararmanın, polimerin kristal bölgelerinde tutulan ve yüksek sıcaklıklarda yeniden birleşen serbest radikaller formundaki tavlanabilir renk merkezlerinden kaynaklandığını varsayılmıştır. Antioksidan içeren HMW-PE'de malzemesinde ise hem ışınlama hem de termal yaşılandırma sonrasında sararma gözleendiği ifade edilmiştir.

Naves vd. (2012), radyoterapide alınan gama radyasyonunun rezin bazlı kompozit restorasyonlarda insan diş minesi ve diş kemiğindeki bağlanma kuvvetini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Çalışmada; radyoterapiden önce veya sonra gerçekleştirilen mikrotensil bağlanma değerlendirilmiştir. 30 sağlam insan azı dişini yarıya bölerek diş minesi ve diş gruplarını rastgele ayırmışlar ve 3 grup oluşturularak, kompozit restorasyonlar Adper Single Bond yapıştırma sistemi kullanılarak örneklere yapıştırılmıştır. Radyasyon tedavisi simule etmek için, 6 hafta boyunca haftanın 5 günü, günde 2 Gy'li doz uygulanarak toplamda 60 Gy ışınlama yapılmıştır. Çalışmalar için Filtek Z250 kompozit rezin kullanılmıştır. Örnekler ışınlama sonrası restore edildiğinde diş ve diş minesi içindeki yapışma hatalarının arttığı bildirilmiştir.

Radyoterapide kullanılan gama ışınlamasının, diş minesi ve diş kemiğine uygulanan restorasyonlarda maksimum tensil kuvveti (UTS: Ultimate Tensile Strength) üzerine etkisi Soares vd. tarafından 2010 yılında araştırılmıştır. Bu çalışma için, 18 ila 23 yaşları arasındaki bireylerden alınan ve çürük olmayan kırk insan azı dişi toplanmıştır. Dişler ışınlanmış grup ve ışınlanmamış grup olarak ikiye ayrılmıştır. İlk grup (n=15), Cobalt-60 ışınlama ünitesinde günlük 2 Gy'lik artışlarla toplamda 60 Gy gama ışınlamaya maruz bırakılmıştır. Çalışmada radyasyona maruz bırakılmış numunelerdeki bağlanma kuvvetinin anlamlı şekilde azaldığı gösterilmiştir (Soares vd., 2010). Radyoterapi alan hastalarda ağız kuruduğu için radyasyona bağlı çürük oluşumu söz konusudur. Bazı

araştırmacılar radyasyon çürüğünün nedenlerini araştırmış olsada iyonize radyasyona maruziyet sonrası diş ve diş mineinde meydana gelen yapısal değişiklikler hakkındaki bilgi yetersizdir (Silverman, 1999; Craddock, 2006).

Ahmed vd. (2024) yapmış oldukları çalışmada, genellikle ağız kanseri hastalarında birincil veya tamamlayıcı tedavi olarak kullanılan gama radyasyonunun mine ve dentin mikro tensil kuvvet üzerindeki etkisini in vitro olarak araştırmışlardır. Çalışma için 10 kişiden toplanan çürüksüz azı dişi kullanılmıştır. Diş numuneleri oklüzal yüzeilerine dik olarak ikiye kesilmiş ve bir yarısına 3 gün boyunca 20 şer Gy (toplamda 60 Gy) gama radyasyonu uygulanmıştır. Gama kaynağı olarak ¹³⁷Cs kullanılmıştır. Sonuçlar olarak ışınlanmış örneklerinin mikrosertliğinin hafif azaldığı bildirilmiştir (Ahmed vd., 2024).

3. MATERYAL VE METOT

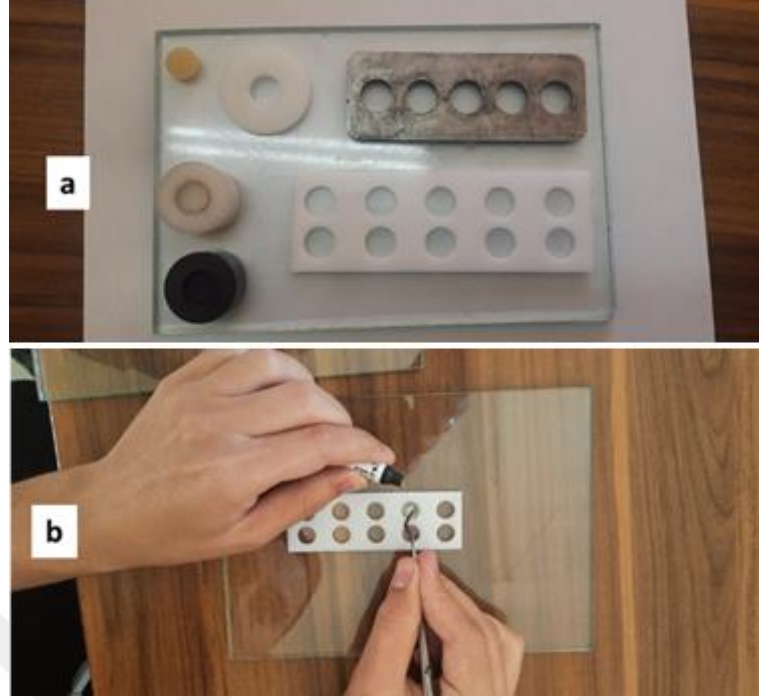
3.1. Numunelerin Hazırlanması

Deneysel çalışma için ülkemizdeki diş hekimleri tarafından yaygın olarak kullanılan ve literatürdeki araştırmalarda sıkça tercih edilen üç farklı üreticiye ait dental kompozit malzemesi incelenmek üzere seçilmiştir; Spectra ST HV (Dentsply Sirona, Almanya), Clearfil Majesty Esthetic (Kuraray, Japonya) ve Filtek™ Z250 (3M ESPE, ABD). Bu amaçla, her bir markaya ait A2 ve A3 renk tonlarına sahip dental kompozit materyaller için 4'er tüp ürün, malzeme depoları ile irtibata geçilerek temin edilmiştir (Şekil 3.1).



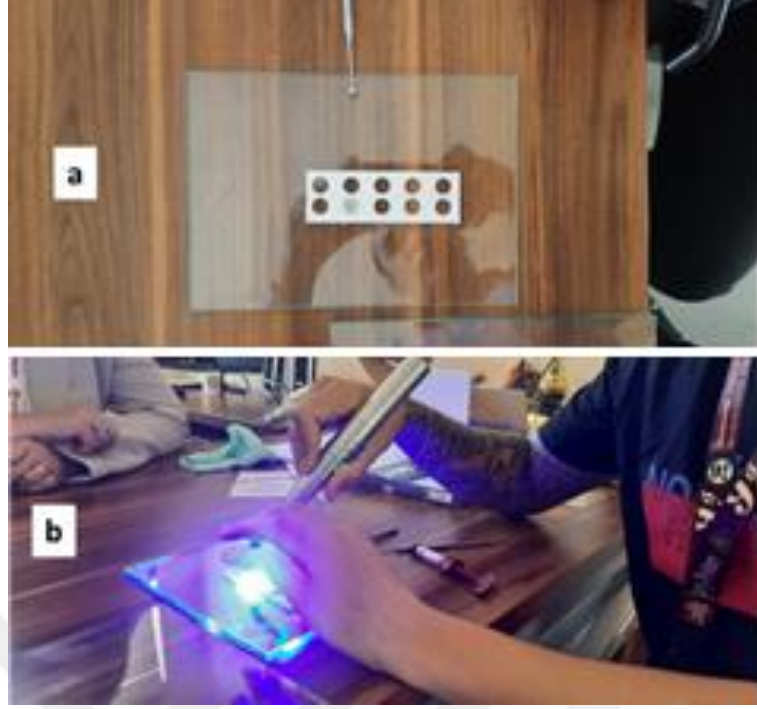
Şekil 3.1. Deneysel çalışma için seçilen dental kompozit materyaller

Çalışmanın ilk aşamasında bu dental kompozit malzemelerden deneylerde kullanılmak üzere ölçüm numuneleri hazırlanmıştır. Numunelerin, literatürde sıkça rastlanan, 2 mm yüksekliğinde ve 10 mm çapında olan disk formunda (Turgut vd., 2011; Özmen ve Nayir, 2020; Evran ve Bakır, 2022; Hazar, 2023; Özyurt, 2023) hazırlanabilmesi için uygun bir kalıba ihtiyaç duyulmuştur. Çeşitli kalıp seçenekleri arasından (Şekil 3.2 (a)) çoklu teflon kalıp ile çalışmanın daha uygun olacağına karar verilmiştir (Şekil 3.2 (b)). Çoklu teflon kalıp hassas bir CNC (Computer Numerical Control) tezgahında hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. (a) Disk şeklindeki numunelerin hazırlanmasında kullanılabilecek kalıplar, (b) Akışkan kompozit malzemenin seçilen çoklu teflon kalıba ağız spatülü ile aktarılması

Disklerin hazırlanması için dental kompoziti içeren tüpün arkasındaki mekanizma döndürülerek tüpün ağzından çıkan akışkan malzeme, pürüzsüz cam tabaka üzerine konulmuş olan çoklu teflon kalıp içerisine bir ağız spatülü yardımıyla yerleştirilmiştir (Şekil 3.2 (b)). Pürüzsüz numune yüzeyleri elde edebilmek amacıyla kalıp içerisine konulan malzeme, bir simab fulvarı vasıtasıyla (Şekil 3.3 (a)) sıkıştırılarak kalıpta kalan boş yerler tekrar kompozit malzeme ile silme olarak doldurulmuştur. Daha sonra, teflon kalıbın üzerine ikinci bir pürüzsüz cam tabaka konularak kalıp içerisindeki kompozit malzeme bası uygulanarak sıkıştırılmış, böylelikle fazla malzemenin taşması sağlanarak disk şeklindeki numunenin her iki yüzeyi, üretici tarafından tavsiye edilen şartlarda polimerize edilerek sertleştirilmiştir (Şekil 3.3 (b)).



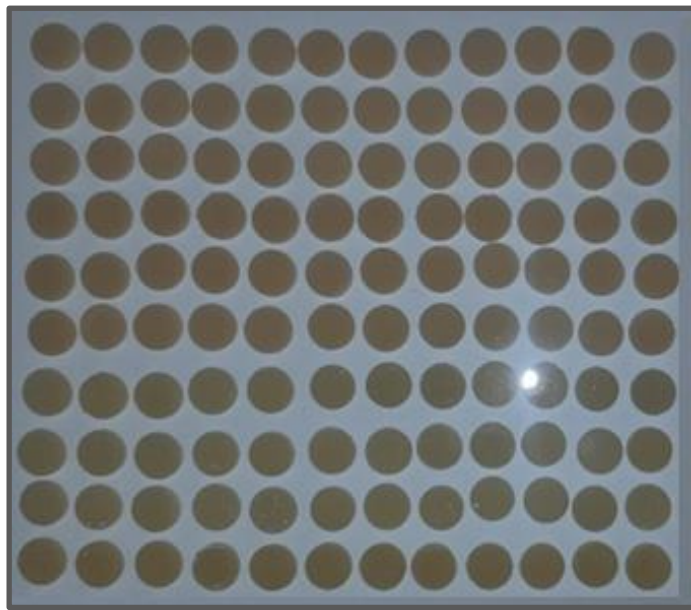
Şekil 3.3. (a) Kalıptaki kompozit malzemenin sıkıştırılması için kullanılan siman fulvarı, (b) İki cam levha arasına alınan teflon kalıptaki kompozit malzemeye polimerizasyon cihazı ile UV ışık uygulanması

Polimerizasyon cihazı olarak Westcode Led Curing Light (Model L 600A, Çin) kullanılmıştır (Şekil 3.4). 420-480 nm dalga boyunda ve 1200 mW/cm² ile 1500 mW/cm² arasında ışık şiddetine sahip olan bu cihaz, 2200 mA'lık şarj edilebilir bir lityum pile sahiptir. Çalışma süresi, cihazın dijital ekranından 0, 20, 30 ve 40 saniyelik zamanlara ayarlanabilir. Zaman ayarı yapıldıktan sonra başlatma düğmesine basılır ve polimerizasyon (sertleştirme) işlemi başlar. Polimerizasyon işleminin tamamlanmasının ardından cihaz sesli bir uyarı vererek işlemi sonlandırır.



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı

Numuneler mümkün olduğunca aynı fiziksel koşullar altında hazırlanmış, üç üreticiye ait A2 ve A3 renk tonlarına sahip 12 ölçüm grubu için toplamda 120 adet numune hazırlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Deneysel çalışma için hazırlanan kompozit numunelerin toplu gösterimi

Ölçümlere geçilmeden önce, numuneler görsel olarak değerlendirilmiş, daha pürüzsüz olan yüzeyler ölçüm yüzeyi (üst yüzey) olarak seçilmiş ve numunenin diğer yüzeyine (alt yüzeyine) numunenin markası, renk tonu ve uygulanacak yaşlandırma işlemini temsil eden bir kodlama, elektrikli bir mikromotor (Prime 221 Renhe Tiancheng 50K, USA) kullanılarak (RHJC, 2024) kazınmıştır (Şekil 3.6 ve 3.7).



Şekil 3.6. Numunelerin kodlanması için kullanılan mikromotor



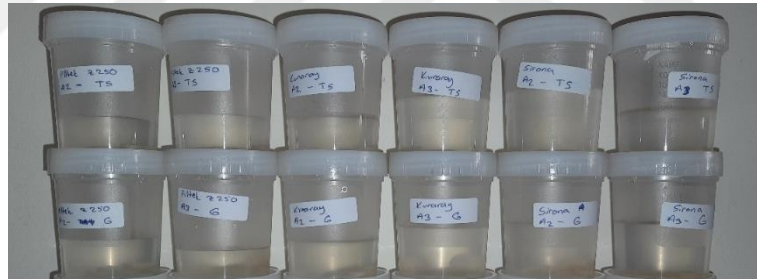
Şekil 3.7. Arka yüzü kodlanmış numuneler

Böylelikle farklı yaşlandırma işlemlerine ait renk ölçümleri için incelenecek numuneler oluşturulmuştur. Üç üreticinin A2 ve A3 renk tonlarına sahip iki farklı yaşlandırma işlemine tabi tutulacak numune gruplarına ait bilgiler özetlenerek Çizelge 3.1’de verilmektedir. Kodlanarak gruplandırılan numuneler, içerisinde distile su bulunan numune kaplarında muhafaza altına alınarak (Şekil 3.8) oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra renk ölçümlerine hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney için hazırlanan kompozit numunelerin gruplandırılması (TS: Termal Siklus ile yaşlandırma ve G: Gama yaşlandırma işlemi için kullanılan grupları temsil etmektedir)

Firma	Ürün	Lot numarası	Renk tonu	Yaşlandırma işlemi	Numune kodu	N*		
Dentsply Sirona (Almanya)	Spectra ST HV	2112000696	A2	TS	S01-S10	10		
		2110000966		G	S11-S20	10		
		2110001361						
		2201000442	A3	TS	S21-S30	10		
		2110000227		G	S31-S40	10		
Kuraray (Japonya)	Clearfil Majesty Esthetic	B80216	A2	TS	K01-K10	10		
		5S0209		G	K11-K20	10		
		2F0173	A3	TS	K21-K30	10		
				G	K31-K40	10		
		3M ESPE (ABD)	Filtek™ Z250	NF43621	A2	TS	F01-F10	10
						G	F11-F20	10
NF16951	A3			TS	F21-F30	10		
				NF11068	G	F31-F40	10	

N*: numune sayısı



Şekil 3.8. Gruplanan numunelerin saklama kaplarında distile su içerisinde bekletilme aşaması

3.2. Kullanılan Cihazlar

3.2.1. Termal siklus cihazı

In-vitro (laboratuvar) deneylerinin, in-vivo (canlı ortam) çalışmalara uygunluk sağlayabilmesi amacıyla ağız içerisindeki ısı değişimlerinin taklit edilmesi gerektiği durumlarda termal siklus cihazından faydalanılmaktadır. TS yöntemi, dental materyaller için in-vitro koşullarda yapay bir hızlandırılmış yaşlandırma işlemi olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Ölmez vd., 1998; Barclay vd.,

2002). Çalışmamızda, termal siklus cihazı olarak, Salubris-Technica (İstanbul) şirketi tarafından üretilen Dentester (DTS 001) cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, diş hekimliğinde kullanılan malzemelerin ağız içi sıcaklık değişimlerini taklit etmek amacıyla geliştirilmiş otomasyonlu döngüsel ısı işlem yapabilen bir aygıttır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan termal siklus cihazı

Sıcaklık değişikliğinin gerçekleştirildiği döngüsel işlemi otomatik olarak sağlayabilen termal siklus cihazı, diş hekimliğinde kullanılan malzemelerin test edilmesi ve geliştirilmesine yönelik araştırmalarda önemli bir role sahiptir. Dentester cihazının farklı sıcaklık, süre ve döngü sayısının ayarlanabileceği dijital bir kontrol sistemi bulunmaktadır (Şekil 3.10). İnceleme için bütün yapılması gereken malzemelerin aygıtın sepetine yerleştirilmesi ve istenen değişkenler programlandıktan sonra aygıtın çalıştırılmasıdır. Termal siklus cihazı böylece, araştırmacılara ve malzeme üreticilerine çok büyük kolaylıklar sağlayarak, ağız içi ortamında yıllar içerisinde doğal olarak gerçekleşecek olan sıcaklık değişimlerini saatler veya günler içerisinde tamamlayabilmektedir.

Sıcak ve soğuk su hazneleri musluk suyu ile doldurulduktan sonra aygıt programlanıp çalıştırma düğmesiyle aktif edilir. Şekil 3.10'da Dentester cihazının ana kontrol ekranı görülmektedir. Bu panelde; sıcak ve soğuk su haznesindeki sıcaklık seviyesi ile haznelerdeki bekleme süreleri, kalan döngü sayısı, başlatma, bekletme ve sonlandırma düğmeleri, iletişim bilgileri sekmesi ile sol alt tarafta bulunan veri girişi için kullanılan ayarlar sekmesi bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Dentester cihazının ana kontrol paneli

Haznelere işaretli seviyeye kadar su konulduktan sonra Şekil 3.10'da gösterilen ve dokunmatik olarak çalışan kontrol paneli ekranının sol alttaki ayarlar sekmesi seçilerek Şekil 3.11 ile verilen veri giriş sayfasına geçilir. Döngü sayısı, sıcak hazne, soğuk hazne ve arada bekleme süreleri ile sıcak ve soğuk hazne su sıcaklık değerleri girilir, sağ alt tarafta bulunan kayıt sekmesi ile giriş bilgileri hafızaya alındıktan sonra sol alt köşede bulunan ana sayfa sekmesi ile Şekil 3.10'a tekrar geri dönülür. Başlat sekmesi seçildikten sonra sıcak ve soğuk su haznelerinde bulunan sensörler, Şekil 3.11'de kayıt altınan sıcaklık değerlerine ulaştıktan sonra döngü işlemi otomatik olarak başlar. Döngü işlemi başladığında, numunelerin içerisinde bulunan sepet mekanik bir kol vasıtası ile haznelere daldırılır.



Şekil 3.11. Ayarlar menüsü altında açılan ekran görüntüsü

Numunelerin bir kez soğuk ve bir kez sıcak su banyosuna daldırılarak bu haznelerde bekletilmesi işlemi, 1 döngü (siklus) olarak tanımlanmaktadır. Literatürde, döngü sayıları ve sıcak/soğuk su içerisinde bekletme süreleri konusunda farklı uygulamalarla karşılaşılmaktadır (Tanaka vd., 1995; Von Fraunhofer vd., 2000; Jang vd., 2001). ISO (International Standart of Organization: Uluslararası Standartlar Örgütü) standardına göre termalsiklus uygulaması için 5 °C (soğuk) ile 55 °C (sıcak) sıcaklıkları tavsiye edilmektedir (ISO, 1994). Fakat ağız boşluğundaki fizyolojik yaşlanmaya karşılık gelen döngü sayısı konusunda bir kesinlik yoktur. Termal siklus için belirli sayıda döngü önermeyi deneyen araştırmacılar ne kadar süre termal siklus uygulamanın ne kadar süre yaşlanmaya karşılık geleceği konusunda bir sonuca varamadıklarından bu parametrenin seçimi için farklı çalışmalarda farklı sayılarda döngüler kullanılmaktadır (Morresi vd., 2014). Bununla birlikte ISO, yaşlandırma işlemi için en az 500 TS döngüsünün yapılması gerektiğini bildirmektedir (ISO, 1994).

Yıllık yaşlandırma için 1000 döngüyü kabul eden güncel araştırmalar (Botega vd., 2008; Oliveira vd., 2010; El-Farag, vd., 2018; Kareem ve Amin, 2022) referans alınarak çalışmamızda, 1000 TS döngüsü ile yapılan yapay yaşlandırma işleminin bir yıllık 1 yıllık yıpranmaya (yaşlanmaya) karşılık geldiği var sayılmıştır. Marka ve renk tonuna göre 6 gruba ayrılan numunelerimiz (24 saat süreyle oda sıcaklığında distile suda bekletildikten sonra) 5 ve 55 °C sıcaklıklara ayarlanan termal siklus cihazında 1, 2 ve 5 yıllık yapay yaşlandırma işlemi için sırasıyla, 1000, 2000 ve 5000 döngülük termal siklüs uygulamasına tabi tutulmuştur. Örneklerin termal siklüs cihazının sıcak ve soğuk haznesinde bekleme süreleri 5'er saniye olarak ayarlanmış banyolar arasındaki geçiş süresinin ~10 saniye olduğu görüldüğünden hazneler arası ayrıca bekletme işlemi yapılmamıştır. Her TS işlemi sonrasında numuneler distile suda bırakılarak karanlık ortamda muhafaza altına alınmıştır.

3.2.2. VITA Easyshade V spektrofotometresi

Elektromanyetik spektroskopinin bir dalı olan spektrofotometri, bir malzemenin yansıma veya geçirgenlik (transmisyon) özelliklerinin niceliksel ölçümünü dalga boyunun bir fonksiyonu olarak inceler. Diş hekimliğinde, doğal dişlerin veya restorasyon için kullanılan malzemelerin doğru renk tonunu (shade düzeyini) belirlemek amacıyla kolorimetre ya da spektrofotometre gibi özel olarak tasarlanmış renk ölçüm cihazları kullanılmaktadır (Eroğlu vd., 2007). Bu renk ölçüm cihazları genellikle, 1913'te kurulmuş olan CIE tarafından kabul edilen sistematik renk ölçüm yöntemlerini esas almaktadır. Spektrofotometre, ışığın spektral dağılımını ölçen ve bunu renk değerine (tristimulus değeri) veya uluslararası kabul görmüş sayısal bir değere dönüştüren, rengi ölçmek için kullanılan bir araçtır. Kolorimetre ile gerçekleştirilen renk tayinlerinde, rengi bilinen bir standardın rengiyle karşılaştırma sayesinde ölçüm yapılan malzemenin renk yoğunluğu belirlenmektedir. Spektrofotometri tekniğinde ise ölçüm yapılan malzemenin üzerine gönderilen ışık hüzmesinin yoğunluğu ölçülerek numunenin ışığı ne kadar geçirdiği belirlenebilir. Bir spektrofotometre iki ana bileşenden oluşmaktadır; ışığı üreten spektrometre ve ışığın yoğunluğunu ölçen fotometre. Kolorimetreler, ışığın üç ana renk bileşeni (kırmızı, yeşil ve mavi renkler) üzerinden numunenin rengini ölçerken, spektrofotometreler ise insan gözünün algılayabildiği tüm renkler (yani 400-700 nm arasındaki dalga boylarına karşılık gelen renkler) üzerinden ölçüm yapabilmekte ve bu nedenle daha kesin bir renk tayini sonucu vermektedir (Berns, 2000).

Çalışmamızda, renk ölçümleri için VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Almanya) spektrofotometresi kullanılmıştır (Şekil 3.12). Bu spektrofotometre, doğal dişlerin ve restorasyonlarda kullanılan malzemelerin renk tonunu kesin, hızlı ve güvenilir bir biçimde tespit etmek amacıyla diş hekimliği için tasarlanmış bir dijital renk ölçüm cihazıdır (VITA, 2024c). Cihaz, gelişmiş ölçüm teknolojisi ile saniyeler içinde renk tespiti yapabilmektedir. Ortam ışığından bağımsız LED teknolojisi ve beyin sinir ağı (VITA V brain neural network) algoritmasını kullanan yenilikçi yazılım konsepti sayesinde cihaz, uluslararası kabul gören VITA klasik A1-D4, VITA SYSTEM 3D-MASTER ve VITABLOCS gibi renk tonu

(shade) standartları ile uyumlu olarak kesin diş-rengi belirlenmesi işlevini garantilemektedir. Ayrıca, VITA Easyshade V spektrofotometresinin, Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA: American Dental Association) tarafından tanımlanan beyazlatılmış diş rengi tonları (bleached shades) ile uyumlu olarak çalıştığı da bildirilmiştir (VITA, 2024c). VITA Easyshade V, dokunmatik ekran ve kullanıcı odaklı işletim sistemi sayesinde basit ve kullanımı kolay bir yapıya sahiptir. Kendi kendine deşarj korumasına sahip olan dayanıklı ve uzun omürlü entegre pil teknolojisi, sürekli kullanımda istikrarlı bir performans sergilemektedir. Bluetooth özelliği, klinik ve laboratuvar arasında etkin olarak veri (renk verisi ve fotoğraf bilgisi) iletişimine olanak sağlamaktadır. Cihaza ait bazı teknik özellikler izelge 3.2’de özetlenmiştir.



şekil 3.12. (a) VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi, (b) kalibrasyon ve şarj ünitesi

VITA Easyshade V dijital spektrofotometresinin kullanıma hazır hale getirilmesi için ilk önce internet ana sayfasındaki https://www.vita-zahnfabrik.com/pdb_GG2G50G200_en,98478.html adresinden “VITA Easyshade V Update V512bLE_Pkg ab Seriennummer 58600 (Version 012)” versiyonu indirilerek bluetooth vasıtasıyla cihaz güncellenmiştir. VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi şekil 3.12(b)’ de gösterilen kalibrasyon cihazına yerleştirilip güç düğmesi ile aktif edilir. Kalibrasyon sonrası cihaz uyarı sesi verir. Çalışmamızda, kompozit numunelere ait renk ölçümleri (L^* , a^* ve b^* ölçümleri) için cihazın aritmetik ortalama veren sekmesi kullanılmıştır (şekil 3.13).

Çizelge 3.2. VITA Easyshade V spektrofotometresine ait bazı teknik bilgiler (VITA, 2024c)

Uzunluk/Genişlik/Yükseklik	20,5 cm/8,5 cm/10,5 cm
Pil	2 Adet, BK-3MCCE, Ni-MH, 1,2V.,min 1900mAh, HR6, AA
Ağırlık	420 g. (güç kablosu hariç)
Elektrik Bağlantısı	100-240 V., 50-60 Hz., Güç tüketimi maksimum 5 W.
Klasifikasyon	EN 60601-1:2010 UL 6061-2:2012 (3. Ed.) CAN/CSA-C22.2 NO. 61010-12 CE
Kullanım Sıcaklık Aralığı	15 ile 40°C arası
Bluetooth	Menzil ~10m. Transmisyon frekansı 2402 ile 2480 MHz arası FHSS/GFSK modülasyonu, 79 kanallı 1MHz intervalli 128 bit şifreleme
İndikasyon Aralığı	Sadece iç mekan kullanıma uygun



Şekil 3.13 VITA Easyshade V kullanıcı ekranının aritmetik ortalama veren sekmesi

VITA Easyshade V dijital spektrofotometresinden ölçüm yöntemi seçildikten sonra hazırlanan numuneler Bölüm 3.2.3'te anlatılan renk ölçüm kabine alınmıştır. Beyaz zemin üzerine konulan numunelerin ön yüzü üzerinden 90 derecelik bir açıyla spektrofotometre ölçümleri alınmıştır. Ölçümü başlatmak için

güç düğmesine basılır daha sonra cihaz, ölçülecek numune üzerine ışık hüzmeleri gönderir ve uyarı sesi vererek işlemi sonlandırır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Ölçüm kabinde VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi kullanılarak bir numuneye ait renk ölçümünün alınması

Renk ölçümü işlemi sonrası, dijital spektrofotometre ekranında ölçülen numuneye ait renk tonu bilgileri gösterilmektedir (Şekil 3.15). Şekil 3.15’de, ölçülen numuneye ait renk tonu bilgileri ve ölçüm sayısı görülmektedir (2M2: VITA Toothguide 3D-MASTER renk tonunu, A2: VITA klasik A1–D4 renk tonunu ve ϕ : ölçüm sayısını (numunenenin merkeze yakın 5 farklı noktası üzerinden ölçüm alınmıştır) temsil etmektedir.



Şekil 3.15. Renk tonu klavuzu ekranı

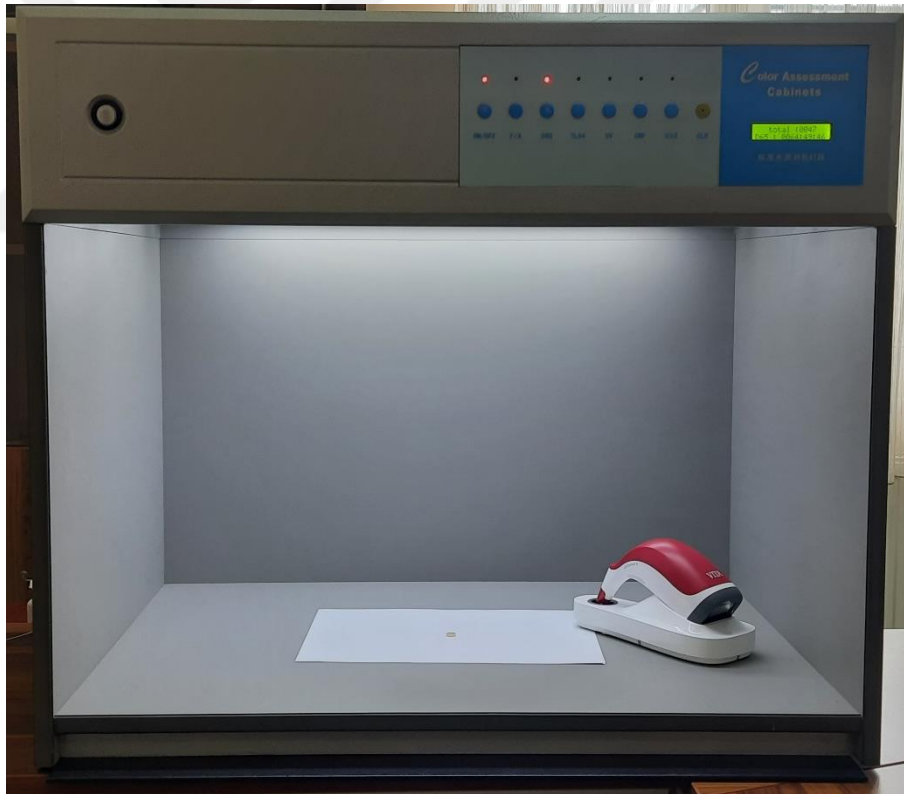
Şekil 3.15’de gösterilen ekrandan 2M2’nin olduğu kısım seçildikten sonra Şekil 3.16’da verilen renk tonuna ait bilgi ekranı açılmaktadır. Bu ekranda, ilgili numuneye ait 5 ardışık ölçümün ortalamalarını veren L^* , a^* ve b^* değerleri, bir Excel çalışma sayfasında kayıt altına alınmıştır. Her numuneye ait renk ölçümü öncesinde VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi kalibre edilmiştir.



Şekil 3.16. Renk tonu bilgi ekranı (Ölçülen numuneye ait L^* , a^* ve b^* değerlerinin alındığı ekran)

3.2.3. Renk ölçüm kabini (Color assessment cabinets)

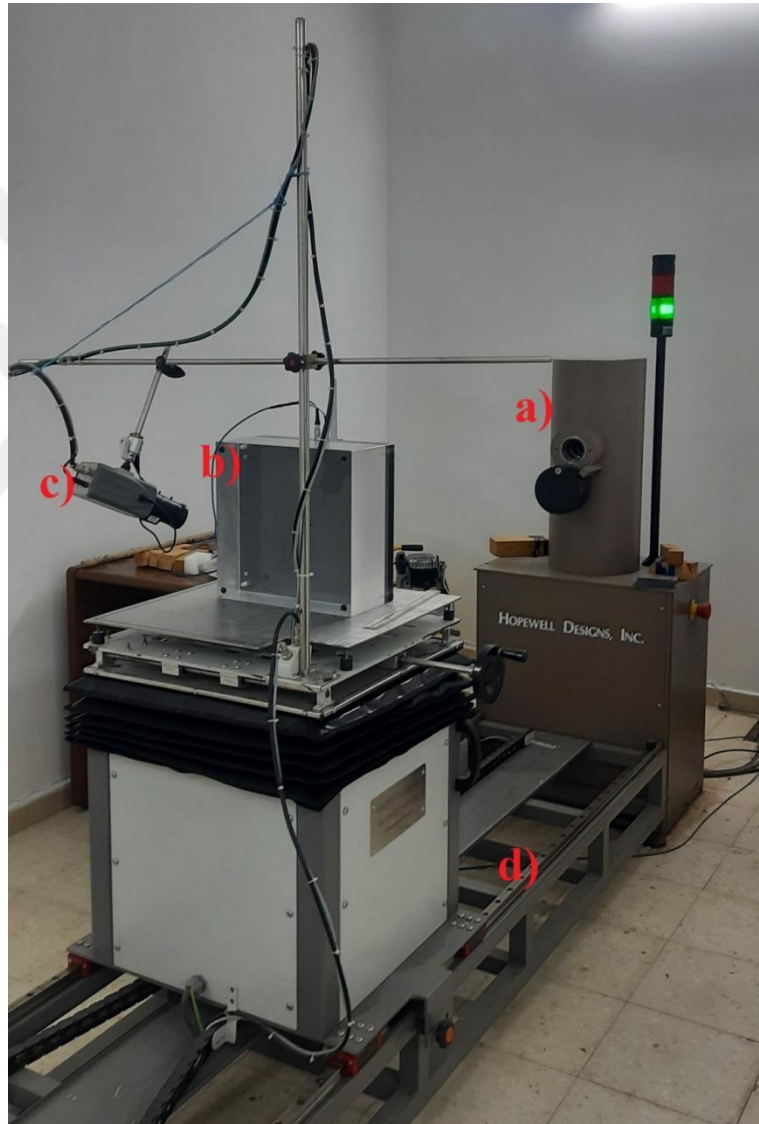
Dijital bir spektrofotometre ile ölçüm yaparken çevresel etkilerin elimine edilebilmesi amacıyla numunelere ait renk ölçümlerinin bir renk kabini içerisinde yapılması tavsiye edilmektedir. Aydınlatma kaynağı olarak CIE, yapay gün ışığı koşullarını sağlayan floresan lamba D65'in kullanılmasını önermektedir (Fidan vd., 2021). Bu nedenle çalışmamızda, S.D.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan doğal gri renge sahip bir renk ölçüm kabininden (Color Assessment Cabinets, Çin) yararlanılmıştır (Şekil 3.17). Bu renk ölçüm kabini ile çeşitli yapay ışık kaynağı ortamları oluşturulabilmektedir. Çalışmamızda D65 ortamı kabin üzerinden seçilerek ölçüm yapılmıştır. D65 ortamı, 6500 °K'lık bir floresan lambaya sahiptir (Philips MASTER TL-D 90 De Luxe 18W/965, Polonya) ve ideal gün ışığı koşullarını sağlamaktadır.



Şekil 3.17. Çalışmada kullanılan renk ölçüm kabini

3.2.4. Gama ışınlama düzeneği

Hızlandırılmış gama yaşlandırma işlemi için Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü ile iletişime geçilerek bu tesiste bulunan, ^{137}Cs Kalibrasyon Laboratuvarı'ndan faydalanılmıştır. Bu birim, uluslararası standartlara uygun ikinci dereceden doğruluk kalibrasyon (SSDL: Secondary Standard Dosimetry Laboratory) işlemlerinin yapılabildiği bir laboratuvardır (Duruer vd., 2010).



Şekil 3.18. Kullanılan ışınlama düzeneği (Kurşun zırh içerisindeki sezyum kaynağı (a), Hp 10 detektörü (b), kamera (c) ve kızak (d))

İşnlama işlemi için ISO ve IEC (International Electrotechnical Commission) standartlarında tavsiye edilen ^{137}Cs kaynağı (8,58 Ci aktiviteli ve 622 keV enerjili

Laboratuvarda kaynaktan yayınlanan radyasyon düzeyini ölçmek için Hp 10 ikincil standart oda tipi 34035 dozimetri (PTW: Physikalisch-Technische Werkstätten, Freiburg, Almanya) kullanılmaktadır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Hp 10 dedektör

Işınlama tesisi alanı, toprak zeminin yaklaşık olarak 3 metre altında olup kalın beton duvarlarla çevresi örülmüş, kontrol birimi odası ile deney birimi sahası arasındaki kapı kurşun ile zırhlanmıştır. Kapı eşiğinde bulunan interlock (kilitleme) sistemiyle kapı açıkken ışınlama yapılması engellenmektedir. Ortam koşullarının sabit kalması için bir adet klima ve ortamdaki nemi gideren cihaz sürekli çalışmaktadır. Deney kaynağı ^{137}Cs , silindir şeklindeki kurşun zırh içerisinde bulunmaktadır. Kaynak, bu silindirin içerisindeki paslanmaz çelik boruda yukarı ve aşağı yönde hareket edebilmektedir. Silindir zırhın ortasında, kaynağın ışınlama yapabilmesi için bir açıklık bulunmaktadır. Bu açıklığın hemen altında, herhangi bir olumsuz durumda ışınlama penceresini kapatmak için 3 adet filtre yer almaktadır. Bu filtreler üst üste kapatıldığında, radyasyon seviyesini 1000 kata kadar azaltabilmektedir. Silindir zırha monte edilmiş ve ışınlama işleminin yapılıp yapılmadığını görsel olarak belirten ışıklı uyarı

sisteminde, ışınlama yapılırken kırmızı ışık yanmakta, yeşil ışık ise kaynağın zırhlama altında olduğunu yani ışınlama yapılmadığını göstermektedir (şekil 3.18(a)). Deney safhasına sezyum kaynağı bir hava kompresörü sayesinde yukarı kaldırılarak ışınlama prosedürü başlamaktadır. Kaynak ile dedektörün aynı hizada olmasını sağlamak için lazer kullanılmaktadır.

Disk şeklindeki dental kompozit numunelerin gama maruziyetine bırakılmadan önce kaynağın ve dedektörün test edilmesi için ortamda hedef olmaksızın deneme ışınlaması yapılmıştır. Buradaki amaç kaynaktan elde edilen dozun 1 mSv üstünde veya altında olmamasını sağlamaktadır.

ışınlama yüzeyi (numune tablasının asılacağı yüzey), hareketli kızak yardımıyla kaynaktan 1,5 m uzağa konumlandırılmıştır (konumlandırma işlemi, hizalama lazeri yardımıyla kaynak merkezi ve dedektör merkezinin aynı ykseklіęe getirilmesiyle gerçekleştirilmiştir). Bu aşamadan sonra güvenli odaya geçilmiş olup tetikleyici otomasyonuna 120 saniye süre girilip ışınlama başlatılmıştır (şekil 3.22). Bir hava kompresörü yardımıyla kurşun zırhın önünde bulunan ışınlama penceresi seviyesine ıkarılan ^{137}Cs kaynağının bu süre boyunca ışınlama yüzeyinde oluşturduğu doz düzeyi 309,2 μSv olarak ölçülmüştür (şekil 3.23).



şekil 3.22. Test lm için kontrol otomasyon ve tetikleyici ünitenin çalıştırılması

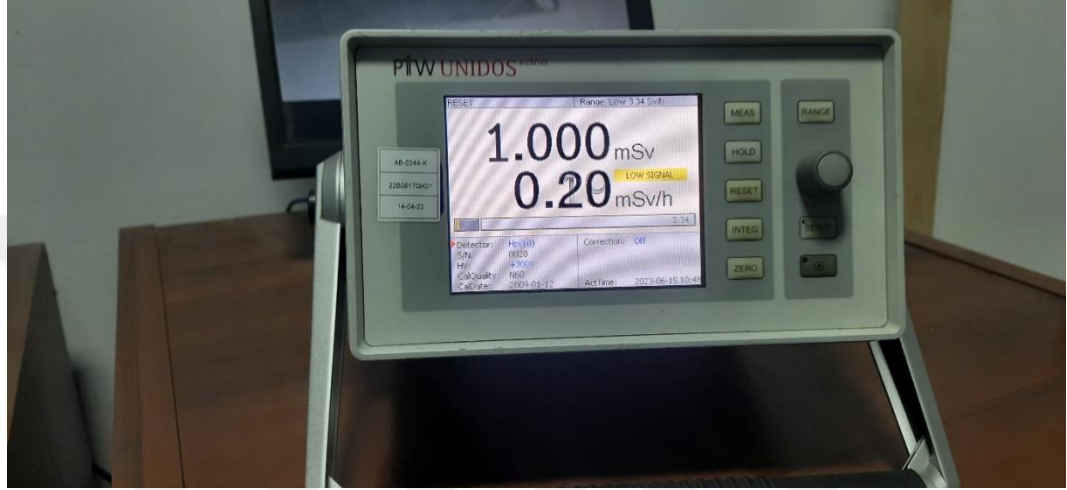


Şekil 3.23. Işınlama süresi sonunda ölçüm yüzeyinde saptanan doz düzeyi

Bir yıllık hızlandırılmış gama yaşlandırma işlemi için numunelerin 1 mSv düzeyinde radyasyon dozuna maruz bırakılması gerektiği öngörülmüştür. Bu kabul için dünya genelinde, bina içi gama doz hızı düzeyinin 84 nSv/h ve bina dışı gama doz hızı düzeyinin 59 nSv/h düzeyinde olduğu bilgisinden (UNSCEAR, 2000) ve ayrıca 1 Ocak-25 Mart 2016 tarih aralığındaki RESA (Radyasyon Erken Uyarı Sistemi Ağı) verilerine göre ülkemizdeki bina dışı gama doz hızı ortalamasının 92 nSv/h olduğu bilgisi (Kürkçüoğlu ve Çine, 2017) ile Isparta il merkezinde yapılan bir çalışmada elde edilen bina içi ve bina dışı yıllık gama doz hızı ortalamalarının sırasıyla, 183 nSv/h ve 171 nSv/h düzeyinde olduğu bilgilerinden (Çine, 2017) faydalanılmıştır. Yukarıdaki ölçüm sonuçlarından yola çıkılarak; yıllık bina dışı doz hızı ortalamasının 1,17 mSv düzeyinde iken yıllık bina içi doz hızı ortalamasının 0,94 mSv düzeyinde olduğu görülmüş ve insanların bina içinde zamanının %90'ını geçirdiği varsayılarak bir tahmin hesaplaması yapılmıştır (bina içi doz düzeyi: $0,9 \times 1,17 = 1,053$ mSv ve bina dışı doz düzeyi: $0,1 \times 0,94 = 0,094$ mSv, gama radyasyonu nedeniyle maruz kalınan tahmini doz düzeyi: $1,053 + 0,094 = 1,147$ mSv yani ~ 1 mSv olarak alınmıştır).

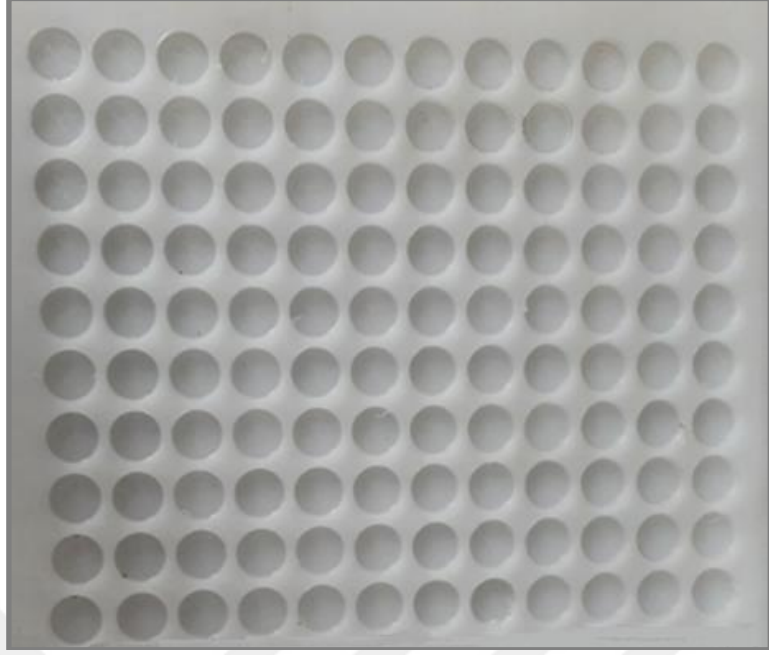
Gama ışınlama düzeneğinde 1 mSv'lik doza ulaşmak için kaynak ve hedef arasındaki mesafe değiştirilmeden ^{137}Cs kaynağı ile 388 saniye boyunca ışınlama yapmanın yeterli olacağı bulunmuştur (120 saniyelik ışınlama 309,2 µSv düzeyinde bir doza karşılık geldiğinden doğru orantı kurularak ışınlama süresi 388 saniye olarak hesaplanmıştır).

Bu hesaplamalar doğrultusunda, kaynaktan 1,5 m uzaklıkta ve 388 saniye boyunca ışınlamanın karşılık geldiği doz düzeyi 2. bir ışınlama testi ile kontrol edilmiştir. Tetikleyici 388 saniye ayarlandıktan sonra, ışınlama yüzeyindeki radyasyon düzeyinin 1 mSv olduğunun sağlaması kontrol biriminde bulunan detektöre ait monitörden onaylanmıştır (Şekil 3.24).

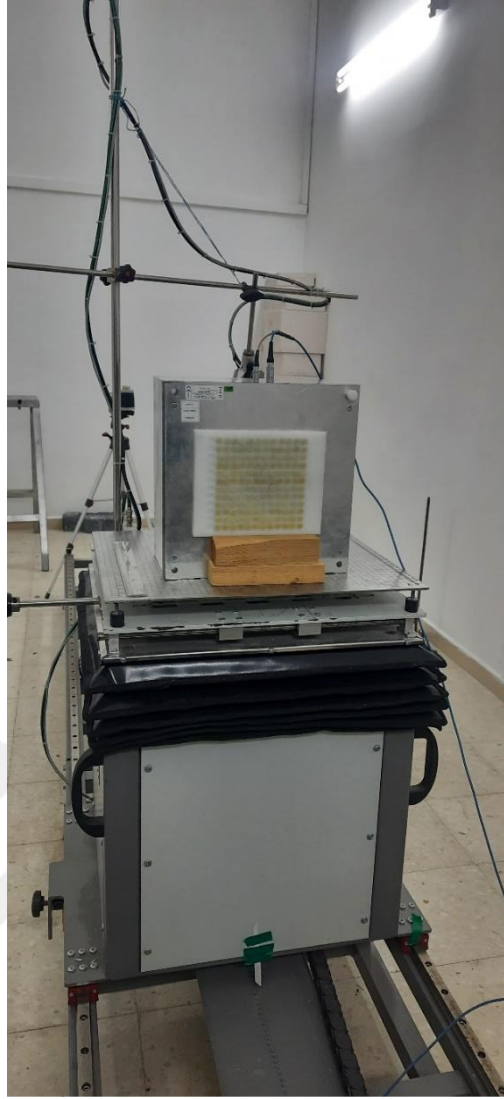


Şekil 3.24. İkinci testölçümünde, ölçüm yüzeyinde elde edilen doz düzeyinin kontrolü

Tüm hesaplamalar yapıldıktan ve numunelere ait kontrol grubu renk ölçümleri tamamlandıktan sonra ışınlanacak numuneler, renk ölçüm yüzeyleri özel olarak tasarladığımız, teflon malzemeden üretilmiş ışınlama tablasına (Şekil 3.25) yerleştirilerek ışınlama düzlemindeki yerine sabitlenmiştir (Şekil 3.26). Numunelerin tablaya yerleştirilmesi arka yüzlerine kazınan kodlama sırasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma aşamaları boyunca gama radyasyonu ile yaşlandırmaya maruz bırakılacak numuneler; 1, 2 ve 5 yıllık hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemleri için sırasıyla 1, 1 ve 3 mSv dozlarında ışınlanarak toplamda 5 mSv'lik doza maruz bırakılmıştır. Her yaşlandırma işleminin ardından numunelere ait renk bilgileri VITA Easyshade V spektrofotometresi ile ölçülmüştür.



Şekil 3.25. Işınlama tablası (ısıya dayanıklı 0,4 mm kalınlıktaki teflon malzemeye CNC tezgahında 0,2 mm derinlikte ve 10 mm çapında, 0,2 mm aralıklarda silindirik boşluklar açılarak oluşturulmuştur)



Şekil 3.26 Numunelerin ışınlama tablasına yerleştirildikten sonra ışınlama düzeneğinde konumlandırılması

3.3. Renk Farkının Hesaplanması

CIE $L^*a^*b^*$ sisteminde renk farkı Eşitlik 1.4 kullanılarak hesaplanabilmektedir. Eşitlik 1.5 ile verilen CIE-DE2000 sistemi farklı renk koordinatlarıyla renk farklılığı hesabı yapılmasına olanak vermesi nedeniyle bazı çalışmalarda tercih edilmekte olup Sharma (2005) ve arkadaşları tarafından ΔE_{00} formülünün çıkarılması detaylı olarak anlatılmış olup ilgili hesaplamalar için bir Microsoft Excel çalışma sayfası sunmuşlardır. Çalışmamızda güncelliğini koruyan Eşitlik 1.4 ile verilen CIE $L^*a^*b^*$ koordinat sistemi için renk farkını veren ΔE_{ab}^* formülü tercih edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Test Ölçümleri

120 numunenin hazırlanmasının ardından, deneysel ölçümlere geçilmeden önce; bir numuneden kaç kez ölçüm alınacağı ve aynı renk tonuna sahip numuneleri gruplandırırken (TS grubu ve G grubu olarak) numunelerin rastgele seçilmesinin uygun olup olmayacağı test ölçümleri ile araştırılmıştır. Bunun için Filtek™ Z250 A2 renk tonuna ait kompozit malzemeden üretilen 20 numuneden 12'si rastgele seçilmiştir (N=12). VITA Easyshade V dijital spektrofotometre aritmetik ortalama değeri veren moda ayarlanarak kalibre edilmiştir. Seçilen numunelere ait renk ölçümleri için "Bölüm 3.2.3." ile verilen aydınlatma kabini D65 gün ışığı moduna ayarlanmış ve kabinde beyaz zemin üzerinde spektrofotometre ile numunelerin ön yüzlerinden L^* , a^* ve b^* ölçümleri alınmıştır. Renk ölçümü yapılırken her bir numunenin merkeze yakın 5 noktasından, spektrofotometre ölçüm yüzeyine dik olacak şekilde ölçüm alınmış ve bu 5 ölçümün ortalaması, ilgili numunenin CIE renk sistemindeki L^* , a^* ve b^* değeri olarak kayıt altına alınmıştır. Böylelikle, 12 numuneye ait birinci test ölçümleri tamamlanmış ve sonra tekrar başa dönülerek ikinci ve üçüncü test ölçümleri benzer şekilde alınarak tablolanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Test ölçüm sonuçları (çizelgede verilen her bir değer 5 ölçüm ortalamasını temsil etmektedir)

Sıra No	1. Test ölçüm			2. Test ölçüm			3. Test ölçüm		
	L_{1t}	a_{1t}	b_{1t}	L_{2t}	a_{2t}	b_{2t}	L_{3t}	a_{3t}	b_{3t}
1	81,70	-0,80	21,70	81,60	-0,80	21,70	81,70	-0,80	21,80
2	81,20	-0,70	22,30	81,20	-0,80	22,20	81,00	-0,70	22,20
3	81,20	-0,60	21,60	81,20	-0,70	21,80	81,20	-0,70	21,70
4	81,10	-0,50	22,30	81,30	-0,50	22,40	81,30	-0,50	22,40
5	81,30	-0,60	22,40	81,30	-0,60	22,60	81,30	-0,60	22,50
6	81,80	-0,60	22,20	81,90	-0,60	22,40	82,00	-0,60	22,40
7	81,80	-0,70	22,40	81,80	-0,60	22,50	81,80	-0,60	22,50
8	82,00	-0,60	22,70	81,90	-0,60	22,70	81,80	-0,60	22,70
9	82,40	-0,70	22,30	82,40	-0,70	22,40	82,40	-0,70	22,40
10	82,60	-0,50	22,70	82,40	-0,50	22,70	82,50	-0,50	22,90
11	82,50	-0,50	22,70	82,50	-0,60	23,00	82,50	-0,50	22,80
12	82,80	-0,60	22,40	82,80	-0,60	22,50	82,90	-0,60	22,60

Çizelge 4.1 ile verilen ölçüm ortalamalarına ait veriler, Süleyman Demirel Üniversitesi tarafından sağlanan SPSS (Statistical Package for the Social Sciences: Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı) (IBM Statistics 29.0, New York, ABD) kullanılarak (SPSS, 2023) istatistiksel olarak analiz edilmiştir. İstatistiksel analize geçilmeden önce test ölçüm verilerin normal dağılıp dağılmadığı araştırılmıştır. İstatistikte normal dağılımı test etmenin yollarından biri, çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerlerinin tespitine dayanmaktadır. Çarpıklık ve basıklık verilerinin -1,5 ile +1,5 arasında olması durumunda verilerin normal dağıldığı ortaya çıkarılmıştır (Tabachnick ve Fidell, 2013). Test verileri için yapılan analizler sonucunda çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş ve böylece tüm veri gruplarının normal dağıldığı kabul edilmiştir (Çizelge 4.2). Çizelge 4.2’de ayrıca, her bir gruba ait verilerin minimum, maksimum ve aritmetik ortalama değerleri de sunulmaktadır.

Çizelge 4.2. Test verilerinin çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L^*_{1t}	12	81,10	82,80	81,87	0,60	0,20	-1,42
a^*_{1t}		-0,80	-0,50	-0,62	0,09	-0,41	-0,30
b^*_{1t}		21,60	22,70	22,31	0,35	-0,99	0,64
L^*_{2t}		81,20	82,80	81,86	0,56	0,30	-1,30
a^*_{2t}		-0,80	-0,50	-0,63	0,10	-0,56	-0,31
b^*_{2t}		21,70	23,00	22,41	0,37	-0,71	0,52
L^*_{3t}		81,00	82,90	81,87	0,61	0,22	-1,11
a^*_{3t}		-0,80	-0,50	-0,62	0,09	-0,41	-0,30
b^*_{3t}		21,70	22,90	22,41	0,36	-0,86	0,34

SS: Standart sapma, A.Ort: Aritmeti ortalama

Her bir grupta 12 ölçüm olduğundan (ölçüm sayıları aynı olduğu ve değişmediğinden) ve her grupta incelenen numuneler aynı materyalden üretildiğinden, tekrarlı ölçüm yapılan gruplara ait verilerin bağımlı veriler olduğu kabul edilmiştir. Bağımlı grup sayısının üç veya daha fazla olduğu durumlarda, normal dağılıma sahip veriler için “Tekrarlı (İlişkili) Ölçümler İçin Varyans Analizi (ANOVA)” testi kullanılmaktadır. Birinci, ikinci ve üçüncü test ölçümlerine ait L^* , a^* ve b^* verilerinin istatistiksel analizi için SPSS programında tekrarlı ANOVA testi uygulanmıştır. p anlamlılık değeri 0,05 alınmıştır. İstatistiksel değerlendirme sonucunda, grup verilerinde L^* , a^* ve b^* ölçümleri

bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Test ölçümlerinden elde edilen L^* , a^* ve b^* koordinatlarına ait tanımlayıcı istatistikler

	N	Mak.	Min.	A.Ort	p
L^*	36	82,90	81,00	81,86	0,347
a^*	36	-0,50	-0,80	-0,62	0,228
b^*	36	23,00	21,60	22,38	0,601

N: Ölçüm sayısı, p : ANOVA testi sonucunda elde edilen anlamlılık değeri

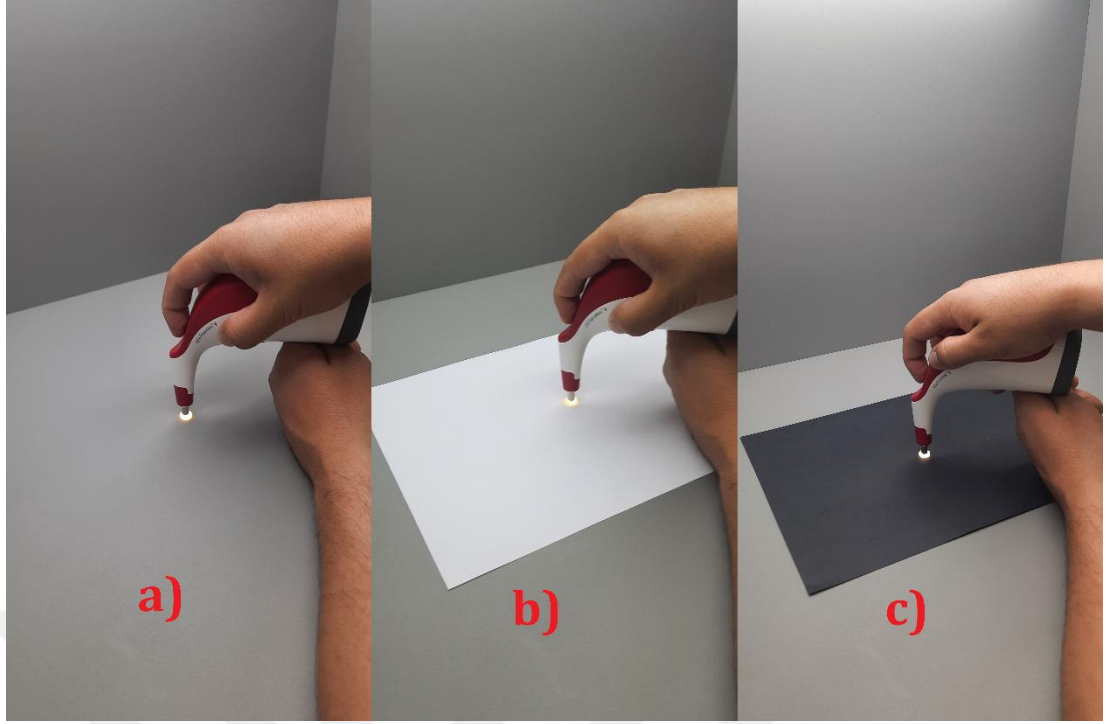
Test ölçümleri için yapılan istatistiksel analizer sonucunda; birinci grup, ikinci grup ve üçüncü grup test ölçümleri için belirlenen L^* , a^* ve b^* değerlerinin kendi içinde tutarlı olduğu bulunmuştur. Yani, L^*_{1t} , L^*_{2t} , ve L^*_{3t} ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (a^*_{1t} , a^*_{2t} , ve a^*_{3t} ölçümleri arasında ve b^*_{1t} , b^*_{2t} , ve b^*_{3t} arasında da anlamlı bir farklılık yoktur). Bu durum, deneysel ölçümler için termal siklus (TS) ve gama (G) yaşlandırma işlemlerine tabi tutulacak grupları oluştururken numunelerin rastgele seçilebileceğini göstermektedir. Ayrıca deneysel çalışma için bir numune yüzeyinden 5 noktadan renk ölçümü alınmasının yeterli olacağı da ortaya çıkarılmıştır.

4.2. Zemin Renginin Belirlenmesi

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerle yapılan restorasyonlarda rengin farklı algılanmasına neden olabilecek etmenler arasında; gözlemci farkları, cismin büyüklüğündeki farklar, ışık kaynağı farkları, yönsel farklılıklar ve fon farklılıkları sayılabilir. Dental materyallerde yapılan renk ölçüm çalışmaları için fon (background veya arka plan veya zemin) numunelerin yerleştirildiği yüzey ve numunelerin kenarından itibaren her yönde yaklaşık 10° açıyla uzanan çevre olarak tanımlanabilir (ISO, 2016). Klinik uygulamalarda fon ile genellikle ağız boşluğunun karanlığı kast edilmektedir. Renk ölçümlerinde fonun renk algısı üzerinde etkisi olduğu bilinmesine rağmen (arka plan koyu ise cisim parlak ve açık renk algılanmakta, arka plan açıksa cisim daha mat ve koyu renkli algılanmaktadır), hangi zemin üzerinde ölçüm yapılacağına dair bir fikir birliği

bulunmamaktadır (Lee vd., 2005; Perez vd., 2020). Renk üzerine yapılan araştırmalarda; siyah (Ghinea vd., 2010; Perez vd., 2011; Bona vd., 2015; Pecho vd., 2016a; Perez vd., 2018), gri (Lindsey ve Wee, 2007; Paravina vd., 2015; Pecho vd., 2016b) veya beyaz (Dietschi, 1994; Braun vd., 2013; Güngör vd., 2016) zeminlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte, ISO'nun görsel ve araçsal renk değerlendirmesi için belirli bir zemini önermemesi de bu konudaki belirsizliği derinleştirmektedir (ISO, 2016). Tezimizde kompozit numunelerin renk ölçümleri için yapılacak deneysel çalışmaya geçilmeden önce, hangi zemin üzerinde spektrofotometrik ölçüm yapmanın daha uygun olacağının araştırılmasına yönelik bir ön değerlendirme yapılmıştır.

Uygun zeminin belirlenebilmesi için gerçekleştirilen ön ölçüm çalışmasında, Clearfil Majesty Esthetic ve Filtek markalarına ait A2 ve A3 renk tonlarındaki 30'ar kompozit rezin numunesi, farklı renkteki zeminler üzerinde VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi ile ölçülmüştür. Spektrofotometrik ölçümlerde, cihaz aritmetik ortalama değeri veren moda ayarlanarak, ölçüm cihazının ucu numune yüzeyine dik olacak şekilde konumlandırılmış ve aynı araştırmacı tarafından her bir numune için 5 ölçüm noktasından L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Her ölçüm öncesi spektrofotometre kalibre edilmiştir. Ölçüm sonucunda, cihazın ekranında VITA klasik (VITA C) renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu (A2, A3, ... vb.), numune üreticisi tarafından bildirilen renk tonu ile karşılaştırılmak üzere kaydedilmiştir. Ölçümler, çevresel koşulları elimine eden renk ölçüm kabini (Bölüm 3.2.3.) içerisinde, yapay D65 gün ışığı altında gri, beyaz ve siyah zeminler için ayrı ayrı yapılmıştır (Şekil 4.1). Renk ölçüm kabini nötral gri rengine olduğundan gri renkteki zemin ölçümlerinde, kabin yüzeyi zemin olarak kullanılmıştır. Beyaz ve siyah renkteki zemin ölçümlerinde ise 0,1 mm kalınlığındaki beyaz ve siyah renkli A4 fon kâğıtları kabin tabanına yerleştirilerek zemin olarak kullanılmıştır. Toplamda 120 numune için elde edilen L^* , a^* ve b^* ölçümlerine ait ortalama değerler EK-A'da verilmiş olup bu verilere karşılık gelen renk tonlarına ait yüzdelik değerler Çizelge 4.4'te üretici tarafından bildirilen renk tonlarıyla karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.



Şekil 4.1. Farklı zeminler üzerinde numunelere ait renk tonlarının belirlenmesi (gri zemin (a), beyaz zemin (b), siyah zemin (c))

Çizelge 4.4. Üreticiler tarafından bildirilen renk tonlarıyla spektrofotometre ile belirlenen renk tonlarının karşılaştırılması (karşılaştırmalar VITA klasik skalasına göre yapılmıştır)

Marka	N	Üretici tarafından bildirilen renk tonu	Spektrofotometre tarafından ölçülen renk tonlarına ait yüzdeler		
			Zemin		
			Gri	Beyaz	Siyah
Clearfil Majesty Esthetic	30	A2	A1 (%6,7)	A2 (%43,3) A3 (%56,7)	A1 (%100,0)
			A2 (%23,3)		
			B2 (%70,0)		
	30	A3	A1 (%20,0) A2 (%3,3) B2 (%66,7) C2 (%10,0)	A3 (%100,0)	A1 (%100,0)
Filtek™ Z250	30	A2	A1 (%93,4)	A2 (%100,0)	A1 (%100,0)
			A2 (%3,3)		
			B2 (%3,3)		
	30	A3	A2 (%3,3) A3 (%6,7) B2 (%90,0)	A3 (%100,0)	A1 (%3,3) B2 (%3,3) C2 (%93,4)

Çizelge 4.4'ten de anlaşılacağı üzere, farklı zemin üzerindeki numune renkleri, VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi ile farklı biçimde algılanmaktadır.

Üretici tarafından bildirilen VITA C skalasındaki renk tonu ile spektrofotometrik ölçümler karşılaştırıldığında, beyaz zemin üzerinde yapılan ölçümlerin oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. Filtek™ Z250 kompozit rezininin A2 ve A3 renk tonunda %100 eşleştiği; Clearfil Majesty Esthetic kompozit rezinin A3 tonu için %100 eşleşirken, A2 tonu için %42,3 oranında eşleştiği bulunmuştur. Beyaz zemin üzerinde dijital spektrofotometre ile ölçülen 120 numunenin ~% 86'sının renk tonu, üreticinin bildirdiği renk tonuyla uyumlu çıkmaktadır. En iyi ikinci eşleşme gri zemin üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilmiş olmasına rağmen ~% 8,3'lük düşük bir uyuma sahiptir. Siyah zemin üzerinde yapılan ölçümlerde ise herhangi bir eşleşmeye rastlanamamıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, kompozit numunlerle yapılacak deneysel ölçümler için renk kabini içerisinde beyaz zemin üzerinde ölçüm alınması gerektiği ortaya çıkarılmıştır.

4.3. Yapay Yaşlandırma İşlemi Sonrası Renk Ölçümleri

Üç üreticiye ait dental kompozit malzemeler için A2 ve A3 renk tonlarına sahip 20'şer numune hazırlandıktan sonra her örnek grubundan rastgele seçilen 10'ar numune TS ve G yaşlandırma gruplarını oluşturacak biçimde ayrılarak arka yüzeyleri kodlanmıştır. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemleri uygulanmadan önce tüm numunelere ait, kontrol grubu (KG) ölçümleri (L_0^* , a_0^* ve b_0^*) alınmıştır. Her yaşlandırma işleminin ardından alınan renk koordinatı ölçümleriyle; bir yıllık TS ve G yaşlandırmaları için L_1^* , a_1^* ve b_1^* , iki yıllık yaşlandırmalar için L_2^* , a_2^* ve b_2^* ve beş yıllık yaşlandırmalar için L_5^* , a_5^* ve b_5^* verileri alınarak CIE $L^*a^*b^*$ sistemindeki ΔE_{ab}^* , renk farkı değerleri Denklem 1.4 kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm ölçümlerden önce dijital spektrofotometre kalibre edilmiştir. Yapay yaşlandırma işlemlerine ait renk ölçümleri; Bölüm 3.2.3'te tanıtılan renk kabini içerisinde, D65 yapay gün ışığı altında, beyaz zemin üzerinde, Bölüm 3.2.2.'de tanıtılan VITA Easyshade V dijital spektrofotometresi aritmetik ortalama moda ayarlanarak ve her bir numunenin ölçüm yüzeyinden (merkeze yakın ölçüm noktalarından) 5'er ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler gruplandırılarak normal dağılıma sahip olup olmadıkları araştırılmış ve daha sonra SPSS programında normallik durumuna uygun olan istatistiksel analiz testleri kullanılarak grup verileri arasındaki farklılıklar

incelenmiştir. İzleyen kısımda, her üreticiye ait farklı renk tonlarındaki örnek grupları için yapılan TS ve G yaşlandırma işlemlerine ait ölçümler ayrı ayrı değerlendirilerek verilmekte ve bölüm sonunda bu çalışma kapsamında incelenen dental kompozit numunelere ait renk ölçüm sonuçları topluca değerlendirilmektedir.

4.3.1. Clearfil Majesty Esthetic A2 numunelerine ait ölçümler

4.3.1.1. Kontrol grubu ölçümleri

Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri (N=20), hiçbir yapay yaşlandırma işlemine tabi tutulmadan önce dijital spektrofotometre ile ölçülerek elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* değerleri kontrol grubu (KG) verileri olarak kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.5). L_o^* , a_o^* ve b_o^* gruplarındaki verilerin normal dağılıma sahip olduğu, SPSS programı vasıtasıyla bu verilerin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında bulunduğunun gösterilmesi ile ortaya çıkarılmıştır (Çizelge 4.6). Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit numuneler, TS ve G yaşlandırma işlemleri için iki gruba ayrılmış (TS yaşlandırmada K01-K10 kodlu numuneler, G yaşlandırmada ise K11-K20 kodlu numuneler seçilmiş) ve sırasıyla 1, 2 ve 5 yıllık hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Çizelge 4.5. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_0^*	a_0^*	b_0^*
K01	81,20	0,40	24,80
K02	83,10	0,80	23,60
K03	81,10	0,60	22,00
K04	83,00	0,90	23,40
K05	81,70	0,40	24,90
K06	81,50	0,20	23,30
K07	83,90	1,00	23,40
K08	82,70	0,50	25,00
K09	82,40	0,70	22,60
K10	83,30	0,60	23,40
K11	81,40	0,60	22,80
K12	82,00	0,60	22,40
K13	81,30	0,60	22,20
K14	81,60	0,10	25,10
K15	82,80	0,80	23,20
K16	82,80	0,40	23,40
K17	83,40	0,50	23,30
K18	82,50	0,70	23,60
K19	81,30	0,60	25,50
K20	82,00	0,60	25,40

Çizelge 4.6. KG ölçümlerinden elde edilen L_0^* , a_0^* ve b_0^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_0^*	20	81,10	83,90	82,25	0,85	0,26	-1,15
a_0^*		0,10	1,00	1,00	0,22	-0,30	0,52
b_0^*		22,00	23,67	25,50	1,01	0,38	0,97

4.3.1.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

A2 renk tonundaki numuneler hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemleri için iki gruba ayrılmıştır. TS yaşlandırma için Bölüm 3.2.1 ile tanıtılan Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde bulunan dentester termal siklus cihazı kullanılmıştır. Dentester cihazı ile yapılan yaşlandırma işlemine ait detaylar Bölüm 3.2.1’de verilmektedir (1 yıllık hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemine karşılık olarak 1000 döngü uygulanmıştır). Diğer grup Bölüm 3.2.4’te tanıtılan Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü ^{137}Cs Kalibrasyon Laboratuvarı’ndaki ışınlama düzeneği kullanılarak gama radyasyonuna maruz

bırakılmıştır (1 yıllık hızlandırılmış G yaşlandırma işlemi için 1 mSv radyasyon dozu uygulanmıştır). Yaşlandırma işlemlerinin ardından numunelere ait renk ölçümleri yapılarak L_1^* , a_1^* ve b_1^* renk koordinatları kayıt altına alınmıştır (Çizelge B.1). 2 yıllık yaşlandırmanın sağlanabilmesi için numuneler TS ve G yaşlandırma işlemleriyle 1'er yıl daha yaşlandırılmış ve sonrasında yapılan renk ölçümleriyle elde edilen veriler, L_2^* , a_2^* ve b_2^* olarak kaydedilmiştir (Çizelge B.2). Benzer şekilde, 5 yıllık yaşlandırmanın tamamlanabilmesi için TS grubuna 3000 döngü daha uygulanmış, G grubu ise ışınlama laboratuvarında 3 mSv ilave doza maruz bırakılmıştır. Yaşlandırma işlemleri tamamlandıktan sonra numunelerden alınan spektrofotometrik ölçümler L_5^* , a_5^* ve b_5^* olarak dijital ortamda depolanmıştır (Çizelge B.3). Kontrol grubu dahil tüm yaşlandırma işlemlerine ait L^* , a^* ve b^* renk koordinat verileri için elde edilen aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4.7'de sunulmaktadır. Çizelge 4.7'de ayrıca farklı yaşlandırma işlemleri sonucunda, kontrol grubu ölçümleri baz alınarak yıllara göre ortaya çıkan ΔE_{ab}^* renk farkı değerleri de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS yaşlandırma	KG	82,39	0,92	0,61	0,23	23,64	0,94	-	-
	1. yıl	83,15	0,82	0,75	0,20	23,10	0,87	1,00	0,25
	2. yıl	83,25	0,91	0,78	0,20	23,27	0,91	1,06	0,18
	5. yıl	83,79	0,86	0,82	0,18	23,26	0,77	1,52	0,18
G yaşlandırma	KG	82,11	0,70	0,55	0,18	23,69	1,16	-	-
	1. yıl	82,84	0,69	0,65	0,14	23,08	0,88	0,98	0,25
	2. yıl	83,16	0,65	0,72	0,13	22,68	0,97	1,49	0,14
	5. yıl	83,40	0,70	0,77	0,11	22,55	0,82	1,79	0,22

Ek-B ile Çizelge B1-B3'te verilen ΔE_{ab}^* , renk farkı verilerinin normal dağılıma sahip olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Bunun için veriler, SPSS programında Shapiro-Wilk testine tabi tutulmuş. Elde edilen p -değerlerinin 0,05'ten büyük olduğu ve ΔE_{ab}^* verilerinin normal dağıldığı bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Clearfil Majesty Esthetic A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

		Renk Farkı	p -değeri
Clearfil Majesty Esthetic A2	TS	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,326
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,880
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,655
	G	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,340
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,726
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,355

EK-B, Çizelge B1-B3'teki ΔE_{ab}^* verilerinin yıllara göre kendi yaşlandırma işlemleri içerisinde bağımlı gruplar olduğu açıktır. İstatistiksel değerlendirmede, normal dağılıma sahip Bağımlı Gruplar t Testi analiz edilmelidir. Bu nedenle TS yaşlandırma ve G yaşlandırma işlemlerine ait ΔE_{ab}^* verileri (1 yıl- 2 yıl ve 5 yıla ait veriler) kendi içlerinde, SPSS programında Bağımlı Gruplar t Testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda TS için, 1 yıllık yaşlandırma ile 2 yıllık yaşlandırma arasında anlamlı fark olmadığı ($p>0,05$), 1-5 ve 2-5 yıl yaşlandırma karşılaştırmalarında ise anlamlı fark olduğu ($p<0,05$) görülmüş; G için ise 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. TS ve G yaşlandırma işlemleri için istatistiksel analiz sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,388	yok
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	<0,001	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var

Çizelge 4.5'te verilen L^* , a^* ve b^* KG ölçümleri; 1 yıl (Çizelge B.1), 2 yıl (Çizelge B.2) ve 5 yıl (Çizelge B.3) verileri, Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerleri Çizelge 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.10. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,531	var
		a^*_0	0,969	var
		b^*_0	0,228	var
	1. yıl	L^*_1	0,382	var
		a^*_1	0,849	var
		b^*_1	0,808	var
	2. yıl	L^*_2	0,594	var
		a^*_2	0,685	var
		b^*_2	0,848	var
	5. yıl	L^*_5	0,200	var
		a^*_5	0,814	var
		b^*_5	0,919	var
G Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,305	var
		a^*_0	0,041	yok
		b^*_0	0,129	var
	1. yıl	L^*_1	0,366	var
		a^*_1	0,018	yok
		b^*_1	0,049	yok
	2. yıl	L^*_2	0,491	var
		a^*_2	0,089	var
		b^*_2	0,251	var
	5. yıl	L^*_5	0,608	var
		a^*_5	0,124	var
		b^*_5	0,057	var

Shapiro-Wilk normallik testi sonrası SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi ile; normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonrası p anlamlılık değerinin; KG değerleri ile 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma işlemleri sonrasında L^* , a^* ve b^* renk koordinat değerlerinin kendi grupları arasında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ($p<0,05$) (TS yaşlandırma yönteminde; L^*_1 - L^*_2 , a^*_1 - a^*_2 , G yaşlandırma yönteminde; a^*_2 - a^*_5 ve b^*_2 - b^*_5 karşılaştırmaları hariç) bulunmuştur (Çizelge 4.11).

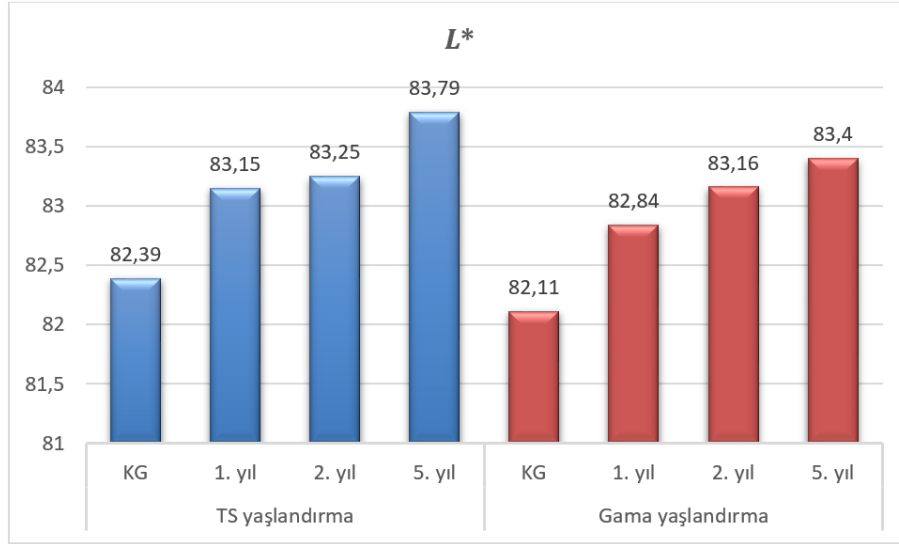
Çizelge 4.11. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*		Anlamlı Fark	a^*		Anlamlı Fark	b^*		Anlamlı Fark
	Kar.	p		p	p				
TS yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_1$	0,007	var	$b^*_0-b^*_1$	0,001	var
	$L^*_0-L^*_2$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_2$	0,003	var	$b^*_0-b^*_2$	0,028	var
	$L^*_0-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	0,213	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,193	yok	$b^*_1-b^*_2$	0,022	var
	$L^*_1-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_2-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_2-b^*_5$	<0,001	var
G yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_1$	<0,004	var*	$b^*_0-b^*_1$	<0,005	var*
	$L^*_0-L^*_2$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_2$	<0,006	var*	$b^*_0-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_5$	<0,004	var*	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	0,003	var	$a^*_1-a^*_2$	0,008	var*	$b^*_1-b^*_2$	<0,005	var*
	$L^*_1-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_5$	<0,005	var*	$b^*_1-b^*_5$	<0,005	var*
	$L^*_2-L^*_5$	0,013	var	$a^*_2-a^*_5$	0,052	yok	$b^*_2-b^*_5$	0,221	yok

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

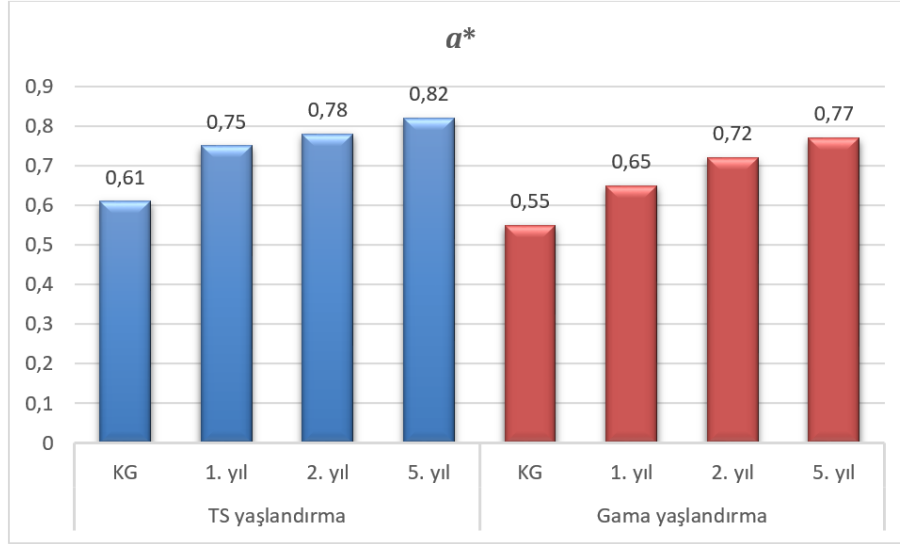
4.3.1.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.7 yıllara göre incelendiğinde, L^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.2’de verilmektedir. Burada, L^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür. TS ve G yaşlandırmanın etkisinin daha net görülebilmesi için, kısa dönem (KG ölçümlerine ait L^*_0 değeri ile 1 yıl sonrası L^*_1 değeri) ve uzun dönem (KG ölçümlerine ait L^*_0 değeri ile 5 yıl sonrası L^*_5 değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasının daha anlamlı olacağı değerlendirilmiştir. TS yaşlandırma yöntemi için L^* renk koordinatındaki değişim kısa dönem % 0,92 ve uzun dönem için % 1,70 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem de % 0,89 ve uzun dönem için % 1,57 oranında artış olduğu bulunmuştur. Artış oranlarına bakıldığında kısa dönem için TS ve G yaşlandırma işlemlerinin benzer oranda arttığı fakat uzun dönem için TS yaşlandırma işleminin gama yaşlandırma yöntemine göre biraz daha etkili olduğu görülmüştür.



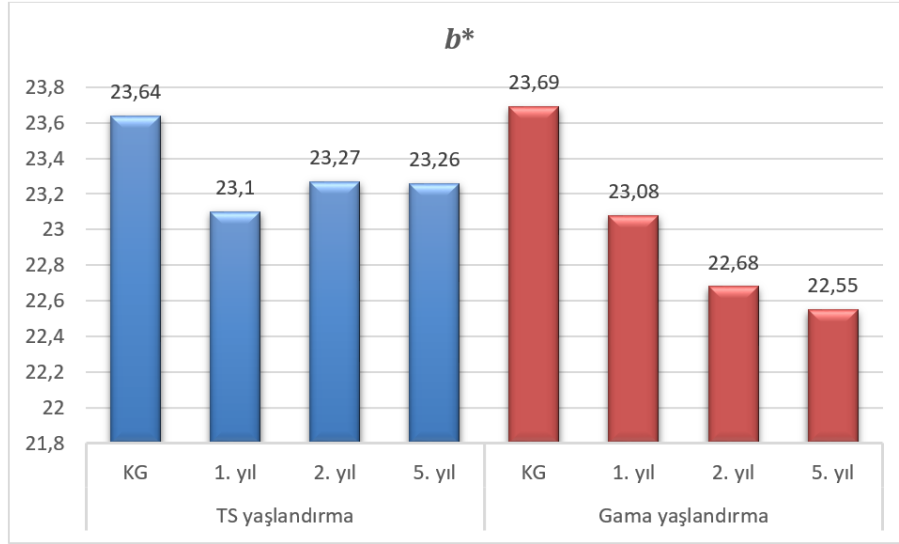
Şekil 4.2. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.7 yıllara göre incelendiğinde, a^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.3'de verilmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde, a^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (1 yıl sonrası a^* değeri) ve uzun dönem (5 yıl sonrası a^* değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için a^* koordinatındaki değişim kısa dönemde % 22,95 ve uzun dönem için % 34,43 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönemde % 18,18 ve uzun dönem için % 40,00 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen a^* renk koordinatındaki artış oranları karşılaştırıldığında, kısa dönem için TS yaşlandırma yönteminin G yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu, fakat uzun dönem için G yaşlandırma işleminin TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla değişime neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

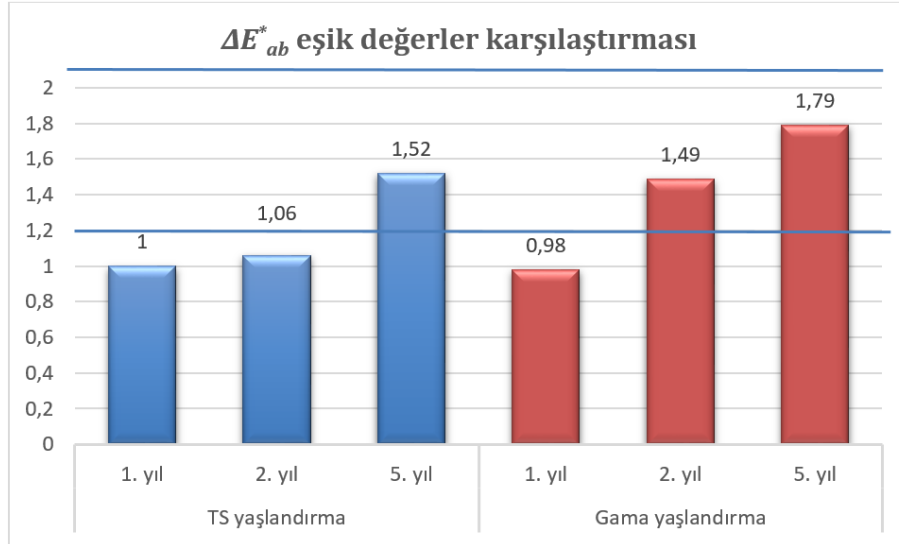
Çizelge 4.7 yıllara göre incelendiğinde, b^* renk koordinatının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre değişimi Şekil 4.4'te verilmektedir. Şekil 4.4 incelendiğinde b^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (1 yıl sonrası b^* değeri) ve uzun dönem (5 yıl sonrası b^* değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem değerlendirilmesi yapılamazken uzun dönem için % 1,60 oranında değişim olduğu ve azalış göstermediğin söylenebileceği, G yaşlandırma yöntemi için ise uzun dönem için % 4,81 oranında azalma olduğu bulunmuştur. Ölçülen b^* renk koordinatları için ölçülen düzeyleri karşılaştırıldığında, kısa dönem için G yaşlandırma yönteminin TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



Şekil 4.4. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.7'deki, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.5 ile sunulmaktadır. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa (1-2 yıl yaşlandırma) ve uzun (1-5 yıl yaşlandırma) dönem ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönemde % 6,00 ve uzun dönem için % 52,00 oranında bir artış olduğu, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönemde % 52,04 ve uzun dönemde ise % 82,65 oranında bir artış olduğu bulunmuştur. Artış düzeyinde bakıldığında ΔE_{ab}^* renk farkını, kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.

CIE $L^*a^*b^*$ sistemi ile yapılan renk eşleştirilmesi ya da ölçümü sonucu ortaya çıkan ΔE_{ab}^* eşitliklerinin insan gözü tarafından ne ölçüde algılanabildiği araştırılmıştır. ISO (2016), 28642 nolu raporunda, algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ ve restorasyon uygulamaları için kabul edilebilirlik sınırı $\Delta E_{ab}^* = 2,7$ olarak belirlenmiştir (ISO, 2016). Çalışmamızda elde edilen renk farkı ortalamaları, Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit numuneleri için Çizelge 4.12'de algılanabilirlik düzeyi açısından karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 4.5. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin, ΔE_{ab}^* , algılanabilirlik değerlerinin karşılaştırılması (mavi çizgiler ΔE_{ab}^* 'nin 1,2-2,7 arasındaki eşik değerleri göstermektedir)

Çizelge 4.12. Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması

	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
TS yaşlandırma	ΔE_1^*	1,00	Algılanamaz
	ΔE_2^*	1,06	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,52	Algılanabilir
	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
G yaşlandırma	ΔE_1^*	0,98	Algılanamaz
	ΔE_2^*	1,49	Algılanabilir
	ΔE_5^*	1,79	Algılanabilir

Çizelge 4.12 incelendiğinde, her iki yaşlandırma işlemi için 1 yıl sonunda renk farkı düzeylerinin algılanabilirlik seviyesinin altında olduğu tespit edilmiştir. Fakat, yaşlandırma süreci arttıkça renk farkındaki değişim miktarı da artmaktadır. 5 yıllık TS yaşlandırma işlemi sonrasında renk farkındaki değişim 1,52 ile algılanabilirlik seviyesini aştığı yani renk farkı değişiminin çıplak gözle fark edilebilir düzeye geldiği bulunmuştur. Gama yaşlandırma işleminde ise renk değişim düzeyinin hem 2 hemde 5 yıllık yaşlandırmada 1,2'lik algılanabilirlik değerinin üzerine çıktığı görülmüştür.

Clearfil Majesty Esthetic A2 kompozit rezin için G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla renk değişimine sebep olduğu, algılanabilirlik değeri açısından da ayrıca söylenebilir.

4.3.2. Clearfil Majesty Esthetic A3 numunelerine ait ölçümleri

4.3.2.1. Kontrol grubu ölçümleri

Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin kontrol grubuna (KG) ait L^* , a^* ve b^* spektrofotometrik ön ölçüm verileri Çizelge 4.13'te verilmektedir (N=20). SPSS programına girilen Çizelge 4.13 verilerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş olup normal dağılım varsayımını sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.14). TS yaşlandırma işlemi için K21-K30 kodlu numuneler ve G yaşlandırma işlemleri K31-K40 kodlu numuneler seçilmiştir. Sonrasında 1, 2 ve 5 yıl olmak üzere TS ve G yaşlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.13. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_o	a_o	b_o
K21	79,20	0,90	23,80
K22	78,80	0,60	23,80
K23	79,80	0,70	24,30
K24	79,30	0,60	23,90
K25	79,60	1,00	24,10
K26	80,10	0,90	23,80
K27	79,50	0,80	23,80
K28	79,20	0,70	23,90
K29	79,50	0,70	23,90
K30	79,00	0,50	24,30
K31	79,60	0,80	23,90
K32	79,30	0,80	24,00
K33	79,10	0,70	23,30
K34	79,20	0,70	24,10
K35	79,20	0,80	23,30
K36	79,80	0,90	24,20
K37	79,00	0,70	23,30
K38	79,40	0,80	23,50
K39	79,70	0,90	23,60
K40	79,60	0,70	24,50

Çizelge 4.14. KG ölçümlerinde elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_o		78,80	80,10	79,4	0,32	0,26	-0,23
a_o	20	0,50	1,00	0,76	0,12	-0,07	-0,13
b_o		23,30	24,50	23,9	0,34	-0,18	-0,42

4.3.2.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin, TS ve G yaşlandırma işlemleri sonrasında L^* , a^* ve b^* renk koordinatı ölçümleri, “Bölüm 4.3.1.2.” aşamaları izlenerek gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma yöntemleri sonrasında spektrofotometrik ölçüm verileri EK-B’de Çizelge B.4-B.6’da verilmiştir. Çizelge B.4-B.6’da elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma karşılaştırması Çizelge 4.15’de sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS yaşlandırma	KG	79,40	0,36	0,74	0,15	23,96	0,19	-	-
	1. yıl	80,14	0,44	0,93	0,12	23,56	0,29	0,91	0,10
	2. yıl	80,17	0,45	0,96	0,14	23,28	0,18	1,08	0,09
	5. yıl	80,80	0,43	1,02	0,13	23,44	0,24	1,54	0,08
G yaşlandırma	KG	79,39	0,26	0,78	0,07	23,77	0,41	-	-
	1. yıl	79,57	0,22	0,94	0,07	23,16	0,44	0,69	0,14
	2. yıl	79,89	0,20	0,90	0,08	23,08	0,42	0,88	0,11
	5. yıl	80,47	0,26	0,99	0,10	23,03	0,41	1,34	0,12

Çizelge 4.15 incelendiğinde 5 yıl TS ve G yaşlandırma işlemi sonrasında L^* ve a^* renk koordinat verilerinin artış eğiliminde olduğu, b^* renk koordinatı verilerinin ise azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamasına bakıldığında ise yaşlandırma yönteminde yıl farkı arttıkça renk farkının arttığı görülmüştür.

SPSS veri analizi programı ile Çizelge B.4-B.6 arasında verilen ΔE_{ab}^* renk farkı hesapları istatistiksel olarak incelenmek için normallik testi olan Shapiro-Wilk testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerlerinin 0,05'ten büyük olduğu ve normal dağıldığı kabul edilmiştir ($p>0,05$)(Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Clearfil Majesty Esthetic A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

		Renk Farkı	p
Clearfil Majesty Esthetic A3	TS	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,441
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,826
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,156
	G	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,268
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,773
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,979

Çizelge B.4-B.6 arasında hesaplanarak verilen ΔE_{ab}^* Shapiro-Wilk testi sonrası, istatistiksel anlamlı fark olup olmadığının araştırılması için her iki yaşlandırma yöntemi kendi içinde ayrı ayrı 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl olmak üzere karşılaştırılmıştır. Çizelge B.4-B.6'da verilen, ΔE_{ab}^* hesaplamaları kendi içinde Bağımlı Gruplar t-Testi ile SPSS üzerinden analiz edilmiştir. Yapılan işlem sonrasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu sonucuna varılmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 4.17). Çizelge 4.17'deki verilere bakıldığında yıllara göre kompozit rezinin renk değişiminde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu, G ve TS yaşlandırma yöntemlerinin Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin üzerinde renk değişiminde etkili olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.17. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,004	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	<0,001	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var

Çizelge 4.13'te verilen L^* , a^* ve b^* KG ölçümleri ile 1 yıl (Çizelge B.4), 2 yıl (Çizelge B.5) ve 5 yıl (Çizelge B.6) yaşlandırma işlemi sonrası verilerinin normallik testi

için SPSS yardımıyla Shapiro-Wilk analizi yapılmış ve elde edilen p -değeri Çizelge 4.18’de verilmektedir.

Çizelge 4.18. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	10	KG	L^*_0	0,982 var
			a^*_0	0,709 var
			b^*_0	0,006 yok
		1. yıl	L^*_1	0,543 var
			a^*_1	0,102 var
			b^*_1	0,003 yok
		2. yıl	L^*_2	0,407 var
			a^*_2	0,268 var
			b^*_2	0,463 var
	5. yıl		L^*_5	0,582 var
			a^*_5	0,038 yok
			b^*_5	0,842 var
		KG	L^*_0	0,613 var
			a^*_0	0,025 yok
			b^*_0	0,281 var
G Yaşlandırma	10		L^*_1	0,173 var
			a^*_1	0,008 yok
			b^*_1	0,125 var
		2. yıl	L^*_2	0,594 var
			a^*_2	0,035 yok
			b^*_2	0,818 var
	5. yıl		L^*_5	0,044 yok
			a^*_5	0,359 var
			b^*_5	0,089 var

Analiz sonrası bazı veri setlerinin normal dağılım şartını sağlamadığı görülmüştür (TS yaşlandırma yönteminde; b^*_0 , b^*_1 , a^*_5 , G yaşlandırma yönteminde; a^*_0 , a^*_1 , a^*_2 ve L^*_5 verileri). Verilerin ikili karşılaştırmaları SPSS üzerinden normal dağılıma sahip olanlar Bağımlı Gruplar t-Testi ile, normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonrası KG değerleri ile 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma işleminin sonrasında ikili istatistiksel karşılaştırılmasında anlamlı fark olduğu ($p<0,05$); diğer karşılaştırmalarda kısmen anlamlı fark olmasa da genele

bakıldığında istatistiksel olarak fark olduğunun kabul edilebileceği değerlendirilmiştir (Çizelge 4.19). Özellikle iki yaşlandırma yöntemi içinde Çizelge 4.19’de L_0 , a_0 ve b_0 ile KG ölçümlerinin yıllara göre istatistiksel karşılaştırmasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

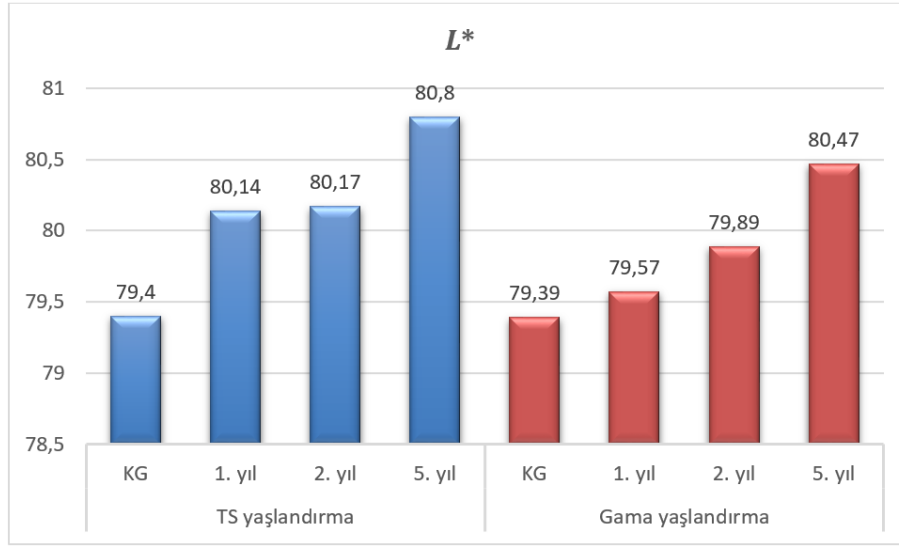
Çizelge 4.19. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*			a^*			b^*		
		p	Anlamlı Fark		p	Anlamlı Fark		p	Anlamlı Fark
TS yaşlandırma	L_0-L_1	<0,001	var	a_0-a_1	<0,001	var	b_0-b_1	0,010	var*
	L_0-L_2	<0,001	var	a_0-a_2	<0,001	var	b_0-b_2	0,005	var*
	L_0-L_5	<0,001	var	a_0-a_5	0,004	var*	b_0-b_5	0,005	var*
	L_1-L_2	0,616	yok	a_1-a_2	0,193	yok	b_1-b_2	0,007	var*
	L_1-L_5	<0,001	var	a_1-a_5	0,007	var*	b_1-b_5	0,142	yok*
	L_2-L_5	<0,001	var	a_2-a_5	0,014	var*	b_2-b_5	0,133	yok
G yaşlandırma	L_0-L_1	0,012	var	a_0-a_1	0,006	var*	b_0-b_1	<0,001	var
	L_0-L_2	<0,001	var	a_0-a_2	0,006	var*	b_0-b_2	<0,001	var
	L_0-L_5	0,005	var*	a_0-a_5	0,004	var*	b_0-b_5	<0,001	var
	L_1-L_2	<0,001	var	a_1-a_2	0,102	yok*	b_1-b_2	0,121	yok
	L_1-L_5	0,005	var*	a_1-a_5	0,102	yok*	b_1-b_5	0,057	yok
	L_2-L_5	0,005	var*	a_2-a_5	0,014	var*	b_2-b_5	0,397	yok

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

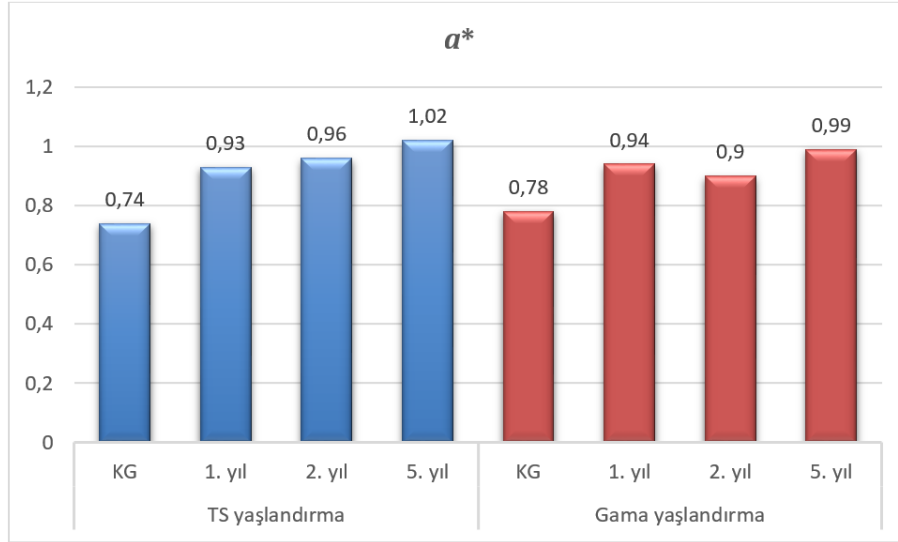
4.3.2.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.15 verileri incelendiğinde, L^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.6’da verilmektedir. Burada, L^* renk koordinat değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemin için arttığı görülmüştür (yani CIE renk ekseninde parlaklık değerinin arttığı). L^* renk koordinat değişiminde, TS ve G yaşlandırma etkisinin daha net görülebilmesi için, KG verileri ile kısa dönem (KG-1 yıl sonrası L^* değeri) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası L^* değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasının daha anlamlı olacağı değerlendirilmiştir. TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 0,93 ve uzun dönem için % 1,76 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,23 ve uzun dönem için % 1,36 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için TS yaşlandırma işlemlerinin, G yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



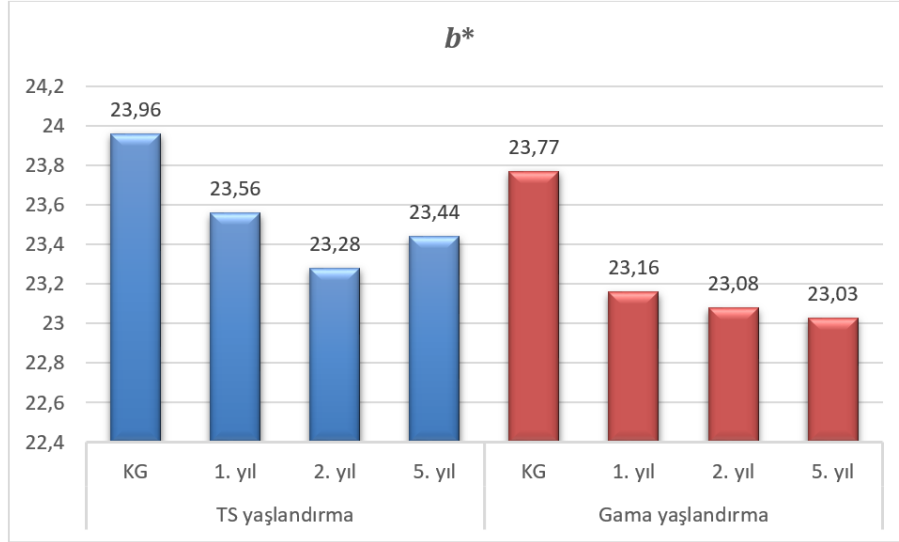
Şekil 4.6. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.15 verileri incelendiğinde, a^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.7’de verilmektedir. Şekil 4.7 bakıldığında, a^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür (yani CIE renk ekseninde kırmızılık değerinin arttığı). Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (KG-1 yıl sonrası a^* değeri) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası a^* değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 25,68 ve uzun dönem için % 37,84 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 20,50 ve uzun dönem için % 26,92 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen a^* değerinin, artış oranları karşılaştırıldığında kısa ve uzun dönem için TS yaşlandırma yönteminin G yaşlandırma yöntemine göre fazla olduğu görülmüştür.



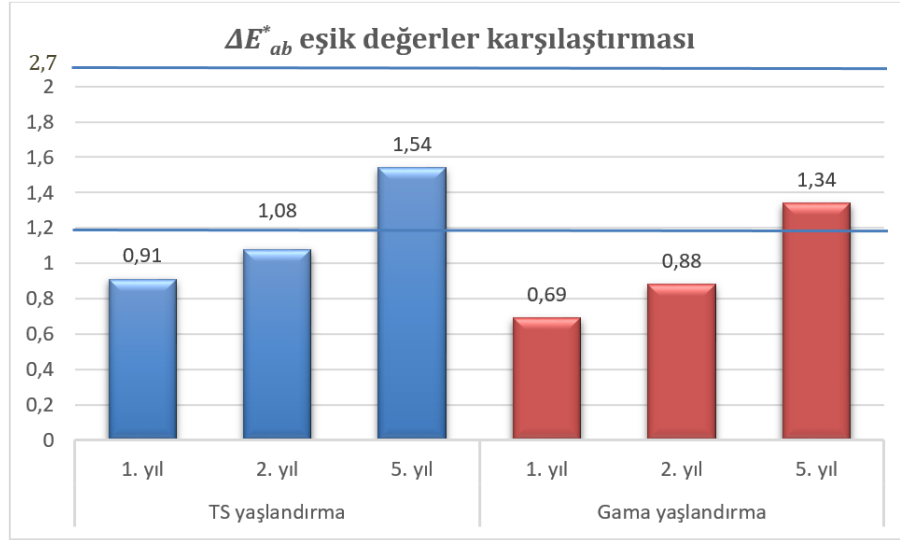
Şekil 4.7. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.15 verileri incelendiğinde, b^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.8'de verilmektedir. Şekil 4.8 incelendiğinde b^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir (yani CIE renk ekseninde sarılık değerinin azaldığı). Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (KG-1 yıl yaşlandırma sonrası b^* renk koordinat değeri) ve uzun dönem (KG-5 yıl yaşlandırma sonrası b^* renk koordinat değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 1,67 ve uzun dönem için % 2,17 oranında azaldığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 2,57 ve uzun dönem için % 3,11 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen b^* değerinin, azalma oranları karşılaştırıldığında kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.15'te hesaplanan, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.9'da verilmektedir. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 2 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_2^* yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 5 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_5^* renk farkının yüzdelik değişimi) ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 18,68 ve uzun dönem için % 69,23 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 49,15 ve uzun dönem için % 127,12 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



Şekil 4.9. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin, ΔE_{ab}^* , algılanabilirlik değerlerinin karşılaştırılması (mavi çizgiler ΔE_{ab}^* 'nin 1,2-2,7 arasındaki eşik değerleri göstermektedir)

Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin için ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarına göre insan gözü tarafından algılanabilirlik “Bölüm 4.3.1.3.” detaylı olarak anlatılan standartlarda alınmış olup Çizelge 4.20’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.20. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması

TS yaşlandırma	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
	ΔE_1^*	0,91	Algılanamaz
	ΔE_2^*	1,08	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,54	Algılanabilir
G yaşlandırma	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
	ΔE_1^*	0,69	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,88	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,34	Algılanabilir

Çizelge 4.12 incelendiğinde 1 ve 2 yıl G ve TS yaşlandırma sonrası $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ algılanabilirlik eşik değerleri altında olduğu, fakat 5 yıllık TS ve gama yaşlandırma işlemi sonrasında $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ algılanabilirlik eşik değerini aştığı bulunmuştur. Clearfil Majesty Esthetic A3 kompozit rezin için G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla renk değişimine sebep olduğu ve yapay yaşlandırma süresi arttıkça renk farkının arttığı söylenebilir.

4.3.3. Filtek™ Z250 A2 numunelerine ait ölçümler

4.3.3.1. Kontrol grubu ölçümleri

Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin kontrol grubu (KG) L^* , a^* ve b^* ön ölçümleri Çizelge 4.21’de verilmektedir (N=20). SPSS programına girilen Çizelge 4.13 verilerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş olup normal dağılım varsayımını sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.22). Numuneler, G (F01-F10 arası) ve TS (F11-F20 arası) yaşlandırma için rastgele iki gruba ayrılmıştır. Akabinde sırasıyla 1, 2 ve 5 yıl olmak üzere TS ve G yaşlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.21. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_o	a_o	b_o
F01	81,60	-0,60	22,20
F02	80,80	-0,70	22,40
F03	81,60	-0,50	22,50
F04	80,90	-0,70	22,30
F05	82,10	-0,50	22,80
F06	81,80	-0,50	22,80
F07	82,20	-0,50	22,70
F08	82,20	-0,50	22,70
F09	82,80	-0,50	23,10
F10	82,40	-0,60	22,60
F11	82,10	-0,80	21,90
F12	81,20	-0,50	22,00
F13	81,80	-0,70	22,50
F14	82,30	-0,50	22,80
F15	82,10	-0,60	22,10
F16	81,60	-0,50	22,10
F17	80,90	-0,50	22,10
F18	81,50	-0,70	21,70
F19	82,30	-0,50	22,50
F20	82,00	-0,50	22,60

Çizelge 4.22. KG ölçümlerinde elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_o		80,80	82,80	81,81	0,55	-0,43	-0,44
a_o	20	-0,80	-0,50	-0,57	0,09	-1,05	-0,21
b_o		21,70	23,10	22,42	0,36	-0,20	-0,56

4.3.3.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin, TS ve G yaşlandırma L^* , a^* ve b^* ölçümleri, “Bölüm 4.3.1.2.” yöntemleri izlenerek gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 5 yıl TS ve gama yaşlandırma yöntemleri sonrasında spektrofotometrik ölçüm verileri Çizelge B.7-B.9’da verilmiştir. Çizelge B.7-B.9’da elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma karşılaştırması Çizelge 4.23’de sunulmuştur.

Çizelge 4.23. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS yaşlandırma	KG	81,84	0,60	-0,56	0,08	22,61	0,25	-	-
	1. yıl	82,63	0,52	-0,54	0,09	22,01	0,31	1,05	0,14
	2. yıl	82,76	0,42	-0,46	0,07	22,05	0,22	1,11	0,23
	5. yıl	82,90	0,49	-0,42	0,06	21,80	0,21	1,39	0,22
G yaşlandırma	KG	81,78	0,45	-0,58	0,11	22,23	0,33	-	-
	1. yıl	82,58	0,43	-0,56	0,10	22,17	0,32	0,82	0,17
	2. yıl	82,69	0,45	-0,57	0,08	21,93	0,31	0,97	0,19
	5. yıl	83,17	0,40	-0,46	0,11	21,81	0,32	1,47	0,14

SPSS veri analizi programı ile Çizelge B.7-B.9 arasında verilen ΔE_{ab}^* ölçüm değerleri Shapiro-Wilk testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerlerinin 0,05’ten büyük olduğu ve normal dağıldığı kabul edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Filtek™ Z250 A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

Filtek™ Z250 A2	TS	Renk Farkı	p -değeri
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,571
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,484
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,975
	G	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,676
	yaşlandırma	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,511
	ΔE_{ab}^*	ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,135

Çizelge B.7-B.9 arasında hesaplanarak elde edilen ΔE_{ab}^* renk farkı, Shapiro-Wilk testi sonrası, istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının araştırılması için her yaşlandırma yöntemi ayrı ayrı 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl olmak üzere karşılaştırılmıştır. SPSS üzerinden normal dağılım sergileyen veri setleri Bağımlı Gruplar t-Testi ile analiz edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.25). Analiz sonrasında TS yaşlandırma işlemi için ΔE_1^* ile ΔE_2^* yaşlandırma karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Diğer karşılaştırma yöntemlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$). Özetle yıl farkı arttıkça istatistiksel olarak anlamlı fark ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.25. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,135	yok
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	0,004	var
	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,024	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	<0,001	var

Çizelge 4.21’de verilen L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının KG ölçümleri ile 1 yıl (Çizelge B.7), 2 yıl (Çizelge B.8) ve 5 yıl (Çizelge B.9) sonrası spektrofotometrik ölçüm verileri, Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değeri Çizelge 4.26’da verilmektedir.

Çizelge 4.26. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,604	var
		a^*_0	0,001	yok
		b^*_0	0,927	var
	1. yıl	L^*_1	0,235	var
		a^*_1	0,245	var
		b^*_1	0,301	var
	2. yıl	L^*_2	0,224	var
		a^*_2	<0,001	yok
		b^*_2	0,358	var
	5. yıl	L^*_5	0,976	var
		a^*_5	0,012	yok
		b^*_5	0,216	var
G Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,371	var
		a^*_0	0,003	yok
		b^*_0	0,560	var
	1. yıl	L^*_1	0,686	var
		a^*_1	0,090	var
		b^*_1	0,682	var
	2. yıl	L^*_2	0,210	var
		a^*_2	0,045	yok
		b^*_2	0,350	var
	5. yıl	L^*_5	0,345	var
		a^*_5	0,108	var
		b^*_5	0,179	var

Shapiro-Wilk normallik testi sonrası SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi ile; normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonrası p anlamlılık değerinin ikili karşılaştırma arasındaki yıl farkı arttıkça 0,05'ten küçük olduğu görülmüş olup istatistiksel olarak anlamlı farklılık var olduğu kabul edilmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.27).

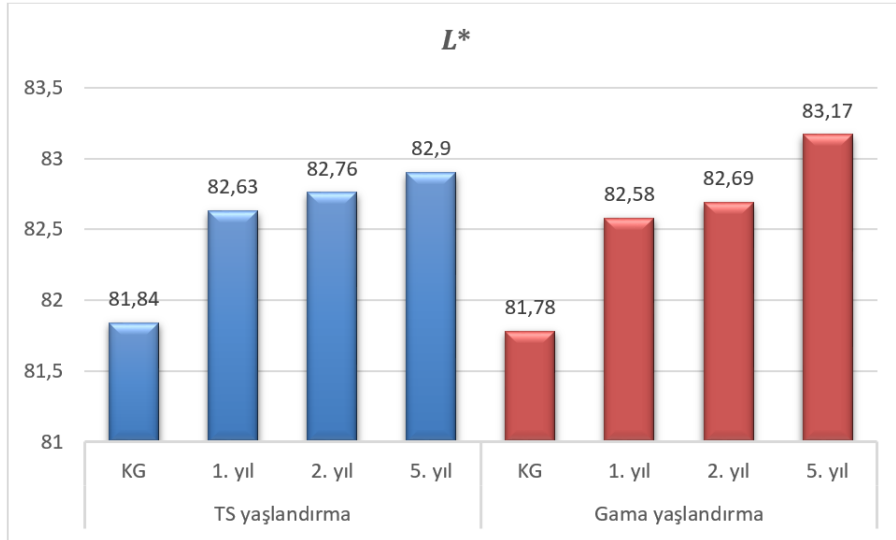
Çizelge 4.27. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*		Anlamlı Fark	a^*		Anlamlı Fark	b^*		Anlamlı Fark
	Kar.	p		Kar.	p		Kar.	p	
TS yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	<,001	var	$a^*_0-a^*_1$	0,480	yok*	$b^*_0-b^*_1$	<,001	var
	$L^*_0-L^*_2$	<,001	var	$a^*_0-a^*_2$	0,150	yok*	$b^*_0-b^*_2$	<,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	<,001	var	$a^*_0-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_0-b^*_5$	<,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	,064	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,110	yok*	$b^*_1-b^*_2$	,373	yok
	$L^*_1-L^*_5$	,017	var	$a^*_1-a^*_5$	0,004	var*	$b^*_1-b^*_5$	<,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	,077	var	$a^*_2-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_2-b^*_5$	<,001	var
G yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	<,001	var	$a^*_0-a^*_1$	0,480	yok*	$b^*_0-b^*_1$	,260	yok
	$L^*_0-L^*_2$	<,001	var	$a^*_0-a^*_2$	0,705	yok*	$b^*_0-b^*_2$	<,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	<,001	var	$a^*_0-a^*_5$	0,010	var*	$b^*_0-b^*_5$	<,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	,102	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,564	yok*	$b^*_1-b^*_2$	<,001	var
	$L^*_1-L^*_5$	<,001	var	$a^*_1-a^*_5$	<,001	var	$b^*_1-b^*_5$	<,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	<,001	var	$a^*_2-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_2-b^*_5$	,074	yok

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

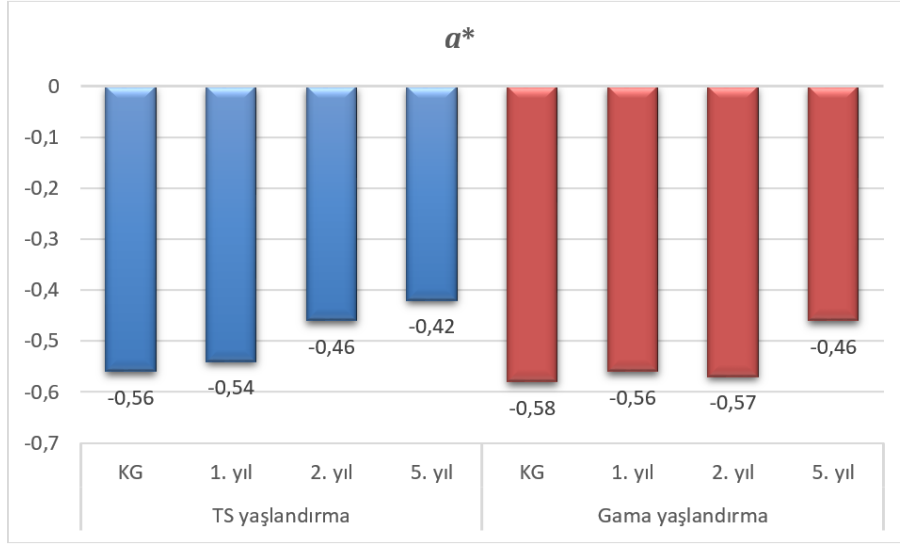
4.3.3.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.23 verileri incelendiğinde, L^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.10'da verilmektedir. Burada, L^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemin için arttığı görülmüştür (yani CIE renk ekseninde parlaklık değerinin arttığı). L^* renk koordinatı değişiminde, TS ve G yaşlandırma etkisinin daha açıklanabilir olması için, KG verileri ile kısa dönem (KG-1 yıl sonrası yaşlandırma işlemi sonrası L^* değerinin yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası yaşlandırma işlemi sonrası L^* değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasının daha anlamlı olacağı değerlendirilmiştir. TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 0,97 ve uzun dönem için % 1,29 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,98 ve uzun dönem için % 1,70 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa dönem için TS ve G yaşlandırma işlemlerinin neredeyse benzer oranda artış görüldüğü, gama yaşlandırma yönteminin ise TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



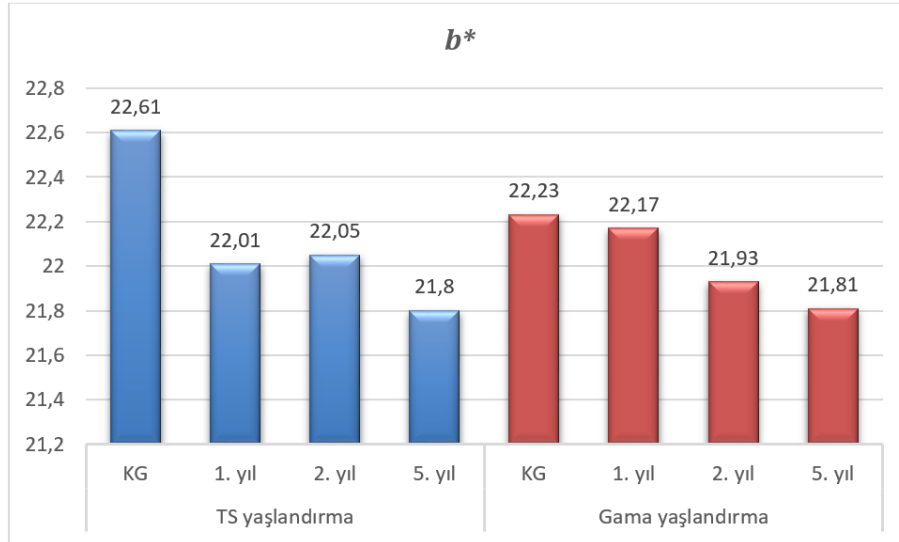
Şekil 4.10. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.23 verileri incelendiğinde, a^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.11’de verilmektedir. Şekil 4.11’e bakıldığında, negatif eksenden başlayan a^* renk koordinat değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür (yani CIE renk ekseninde yeşillik değerinin azaldığı). Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (KG-1 yıl sonrası yaşlandırma işlemi sonrası a^* değerinin yüzdelik değişim değeri) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası yaşlandırma işlemi sonrası a^* değerinin yüzdelik değişim değeri) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 3,57 ve uzun dönem için % 25,00 oranında arttığı, gama yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 3,45 ve uzun dönem için % 20,69 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen a^* renk koordinat değerinin, artış oranları karşılaştırıldığında; TS ve G yaşlandırma işlemlerinin kısa dönem için neredeyse benzer oranda artış gösterdiği, uzun dönem için ise TS yaşlandırma yönteminin gama yaşlandırma yöntemine göre fazla arttığı görülmüştür.



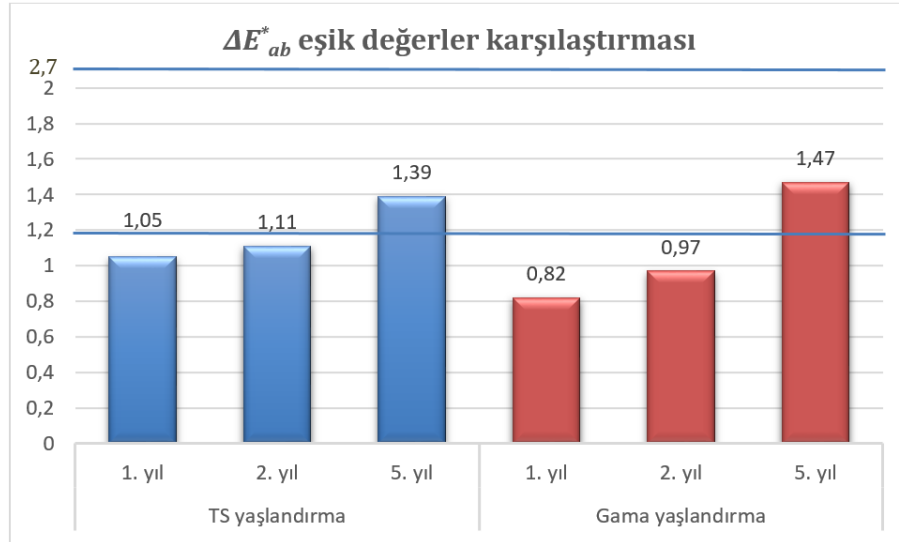
Şekil 4.11. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.23 verileri incelendiğinde, b^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.12’de verilmektedir. Şekil 4.12 incelendiğinde b^* renk koordinat değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir (yani CIE renk ekseninde sarılık değerinin azaldığı). Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, KG verileri ile kısa dönem (KG ile 1 yıl sonrası b^* değerinin yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (KG ile 5 yıl sonrası b^* değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 2,65 ve uzun dönem için % 6,77 oranında azaldığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,27 ve uzun dönem için % 1,89 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen b^* değerinin, azalma oranları karşılaştırıldığında kısa ve uzun dönem için TS yaşlandırma yönteminin, G yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.12. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.23'te hesaplanan, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.13'de verilmektedir. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 2 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_2^* renk farkı arasındaki yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 5 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_5^* renk farkının yüzdelik değişimi) ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 5,71 ve uzun dönem için % 32,38 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 18,29 ve uzun dönem için % 79,27 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin, ΔE_{ab}^* , algılanabilirlik değerlerinin karşılaştırılması (mavi çizgiler ΔE_{ab}^* 'nin 1,2-2,7 arasındaki eşik değerleri göstermektedir)

Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin için ΔE_{ab}^* eşitliklerinin insan gözü tarafından ne ölçüde algılanabilirlik ve kabul edilebilir eşik aralıkları “Bölüm 4.3.1.3.” detaylı olarak anlatılan standartlarda alınmış olup Çizelge 4.28’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.28. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması

	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
TS yaşlandırma	ΔE_1^*	1,05	Algılanamaz
	ΔE_2^*	1,11	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,39	Algılanabilir
	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
G yaşlandırma	ΔE_1^*	0,82	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,97	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,47	Algılanabilir

Çizelge 4.28 incelendiğinde, 1 ve 2 yıl G ve TS yaşlandırma sonrası $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ algılanabilirlik eşik değerleri altında olduğu, fakat 5 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemi sonrasında $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ algılanabilirlik eşik değerini aştığı bulunmuştur. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin için G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla renk değişimine sebep olduğu ve yapay yaşlandırma süresi arttıkça renk farkının arttığı gözlenmiştir.

4.3.4. Filtek™ Z250 A3 numunelerine ait ölçümleri

4.3.4.1. Kontrol grubu ölçümleri

Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin kontrol grubu L^* , a^* ve b^* ön ölçümleri çizelge 4.29’de verilmektedir (N=20). SPSS programına girilen Çizelge 4.22 verilerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş olup normal dağılım varsayımını sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.30). Numuneler, kendi içinde G ve TS yaşlandırma yöntemine göre rastgele iki gruba ayrılmıştır (TS yaşlandırma F21-F30 kodu, G yaşlandırma K31-K40 kodu temsil etmektedir). Akabinde 1, 2 ve 5 yıl yaşlandırma yöntemine tabi tutulmuştur.

Çizelge 4.29. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_o	a_o	b_o
F21	78,30	0,40	25,40
F22	78,50	0,50	25,90
F23	77,60	0,40	25,50
F24	77,80	0,40	25,20
F25	78,50	0,60	25,80
F26	77,70	0,60	25,40
F27	78,00	0,50	25,20
F28	77,70	0,10	25,20
F29	77,90	0,40	25,30
F30	77,50	0,70	25,50
F31	78,00	0,20	25,30
F32	78,20	0,40	25,80
F33	77,80	0,30	24,70
F34	78,30	0,30	25,20
F35	78,60	0,40	25,50
F36	77,80	0,40	25,00
F37	77,80	0,40	25,20
F38	78,40	0,50	25,40
F39	78,70	0,60	25,60
F40	78,40	0,40	25,80

Çizelge 4.30. KG ölçümlerinde elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_o		77,50	78,70	78,08	0,37	0,17	-1,33
a_o	20	0,10	0,70	0,43	0,14	-0,24	0,64
b_o		24,70	25,90	25,40	0,30	-0,22	0,32

4.3.4.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin, TS ve G yaşlandırma işlemi sonrasında L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının ölçümleri, “Bölüm 4.3.1.2.” yöntemleri izlenerek gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma işlemlerine ait veriler Çizelge B.10-B.12’de verilmiştir. B.10-B.12’de elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma karşılaştırması Çizelge 4.31’de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS	KG	78,05	0,57	0,46	0,16	25,44	0,23	-	-
	1. yıl	78,97	0,63	0,52	0,11	25,12	0,32	1,01	0,13
	2. yıl	79,02	0,51	0,57	0,11	25,33	0,30	0,99	0,17
	5. yıl	79,82	0,52	0,55	0,10	25,20	0,33	1,81	0,23
G	KG	78,20	0,32	0,39	0,10	25,35	0,33	-	-
	1. yıl	78,65	0,21	0,51	0,07	25,08	0,24	0,59	0,15
	2. yıl	78,76	0,38	0,54	0,07	25,00	0,33	0,72	0,22
	5. yıl	79,21	0,40	0,58	0,09	24,87	0,35	1,16	0,12

SPSS veri analizi programı ile Çizelge B.10-B.12 arasında verilen ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının normallik testi Shapiro-Wilk ile değerlendirilmiş ve elde edilen p-değerlerinin 0,05’ten büyük olduğu sonucuna varılarak verilerimizin normal dağıldığı kabul edilmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Filtek™ Z250 A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

		Renk Farkı	p -değeri
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,681
Filtek™ Z250 A3	TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,574
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,533
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,694
	G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,220
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,163

Çizelge B.10-B.12 arasında hesaplanarak elde edilen ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları, Shapiro-Wilk testi sonrası, istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının araştırılması için her yaşlandırma yöntemi ayrı ayrı kendi içerisinde 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl yaşlandırma sonrası olmak üzere karşılaştırılmıştır. Çizelge B.10-B.12’de sunulan ΔE_{ab}^* renk farkı verileri Bağımlı Gruplar t Testi ile SPSS üzerinden analiz edilmiştir. Analiz sonucunda TS ve G yaşlandırma için 1-2 yıl arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı ($p>0,05$), 1-5 ve 2-5 yıl arası analizlerde istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,770	yok
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,058	yok
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	0,002	var

Çizelge 4.29’de verilen L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının KG ölçümleri ile 1 yıl (Çizelge B.10), 2 yıl (Çizelge B.11) ve 5 yıl (Çizelge B.12) sonraki TS ve G yaşlandırma renk koordinat verileri Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerleri Çizelge 4.34’te verilmektedir.

Çizelge 4.34. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,020	yok
		a^*_0	0,231	var
		b^*_0	0,099	var
	1. yıl	L^*_1	0,701	var
		a^*_1	0,479	var
		b^*_1	0,222	var
	2. yıl	L^*_2	0,137	var
		a^*_2	0,033	yok
		b^*_2	0,113	var
	5. yıl	L^*_5	0,759	var
		a^*_5	0,038	yok
		b^*_5	0,683	var
G Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,254	var
		a^*_0	0,359	var
		b^*_0	0,791	var
	1. yıl	L^*_1	0,061	var
		a^*_1	0,036	yok
		b^*_1	0,032	yok
	2. yıl	L^*_2	0,554	var
		a^*_2	<0,001	yok
		b^*_2	0,577	var
	5. yıl	L^*_5	0,516	var
		a^*_5	0,004	yok
		b^*_5	0,401	var

Shapiro-Wilk normallik testi sonrası SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi ile; normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonrası p anlamlılık değerinin yıllar arttıkça 0,05'ten küçük olduğu görülmüş olup istatistiksel anlamlı farklılık var olduğu kabul edilmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.35).

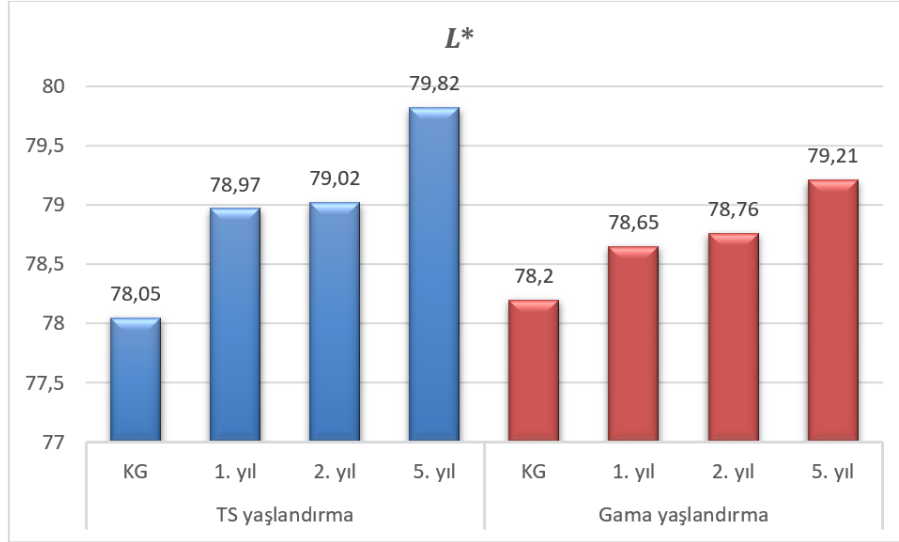
Çizelge 4.35. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*		Anlamlı Fark	a^*		Anlamlı Fark	b^*		Anlamlı Fark
	Kar.	p		Kar.	p		Kar.	p	
TS yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_1$	0,024	var	$b^*_0-b^*_1$	0,001	var
	$L^*_0-L^*_2$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_2$	0,009	var*	$b^*_0-b^*_2$	0,040	var
	$L^*_0-L^*_5$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	0,605	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,025	var*	$b^*_1-b^*_2$	0,002	var
	$L^*_1-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_2-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_2-b^*_5$	<0,001	var
G yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_1$	0,010	var*	$b^*_0-b^*_1$	0,011	var*
	$L^*_0-L^*_2$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_2$	0,004	var*	$b^*_0-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_0-a^*_5$	0,004	var*	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	0,200	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,180	yok*	$b^*_1-b^*_2$	0,136	yok*
	$L^*_1-L^*_5$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_5$	0,020	var*	$b^*_1-b^*_5$	0,018	var*
	$L^*_2-L^*_5$	0,002	var	$a^*_2-a^*_5$	0,046	var*	$b^*_2-b^*_5$	0,009	var

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

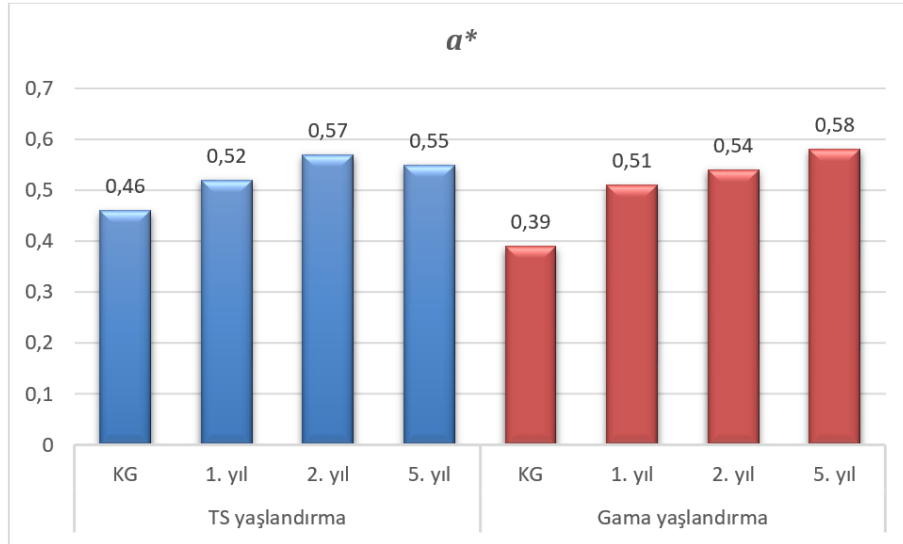
4.3.4.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.29 verileri incelendiğinde, L^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.14'da verilmektedir. Burada, L^* renk koordinat değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür. L^* değişiminde, TS ve G yaşlandırma etkisinin daha açıklanabilir olması için, KG verileri ile karşılaştırılmak üzere 1 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi kısa dönem ve 5 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi uzun dönem olarak değerlendirilmiştir. TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 1,18 ve uzun dönem için % 2,27 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,58 ve uzun dönem için % 1,29 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için TS yaşlandırma işleminin, G yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



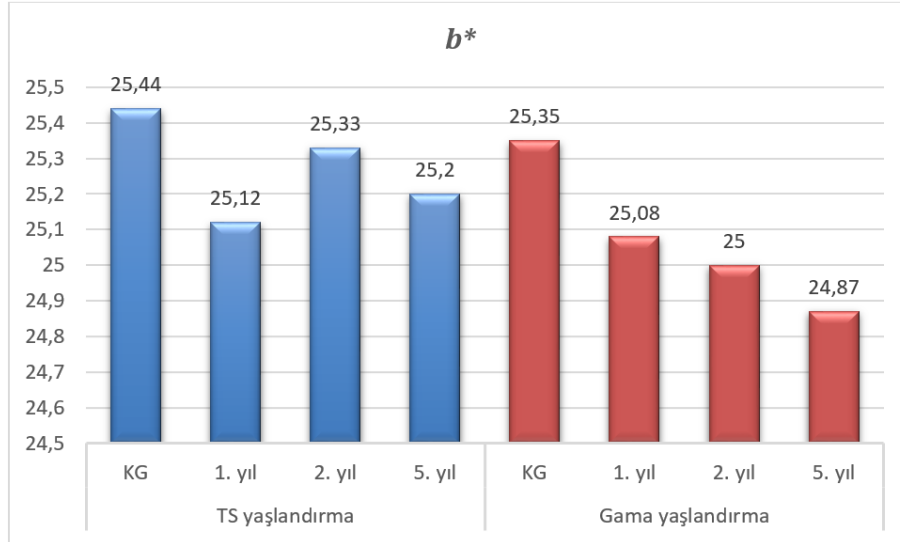
Şekil 4.14. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.29 verileri incelendiğinde, a^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.15'te verilmektedir. Şekil 4.15'e bakıldığında, a^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için arttığı görülmüştür. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, kısa dönem (KG-1 yıl sonrası a^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası a^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 13,04 ve uzun dönem için % 19,56 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 30,77 ve uzun dönem için % 48,72 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen a^* değerinin, artış oranları karşılaştırıldığında; kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



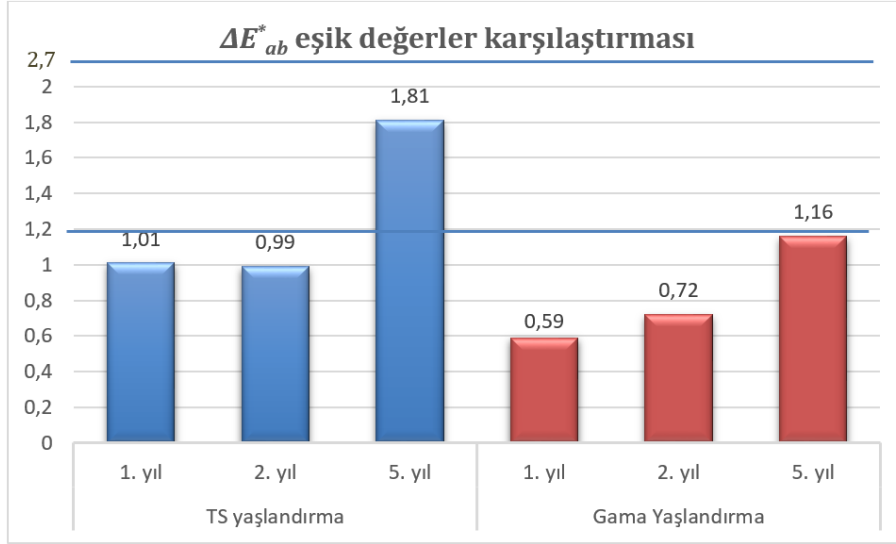
Şekil 4.15. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.29 verileri incelendiğinde, b^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.16'da verilmektedir. Şekil 4.16 incelendiğinde b^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, kısa dönem (KG-1 yıl sonrası b^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası b^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem verileri anlamlandırılmamış ve karşılaştırma yapılamamıştır, fakat uzun dönem için % 0,94 oranında azaldığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 1,07 ve uzun dönem için % 1,89 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen b^* değerinin, azalma oranları karşılaştırıldığında, uzun dönem için G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.16. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.29’da hesaplanan, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.17’de verilmektedir. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa dönem (1-2 yıl yaşlandırma) ve uzun dönem (1-5 yıl yaşlandırma) ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 1,98 oranında değiştiği ve uzun dönem için ise % 79,21 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 22,03 ve uzun dönem için % 96,61 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu, fakat 5 yıl sonraki renk farkına bakıldığında TS yaşlandırma yönteminin daha fazla renk değişimine neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin, ΔE_{ab}^* , algılanabilirlik değerlerinin karşılaştırılması (mavi çizgiler ΔE_{ab}^* 'nin 1,2-2,7 arasındaki eşik değerleri göstermektedir)

Filtek™ Z250 A3 kompozit rezin için ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının eşik aralıkları, “Bölüm 4.3.1.3.” detaylı olarak anlatılan standartlarda alınmış olup Çizelge 4.36’te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.36. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara karşılaştırılması

TS yaşlandırma	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
	ΔE_1^*	1,01	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,99	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,81	Algılanabilir
G yaşlandırma	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
	ΔE_1^*	0,59	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,72	Algılanamaz
	ΔE_5^*	1,16	Algılanamaz

Hesaplanan, ΔE_{ab}^* verilerinin aritmetik ortalamaları karşılaştırıldığında yıllara göre artış eğiliminde oldukları söylenebilir. Çizelge 4.36 kabul edilebilir eşik değerleri karşılaştırıldığında, G yaşlandırma işleminin algılanabilir sınırına yaklaşıp aşmadığı, TS yaşlandırma işleminin ise 5 yıl yaşlandırma işlemi sonrasında $\Delta E_{ab}^* = 1,2$ algılanabilirlik eşik değerini aştığı saptanmıştır.

4.3.5. Spectra ST HV A2 numunelerine ait ölçümler

4.3.5.1. Kontrol grubu ölçümleri

Spectra ST HV A2 kompozit rezin kontrol grubu (KG) ait L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının spektrofotometrik ön ölçüm verileri Çizelge 4.37’de verilmektedir (N=20). SPSS programına kullanılarak Çizelge 4.37 verilerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin; b^* renk koordinatı için 1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş olup normal dağılım varsayımını sağlandığı, fakat L^* ve a^* renk koordinat değerlerinin normallik şartını sağlamadığı görülmüştür (Çizelge 4.38). Numuneler, G ve TS yaşlandırma için rastgele iki gruba ayrılmış ve sırasıyla 1, 2 ve 5 yıl olmak üzere yaşlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.37. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_o	a_o	b_o
S01	83,00	-0,70	28,70
S02	82,20	-0,70	28,60
S03	81,80	-0,20	29,90
S04	81,20	-0,60	28,40
S05	82,40	-0,50	29,40
S06	82,00	-0,30	29,90
S07	81,20	-0,30	29,60
S08	82,90	-0,50	29,60
S09	80,80	-0,50	28,40
S10	82,40	-0,50	29,90
S11	81,40	-0,20	29,40
S12	82,00	-0,20	29,50
S13	82,30	-0,10	29,80
S14	80,70	-0,30	29,30
S15	81,20	-0,40	28,60
S16	81,40	-0,40	28,90
S17	81,50	-0,10	29,30
S18	81,70	-0,40	29,00
S19	81,90	-0,50	29,10
S20	79,10	0,30	28,70

Çizelge 4.38. KG ölçümlerinde elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_o	20	79,10	83,00	81,66	0,87	-1,13	2,79
a_o		-0,70	0,30	-0,36	0,24	0,96	1,87
b_o		28,40	29,90	29,20	0,51	-0,14	-1,30

4.3.5.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

Spectra ST HV A2 kompozit rezin, TS ve gama yaşlandırma L^* , a^* ve b^* renk koordinat ölçümleri, “Bölüm 4.3.1.2.” yöntemleri izlenerek gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma yöntemleri sonrasında veriler Çizelge B.13-B.15’te verilmiştir. Çizelge B.13-B.15’te elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma karşılaştırması Çizelge 4.39’da sunulmuştur.

Çizelge 4.39. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS yaşlandırma	KG	81,99	0,70	-0,48	0,16	29,24	0,31	-	-
	1. yıl	82,11	0,76	-0,39	0,20	29,04	0,65	0,47	0,26
	2. yıl	81,96	0,85	-0,29	0,11	28,86	0,67	0,63	0,30
	5. yıl	81,94	1,06	-0,15	0,12	28,68	0,67	0,91	0,28
	KG	81,32	0,85	-0,23	0,22	29,16	0,35	-	-
G yaşlandırma	1. yıl	81,83	1,05	-0,32	0,21	28,93	0,28	0,64	0,21
	2. yıl	82,42	1,08	-0,37	0,18	28,82	0,43	1,20	0,28
	5. yıl	82,54	0,65	-0,28	0,15	28,64	0,30	1,38	0,53

SPSS veri analizi programı ile Çizelge B.13-B.15 arasında verilen ΔE_{ab}^* renk farkı ölçüm değerleri Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve 5 yıl G yaşlandırma yöntemi sonrası (ΔE_5^*) renk farkı farkının normal dağılmadığı ($p < 0,05$), diğer veri setlerinin normal dağıldığı ($p > 0,05$) görülmüş olup Çizelge 4.40’da verilmiştir.

Çizelge 4.40. Spectra ST HV A2 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

		Renk Farkı	p -değeri
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,055
Spectra ST HV A2	TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,223
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,830
	G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,866
		ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,789
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,005

Çizelge B.13-B.15 arasında hesaplanarak elde edilen ΔE_{ab}^* renk farkı, Shapiro-Wilk normallik testi sonrası SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi, normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutularak, istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının araştırılması için her yaşlandırma yöntemi ayrı ayrı 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl olmak üzere karşılaştırılmıştır. Analiz sonrasında TS yaşlandırma işleminde $\Delta E_1^* - \Delta E_2^*$ (1-2 yıl) ve G yaşlandırma işleminde $\Delta E_2^* - \Delta E_5^*$ (2-5 yıl) karşılaştırılması hariç ($p < 0,05$), istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0,05$) (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi ile Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,051	yok
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	0,004	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	<0,001	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	0,005	var*
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	0,683	yok*

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

Çizelge 4.37'da verilen L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının KG ölçümleri ile 1 yıl (Çizelge B.13), 2 yıl (Çizelge B.14) ve 5 yıl (Çizelge B.15) sonraki TS ve G yaşlandırma işlemi verileri Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değeri Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,631	var
		a^*_0	0,283	var
		b^*_0	0,032	yok
	1. yıl	L^*_1	0,251	var
		a^*_1	0,451	var
		b^*_1	0,537	var
	2. yıl	L^*_2	0,179	var
		a^*_2	0,003	yok
		b^*_2	0,460	var
	5. yıl	L^*_5	0,355	var
		a^*_5	0,238	var
		b^*_5	0,191	var
G Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,032	yok
		a^*_0	0,130	var
		b^*_0	0,961	var
	1. yıl	L^*_1	0,181	var
		a^*_1	0,018	yok
		b^*_1	0,831	yok
	2. yıl	L^*_2	0,122	var
		a^*_2	0,478	var
		b^*_2	0,099	var
	5. yıl	L^*_5	0,499	var
		a^*_5	0,668	var
		b^*_5	0,598	var

Shapiro-Wilk normallik testi sonrası SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi ile; normal dağılıma sahip olmayan veriler ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur (Çizelge 4.43). L^* renk koordinat değerinin TS yaşlandırma işlemi sonrası KG ile yıllara göre ikili karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, fakat G yaşlandırma yöntemlerinin ikili karşılaştırılmasında anlamlı fark olduğu görülmüştür. a^* renk koordinatının, TS yaşlandırma işlemi verilerinin KG verileri ile ikili karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülse de, G yaşlandırma yönteminde bazı veri setlerinin ikili karşılaştırılmasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür (a^*_0 - a^*_5). b^* renk koordinat değerinde ise TS ve G

yaşlandırma yöntemleri için anlamlı bir sonuç alınamadığından yorum yapılamamıştır.

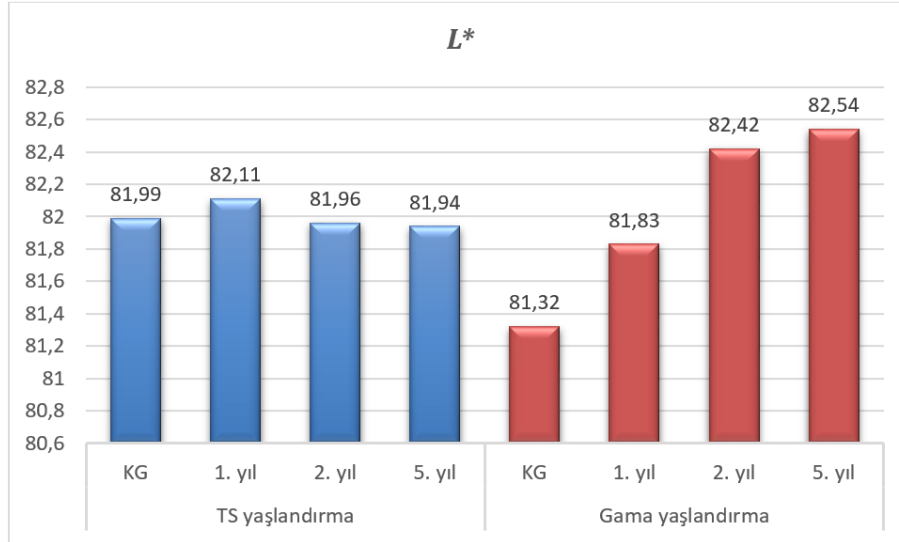
Çizelge 4.43. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*		Anlamlı Fark	a^*		Anlamlı Fark	b^*		Anlamlı Fark
	Kar.	p			p			p	
TS yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	0,373	yok	$a^*_0-a^*_1$	0,010	var	$b^*_0-b^*_1$	0,028	yok*
	$L^*_0-L^*_2$	0,852	yok	$a^*_0-a^*_2$	0,007	var*	$b^*_0-b^*_2$	0,005	var*
	$L^*_0-L^*_5$	0,823	yok	$a^*_0-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_5$	0,007	var*
	$L^*_1-L^*_2$	0,169	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,046	var*	$b^*_1-b^*_2$	0,054	yok
	$L^*_1-L^*_5$	0,395	yok	$a^*_1-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	0,904	yok	$a^*_2-a^*_5$	0,005	var*	$b^*_2-b^*_5$	<0,001	var
G yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_1$	0,007	var*	$b^*_0-b^*_1$	0,014	var
	$L^*_0-L^*_2$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_2$	0,003	var	$b^*_0-b^*_2$	0,002	var
	$L^*_0-L^*_5$	0,005	var*	$a^*_0-a^*_5$	0,177	yok	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_2$	0,132	yok*	$b^*_1-b^*_2$	0,415	yok
	$L^*_1-L^*_5$	0,011	var	$a^*_1-a^*_5$	0,206	yok*	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	0,625	yok	$a^*_2-a^*_5$	0,004	var	$b^*_2-b^*_5$	0,144	yok

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

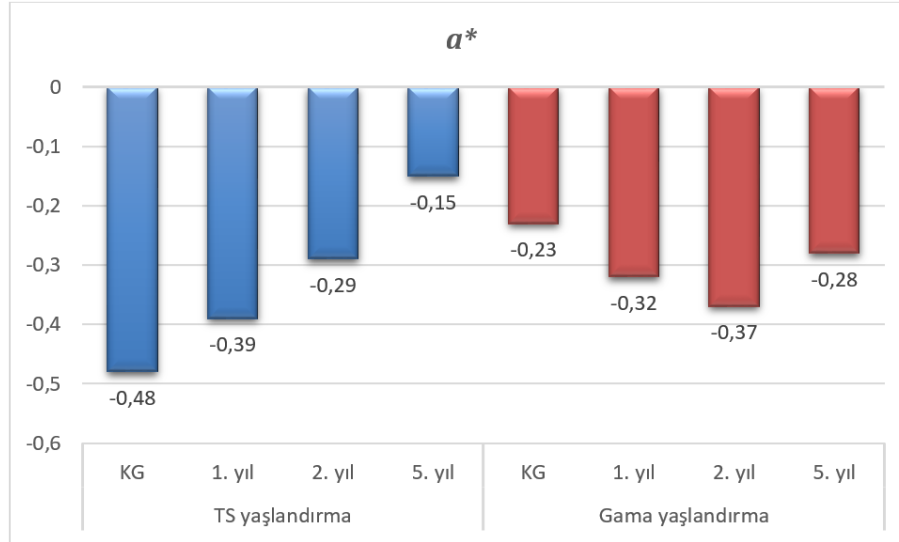
4.3.5.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.37 verileri incelendiğinde, L^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.18’de verilmektedir. Burada, L^* renk koordinat değerinin TS yaşlandırma yöntemine göre incelendiğinde anlamlandırılmayan bir görüntü ortaya çıkmış olup spektrofotometre hata payı dikkate alınarak değişmediği, fakat G yaşlandırma yönteminde ise yıllara göre artış eğiliminde olduğu görülmektedir. L^* renk koordinat değeri için TS yaşlandırma yöntemi kısa ve uzun dönem olarak değerlendirilmemiş olup değişmediği varsayılmıştır. G yaşlandırma etkisinin daha açıklanabilir olması için, KG verileri ile karşılaştırılmak üzere 1 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi kısa dönem ve 5 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi uzun dönem olarak değerlendirilmiştir. G yaşlandırma etkisinin kısa dönem % 0,63 ve uzun dönem için % 1,50 oranında L^* renk koordinat değerinin arttığı hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında G yaşlandırma yönteminin ise TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



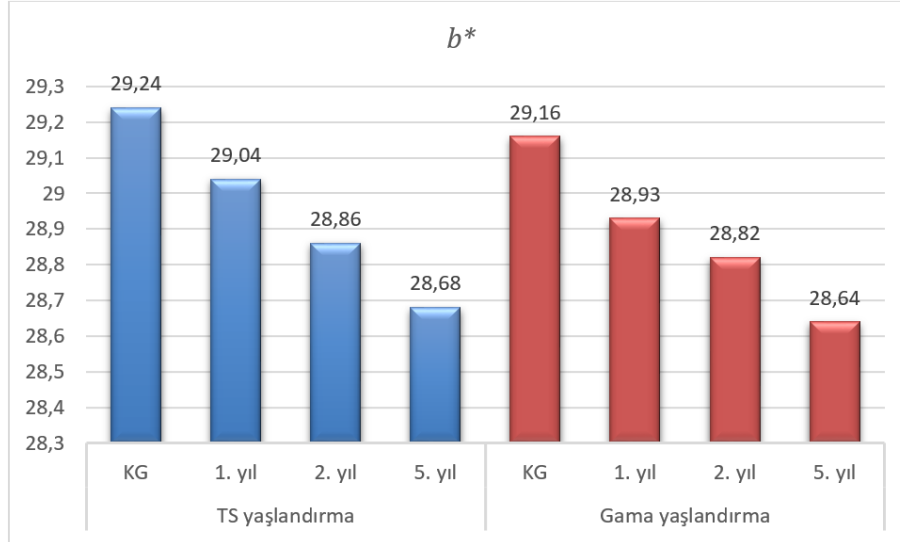
Şekil 4.18. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.37 verileri incelendiğinde, a^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.19'da verilmektedir. Şekil 4.19'a bakıldığında, a^* değerinin yıllara göre değişimi incelendiğinde TS yaşlandırma yönteminde yıllara göre artış gözlenirken, G yaşlandırma yönteminde ise anlamlı bir karşılaştırma yapılamamıştır. TS yaşlandırma yönteminin, kısa dönem ve uzun dönem değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; kısa dönem % 18,75 ve uzun dönem için % 68,75 oranında arttığı gözlenmiştir. Bu yüzdelik değişimlere göre, TS yaşlandırma yönteminin, G yaşlandırma işlemine göre daha fazla etkili olduğu söylenebilir.



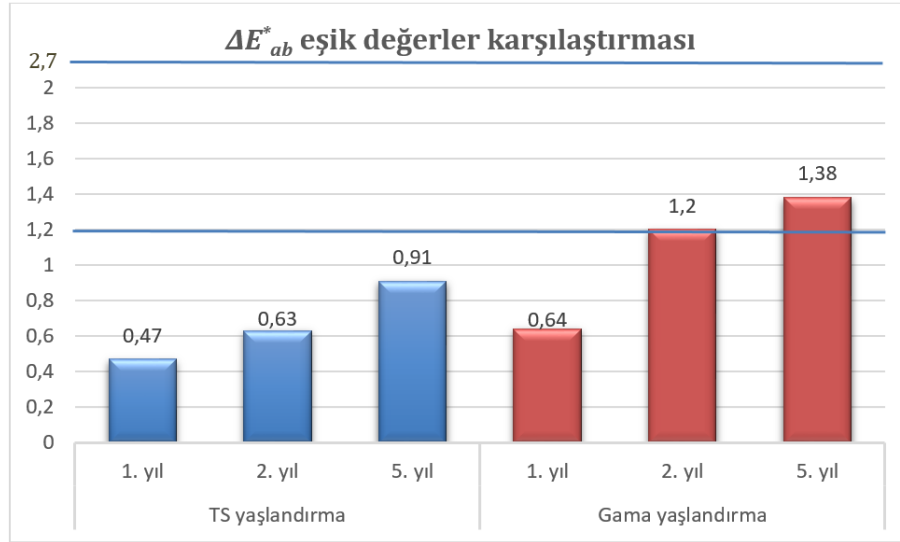
Şekil 4.19. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.37 verileri incelendiğinde, b^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.20’de verilmektedir. Şekil 4.20 incelendiğinde b^* renk koordinat değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, kısa dönem (KG-1 yıl sonrası b^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası b^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,69 ve uzun dönem için % 1,92 oranında azalma olduğu, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,79 ve uzun dönem için % 1,78 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen b^* renk koordinat değerinin, azalma oranları karşılaştırıldığında; uzun dönem için TS yaşlandırma yönteminin, G yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu, kısa dönem için ise G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.20. Spectra ST HV A2 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.37’de hesaplanan, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.21’de verilmektedir. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 2 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_2^* renk farkı arasındaki yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 5 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_5^* renk farkının yüzdelik değişimi) ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 34,04 oranında değiştiği ve uzun dönem için ise % 93,62 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 87,50 ve uzun dönem için % 115,625 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa ve uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 4.21. Spectra ST HV A2 kompozit rezin, ΔE_{ab}^* , algılanabilirlik değerlerinin karşılaştırılması (mavi çizgiler ΔE_{ab}^* 'nin 1,2-2,7 arasındaki eşik değerleri; göstermektedir)

Spectra ST HV A2 kompozit rezin için ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının eşik aralıkları, “Bölüm 4.3.1.3.” de detaylı olarak anlatılan standartlarda alınmış olup Çizelge 4.44’te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.44. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara karşılaştırılması

	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
TS	ΔE_1^*	0,47	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,63	Algılanamaz
	ΔE_5^*	0,91	Algılanamaz
G	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
	ΔE_1^*	0,64	Algılanamaz
	ΔE_2^*	1,20	Algılanabilir
	ΔE_5^*	1,38	Algılanabilir

Çizelge 4.44’te verilen yıllara göre ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları incelendiğinde, TS yaşlandırma işleminin yıllara göre uygulanması sonrasında Spectra ST HV A2 kompozit rezin için 1, 2 ve 5 yıl sonrasında algılanabilirlik eşik değerine ulaşmadığı ($\Delta E_{ab}^* < 1,2$); G yaşlandırma işlemi sonrasında ise 2 ve 5 yıl yaşlandırma sonrasında algılanabilirlik eşik değeri sınırını aştığı ($\Delta E_{ab}^* > 1,2$) görülmüştür. Bu sonuçlara göre Spectra ST HV A2 kompozit rezin için G

yaşlandırma yönteminin etkisinin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu söylenebilir.

4.3.6. Spectra ST HV A3 numunelerine ait ölçümler

4.3.6.1. Kontrol grubu ölçümleri

Spectra ST HV A3 kompozit rezin kontrol grubu (KG) ait L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının spektrofotometrik ön ölçüm verileri Çizelge 4.45’de sunulmaktadır (N=20). SPSS programına girilen Çizelge 4.45 verilerinin çarpıklık ve basıklık değerlerinin - 1,5 ile +1,5 arasında olduğu görülmüş olup normal dağılım varsayımını sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.46). Numuneler, G ve TS yaşlandırma için rastgele iki gruba ayrılmış ve yaşlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.45. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numunelerine ait KG ölçümleri

Kod	L_o	a_o	b_o
S21	76,70	0,20	32,20
S22	77,10	-0,10	33,10
S23	77,40	-0,10	33,40
S24	78,00	0,30	33,90
S25	76,10	0,00	32,50
S26	77,40	-0,10	33,70
S27	77,60	0,00	34,20
S28	78,20	0,10	33,60
S29	78,00	0,10	33,30
S30	77,50	0,10	32,80
S31	77,00	-0,10	33,00
S32	76,10	-0,10	31,60
S33	77,50	-0,30	33,70
S34	76,70	0,00	32,40
S35	79,50	0,30	34,40
S36	76,20	0,00	32,50
S37	78,00	-0,10	32,90
S38	78,30	-0,10	33,20
S39	77,70	0,10	32,90
S40	78,20	-0,10	33,90

Çizelge 4.46. KG ölçümlerinde elde edilen L_o^* , a_o^* ve b_o^* veri gruplarına ait çarpıklık ve basıklık değerleri

Grup	N	Min.	Mak.	A.Ort	SS	Çarpıklık	Basıklık
L_o		76,10	79,50	77,46	0,85	0,22	0,45
a_o	20	-0,30	0,30	0,01	0,15	0,42	0,21
b_o		31,60	34,40	33,16	0,71	-0,25	-0,23

4.3.6.2. TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası ölçümler

Spectra ST HV A3 kompozit rezin, TS ve G yaşlandırma L^* , a^* ve b^* renk koordinat ölçümleri, “Bölüm 4.3.1.2.” yöntemleri izlenerek gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 5 yıl TS ve G yaşlandırma yöntemleri sonrasında veriler Çizelge B.16-B.18’de verilmiştir. Çizelge B.16-B.18’de elde edilen verilerin L^* , a^* ve b^* renk koordinat değerleri ile ΔE_{ab}^* renk farklarının aritmetik ortalama ve standart sapma karşılaştırması Çizelge 4.47’de sunulmuştur.

Çizelge 4.47. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için L^* , a^* ve b^* ölçümleriyle, bu ölçümlere ait ΔE_{ab}^* renk farklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre aritmetik ortalamaları

		L^*		a^*		b^*		ΔE_{ab}^*	
		A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS	A.Ort	SS
TS yaşlandırma	KG	77,40	0,61	0,05	0,13	33,27	0,60	-	-
	1. yıl	77,55	0,72	0,21	0,13	33,07	0,48	0,40	0,13
	2. yıl	77,32	0,67	0,38	0,15	32,69	0,47	0,72	0,19
	5. yıl	77,39	0,56	0,52	0,12	32,50	0,43	0,94	0,25
	KG	77,52	1,00	-0,04	0,15	33,05	0,77	-	-
G yaşlandırma	1. yıl	77,56	1,16	0,14	0,15	32,87	0,91	0,41	0,16
	2. yıl	77,59	1,22	0,17	0,16	32,49	0,82	0,69	0,14
	5. yıl	77,71	1,12	0,26	0,16	32,28	0,82	0,90	0,16

SPSS veri analizi programı ile Çizelge B.16-B.18 arasında verilen ΔE_{ab}^* renk farkı ölçüm değerleri Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir. Çizelge 4.48’e bakıldığında, 1 yıl G yaşlandırma işleminin, ΔE_1^* (KG-1 yıl) renk farkı verileri hariç ($p < 0,05$), diğer karşılaştırma verilerinin normal dağıldığı görülmüştür ($p > 0,05$)

Çizelge 4.48. Spectra ST HV A3 numunelerine ait yaşlandırma işlemleri için hesaplanan ΔE_{ab}^* verilerinin Shapiro-Wilk normallik testine göre p -değerleri

		Renk Farkı	p -değeri
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,170
Spectra ST HV A3	TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,360
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,274
		ΔE_1^* (KG-1 yıl)	0,043
	G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_2^* (KG-2 yıl)	0,109
		ΔE_5^* (KG-5 yıl)	0,230

Çizelge B.16-B.18 arasında hesaplanarak verilen, ΔE_{ab}^* Shapiro-Wilk testi sonrası, istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığının araştırılması için her yaşlandırma yöntemi ayrı ayrı 1-2, 1-5 ve 2-5 yıl olmak üzere SPSS kullanılarak karşılaştırılmıştır. SPSS üzerinden normal dağılıma sahip veriler Bağımlı Gruplar t-Testi ile; normal dağılıma sahip olmayan veriler Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi analizine tabi tutulmuştur. Analiz sonrası istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$) (Çizelge 4.49)

Çizelge 4.49. TS ve G yaşlandırma işlemleri için Bağımlı Gruplar t-Testi ile Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi sonuçları

	İkili karşılaştırma	p	Anlamlı fark
TS yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	<0,001	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	<0,001	var
G yaşlandırma ΔE_{ab}^*	ΔE_1^* ile ΔE_2^*	0,005*	var
	ΔE_1^* ile ΔE_5^*	0,005*	var
	ΔE_2^* ile ΔE_5^*	0,004	var

*: Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi

Çizelge 4.45'de verilen L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarının KG ölçümleri ile 1 yıl (Çizelge B.16), 2 yıl (Çizelge B.17) ve 5 yıl (Çizelge B.18) sonraki TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası renk koordinat verileri Shapiro-Wilk normallik testine tabi tutulmuş ve elde edilen p -değerleri Çizelge 4.50'te verilmektedir.

Çizelge 4.50. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları

Yöntem	N		p	Normal Dağılım
TS Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,488	var
		a^*_0	0,276	var
		b^*_0	0,954	var
	1. yıl	L^*_1	0,303	var
		a^*_1	0,410	var
		b^*_1	0,286	var
	2. yıl	L^*_2	0,522	var
		a^*_2	0,058	var
		b^*_2	0,438	var
	5. yıl	L^*_5	0,890	var
		a^*_5	0,575	var
		b^*_5	0,727	var
G Yaşlandırma	KG	L^*_0	0,802	var
		a^*_0	0,127	var
		b^*_0	0,967	var
	1. yıl	L^*_1	0,532	var
		a^*_1	0,085	var
		b^*_1	0,917	var
	2. yıl	L^*_2	0,769	var
		a^*_2	0,101	var
		b^*_2	0,931	var
	5. yıl	L^*_5	0,576	var
		a^*_5	0,631	var
		b^*_5	0,805	var

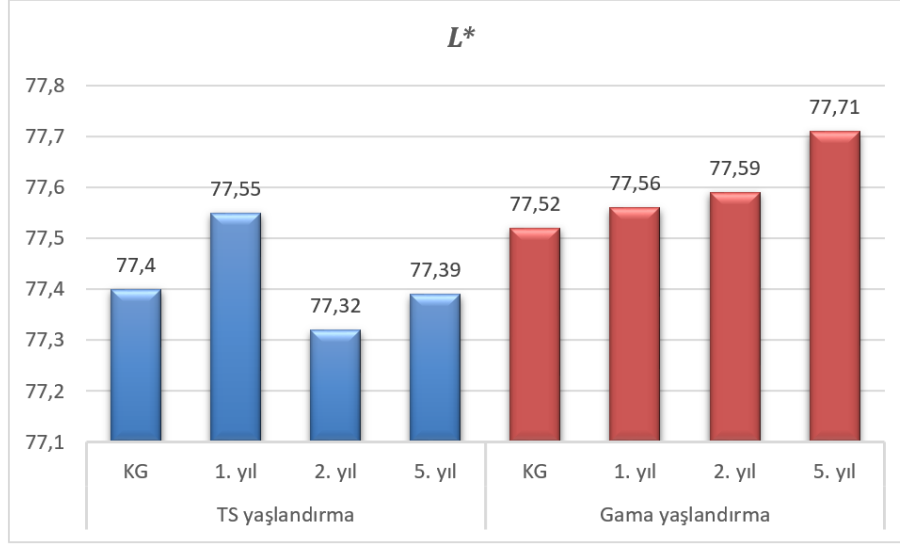
Çizelge 4.50’de sunulan verilerden, normal dağılıma sahip olanlar Bağımlı Gruplar t-Testi ile analize tabi tutulmuştur. Analiz sonrası p anlamlılık değerinin a^* ve b^* için yıllar arttıkça 0,05’ten küçük olduğu görülmüş olup istatistiksel anlamlı farklılık var olduğu kabul edilmiş($p<0,05$), fakat L^* değeri için anlamlı farklılık olduğu yönünde bir yorum yapılamamıştır (Çizelge 4.51).

Çizelge 4.51. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin KG ve yıllara göre yaşlandırma işlemleri sonrası L^* , a^* ve b^* değerlerinin SPSS üzerinden istatistiksel olarak karşılaştırılması

Yöntem	L^*		Anlamlı Fark	a^*		Anlamlı Fark	b^*		Anlamlı Fark
	Kar.	p		Kar.	p		Kar.	p	
TS yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	0,038	var	$a^*_0-a^*_1$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_1$	0,025	var
	$L^*_0-L^*_2$	0,210	yok	$a^*_0-a^*_2$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	0,879	yok	$a^*_0-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	<0,001	var	$a^*_1-a^*_2$	<0,001	var	$b^*_1-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_5$	0,049	var	$a^*_1-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	0,209	yok	$a^*_2-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_2-b^*_5$	<0,001	var
G yaşlandırma	$L^*_0-L^*_1$	0,642	yok	$a^*_0-a^*_1$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_1$	0,051	var
	$L^*_0-L^*_2$	0,506	yok	$a^*_0-a^*_2$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_0-L^*_5$	0,038	var	$a^*_0-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_0-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_2$	0,742	yok	$a^*_1-a^*_2$	0,081	yok	$b^*_1-b^*_2$	<0,001	var
	$L^*_1-L^*_5$	0,071	var	$a^*_1-a^*_5$	<0,001	var	$b^*_1-b^*_5$	<0,001	var
	$L^*_2-L^*_5$	0,111	yok	$a^*_2-a^*_5$	0,004	var	$b^*_2-b^*_5$	0,014	var

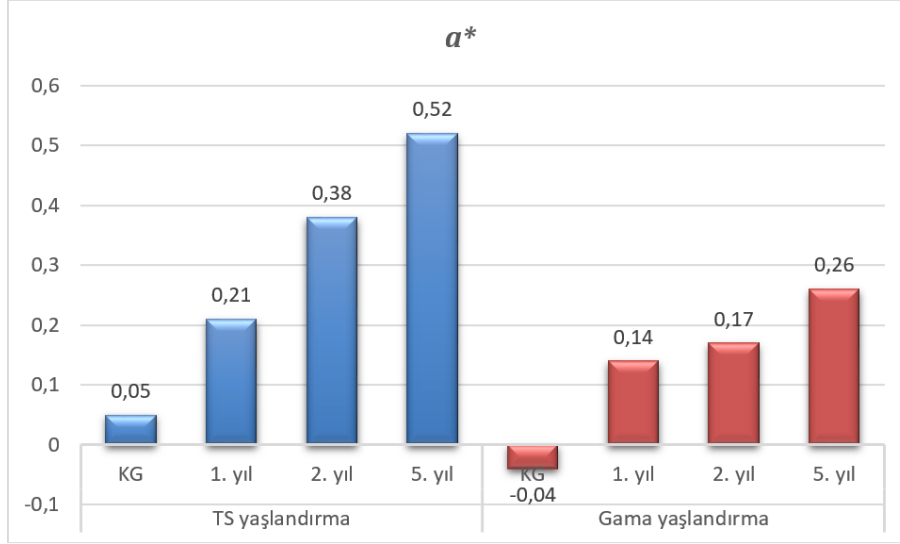
4.3.6.3. Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Çizelge 4.47 verileri incelendiğinde, L^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.22’de verilmektedir. Burada, L^* renk koordinat değerinin TS yaşlandırma yöntemine göre incelendiğinde anlamlandırılmayan durum ortaya çıkmış olup değişmediği varsayılmış, fakat G yaşlandırma yönteminde ise yıllara göre artış eğiliminde olduğu görülmektedir. TS yaşlandırma yöntemi kısa ve uzun dönem olarak değerlendirilmemiş olup değişmediği kabul edilmiştir. G yaşlandırma etkisinin ise, kısa dönem (KG-1 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi değeri) ve uzun dönem (KG-5 yıl sonrası L^* renk koordinat değerinin yüzdelik değişimi) değerlerinin yüzdelik değişimi; kısa dönem % 0,05 ve uzun dönem için % 0,24 oranında arttığı hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında G yaşlandırma yönteminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkilediği görülmüştür.



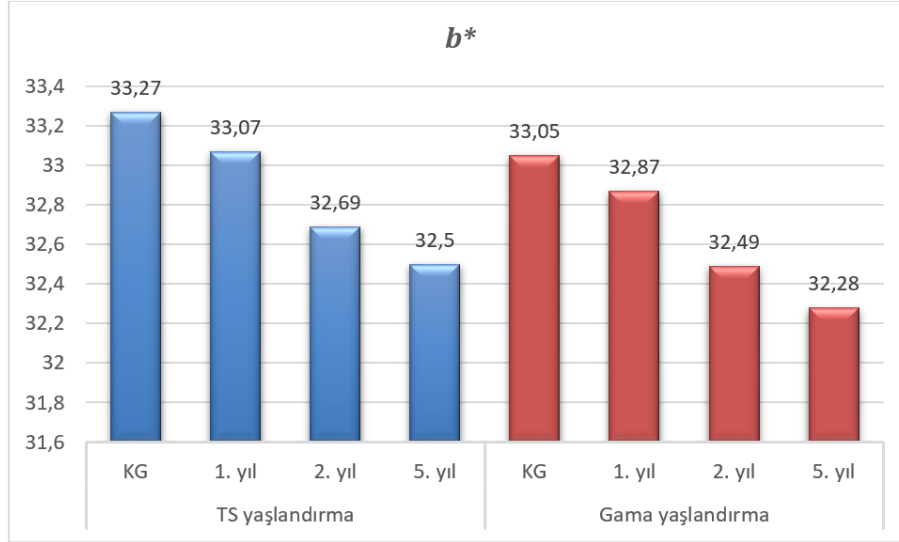
Şekil 4.22. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, L^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.47 verileri incelendiğinde, a^* renk koordinat değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.23'te verilmektedir. Şekil 4.23'e bakıldığında, a^* değerinin yıllara göre değişimi TS ve G yaşlandırma yöntemlerinde yıllara göre artış olduğu gözlenmiştir. TS yaşlandırma yönteminin, kısa dönem ve uzun dönem a^* renk koordinat değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; kısa dönem % 320,00 ve uzun dönem için % 940,00 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi sonrası, kısa dönem % 450,00 ve uzun dönem için % 750,00 arttığı gözlenmiştir. Bu yüzdelik değişim oranı anlamlandırılmamış olup diğer kompozit rezin gruplarına göre aşırı değişim göstermiştir. İki yaşlandırma işlemi için TS yaşlandırma yönteminin, G yaşlandırma işlemine göre daha fazla etkili olduğu söylenebilir.



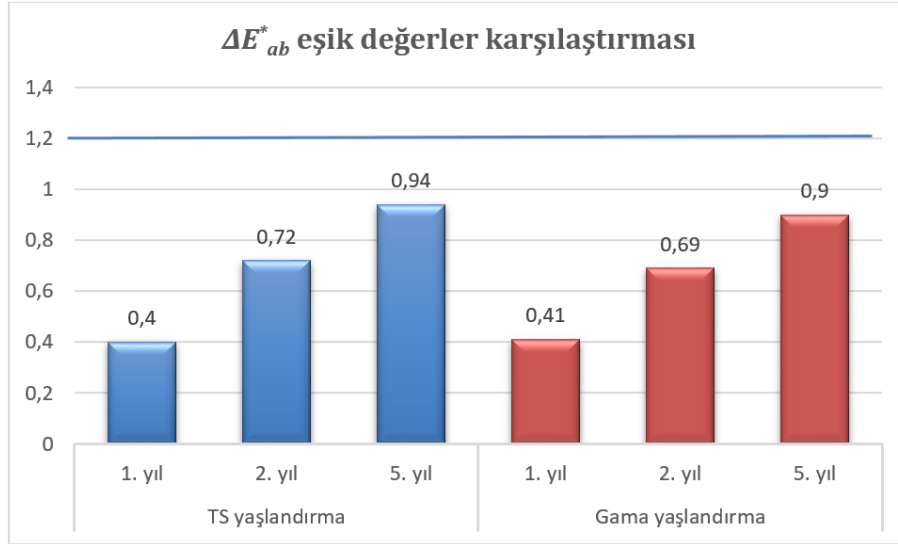
Şekil 4.23. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, a^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.47 verileri incelendiğinde, b^* değerinin yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.24'de verilmektedir. Şekil 4.24 incelendiğinde b^* değerinin yıllara göre her iki yaşlandırma yöntemi için azaldığı görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemlerinin, kısa dönem ve uzun dönem değerlerinin yüzdelik değişim oranının karşılaştırılmasında; TS yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,60 ve uzun dönem için % 2,31 oranında azalma olduğu, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 0,54 ve uzun dönem için % 2,33 oranında azalma olduğu hesaplanmıştır. Ölçülen b^* değerinin, azalma oranları karşılaştırıldığında; TS ve G yaşlandırma yönteminin kısa ve uzun dönem değerlerdirmelerinde benzer oradan azalma olduğu söylenebilir.



Şekil 4.24. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, b^* değerinin yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre değişimi

Çizelge 4.47’de hesaplanan, ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının yıllara ve yaşlandırma yöntemine göre karşılaştırılması Şekil 4.25’te verilmektedir. Renk farkı hesaplamalarına bakıldığında yıllara göre iki yaşlandırma yönteminde de ΔE_{ab}^* renk farkının arttığı görülmektedir. Yaşlandırma yöntemine göre kısa dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 2 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_2^* renk farkı arasındaki yüzdelik değişimi) ve uzun dönem (1 yıl sonraki ΔE_1^* renk farkı ile 5 yıl yaşlandırma sonrası ΔE_5^* renk farkının yüzdelik değişimi) ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları karşılaştırıldığında; TS yaşlandırma yöntemi için kısa dönem % 80,00 oranında değiştiği ve uzun dönem için ise % 135,00 oranında arttığı, G yaşlandırma yöntemi için ise kısa dönem % 68,29 ve uzun dönem için % 119,51 oranında artış olduğu hesaplanmıştır. Artış oranlarına bakıldığında kısa dönem TS yaşlandırma yönteminin etkili olduğu söylenebilse de, uzun dönem için G yaşlandırma işleminin, TS yaşlandırma yöntemine göre daha fazla etkili olduğu görülmüştür



Şekil 4.25. Spectra ST HV A3 kompozit rezin numuneleri için, ΔE_{ab}^* renk farkı ortalamalarının algılanabilirlik eşik değerine göre karşılaştırılması (mavi çizgi, $\Delta E_{ab}^*=1,2$ ve üstü algılanabilir)

Spectra ST HV A3 kompozit rezin için ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarının eşik aralıkları, “Bölüm 4.3.1.2.” de detaylı olarak anlatılan standartlarda alınmış olup Çizelge 4.52’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.52. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin renk farklılıklarının yaşlandırma yöntemi ve yıllara göre karşılaştırılması

	ΔE_{ab}^*	A.Ort	Eşik ($\Delta E_{ab}^* = 1, 2$)
TS	ΔE_1^*	0,40	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,72	Algılanamaz
	ΔE_5^*	0,94	Algılanamaz
G	ΔE_{ab}^*		
	ΔE_1^*	0,41	Algılanamaz
	ΔE_2^*	0,69	Algılanamaz
G	ΔE_5^*	0,90	Algılanamaz

Çizelge 4.52’de verilen yıllara göre ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları incelendiğinde, TS ve G yaşlandırma işlemlerinin yıllara göre uygulanması sonrasında Spectra ST HV A3 kompozit rezin için 1, 2 ve 5 yıl sonrasında algılanabilirlik eşik değerine ulaşmadığı ($\Delta E_{ab}^* < 1,2$) söylenebilir.

4.3.7. Genel değerlendirme

Tez alışmamızda; A2 ve A3 renk tonlarına sahip üç farklı dental kompozit materyal için elde edilen L^* , a^* , b^* renk koordinat ölçümleri ile ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarına ait sonuçlar (izelge 4.7, izelge 4.15, izelge 4.23, izelge 4.31, izelge 4.39 ve izelge 4.47) zerine odaklanılmıştır. Ölçümler, TS ve G yaşlandırma işlemleri için KG, ile 1, 2 ve 5 yıllık yapay yaşlandırmalara ait ortalamaları ve standart sapma değerlerini kapsamaktadır. Yukarıdaki 6 izelge ile özetlenen verilerin bütünlüklü bir şekilde değerlendirilip anlamlandırılabilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle, L^* , a^* , b^* renk koordinat ölçümleri için; kısa dönem verileri (L_0^* , a_0^* ve b_0^* verileri ile 1 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemi sonrası elde edilen L_1^* , a_1^* ve b_1^* verileri) ve uzun dönem verilerindeki (L_0^* , a_0^* ve b_0^* verileri ile yaşlandırma işlemleri sonrası saptanan L_5^* , a_5^* ve b_5^* verileri arasındaki) değişim yüzdeleri izelge 4.53'te karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Çizelge 4.53'te verilen L^* renk koordinatı verilerine bakıldığında, Clearfil Majesty Esthetic ve Filtek™ Z250 kompozit numunelerin parlaklığının, G ve TS yaşlandırma işlemleri sonrasında hem kısa hem de uzun dönem için arttığı gözlenmiştir. Spectra ST HV kompozit rezin grubundaki numunelerin parlaklığının, TS yaşlandırma işlemi sonrasında, kısa ve uzun dönem için neredeyse değişmediği, fakat G yaşlandırma işleminde uzun dönem için parlaklık değerinin arttığı bulunmuştur.

G ve TS yaşlandırma işlemlerini takiben, kırmızı ve yeşillik ölçütü olan a^* renk koordinatı verilerindeki değişim yüzdeleri, kısa ve uzun dönem için izelge 4.53 ile verilmektedir. Clearfil Majesty Esthetic kompozit rezin numunelerine uygulanan her iki yaşlandırma işlemi için kısa ve uzun dönemdeki yüzdelik değişimlere bakıldığında, kırmızılık değerinin arttığı söylenebilir. Filtek™ Z250 A2 renk tonundaki numuneler için negatif değerlere sahip olan (yeşillik ekseninde olan) a^* renk koordinatının TS ve G yaşlandırma sonrası kısa ve uzun dönem için yüzdelik değişimleri incelendiğinde, yeşillik değerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. A3 renk tonuna sahip Filtek™ Z250 numuneler için ise

kırmızılık değeriinde artış olduğu bulunmuştur. Spectra ST HV A2 renk tonundaki kompozit rezin için TS yaşlandırmanın ardından kısa ve uzun dönemde yeşillik değeriinin azaldığı, fakat G yaşlandırma işlemi sonrası kısa ve uzun dönem için yeşillik düzeyinin arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.53. Renk koordinatları için TS ve G yaşlandırma sonrası kısa ve uzun dönemdeki yüzdelik değişim miktarları

Marka	Renk Tonu	<i>L*</i> koordinatındaki % değişim									
		Kısa dönem					Uzun dönem				
		TS	AY	K	G	AY	TS	AY	K	G	AY
Clearfil	A2	0,92	↑	≅	0,89	↑	1,70	↑	>	1,57	↑
Majesty	A3	0,93	↑	>	0,23	↑	1,76	↑	>	1,36	↑
Esthetic	A2	0,97	↑	≅	0,98	↑	1,29	↑	<	1,70	↑
Filtek™	A3	1,18	↑	>	0,58	↑	2,27	↑	>	1,29	↑
Z250	A2	0,15	↔	<	0,63	↑	0,06	↔	<	1,5	↑
Spectra	A3	0,19	↔	x	0,05	↔	0,01	↔	<	0,24	↑
ST HV											
Marka	Ton	<i>a*</i> koordinatındaki % değişim									
		Kısa dönem					Uzun dönem				
		TS	AY	K	G	AY	TS	AY	K	G	AY
Clearfil	A2	22,95	↑	>	18,18	↑	34,43	↑	<	40,00	↑
Majesty	A3	25,68	↑	>	20,50	↑	37,84	↑	>	26,92	↑
Esthetic	A2	3,57	-↑	≅	3,45	-↑	25,00	-↑	>	20,69	-↑
Filtek™	A3	13,04	↑	<	30,77	↑	19,56	↑	<	48,72	↑
Z250	A2	18,75	-↑	<	39,13	-↓	68,75	-↑	>	21,74	-↓
Spectra	A3	320,0	↑	<	450,0	↑	940,0	↑	>	750,0	↑
ST HV											
Marka	Ton	<i>b*</i> koordinatındaki % değişim									
		Kısa dönem					Uzun dönem				
		TS	AY	K	G	AY	TS	AY	K	G	AY
Clearfil	A2	2,28	↔	X	2,57	↓	1,60	↓	<	4,81	↓
Majesty	A3	1,67	↓	<	2,57	↓	2,17	↓	<	3,11	↓
Esthetic	A2	2,65	↓	>	0,27	↓	6,77	↓	>	1,89	↓
Filtek™	A3	1,26	↔	X	1,07	↓	0,94	↓	<	1,89	↓
Z250	A2	0,69	↓	<	0,79	↓	1,92	↓	<	1,78	↓
Spectra	A3	0,60	↓	≅	0,54	↓	2,31	↓	≅	2,33	↓
ST HV											

AY: Artış/Azalış Yönü, K: Karşılaştırma, X: karşılaştırma yapılamamaktadır.

A3 renk tonuna sahip Spectra ST HV numuneleri için ise *a** koordinatında aşırı düzeyde yüzdelik değişimlere rastlanmıştır. Bu gruptaki numuneler için *a** renk koordinatlarının her iki yaşlandırma işleminin ardından hem kısa hem de uzun

dönem için kırmızılığa doğru gittiği söylenebilir. Her iki yaşlandırma işlemi için b^* renk koordinatı verilerine bakıldığında ise, kompozit rezin numunelerinde genel olarak sarılık değerinin azaldığı gözlemlenmiştir (uzun dönemde tüm numune gruplarında ve kısa dönemde ölçüm gruplarının büyük bir kısmında sarılık değeri azalmaktadır).

CIE renk uzayındaki L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarına genel olarak bakıldığında, 12 ölçüm grubu için kısa ve uzun dönemdeki değişim düzeylerinden tamamıyla tutarlı bir sonuç çıkarmak mümkün değildir. Özellikle Spectra ST HV kompozit rezin grubu, diğer dental kompozit gruplarıyla uyuşmayan farklı davranışlar sergilediğinden kendi içinde değerlendirilmiştir. Spectra ST HV kompozit numuneler için oluşturulan gruplardan elde edilen L^* renk koordinatı verileri değerlendirildiğinde, parlaklık düzeyinin kısa dönemde TS yaşlandırma işlemi için % 0,17 düzeyinde, G yaşlandırma işlemi için ise % 0,34 düzeyinde arttığı görülmüştür (G yaşlandırma yöntemi L^* renk koordinatı üzerinde TS yaşlandırmaya göre yaklaşık 2 kat daha fazla etkili olmuştur). Uzun dönem için bu gruptaki numunelerin parlaklığına bakıldığında ise, TS yaşlandırma işleminin etkisinin % 0,035 düzeyinde ve G yaşlandırma işleminin etkisinin %0,87 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, G yaşlandırma işleminin L^* renk koordinatının değişim düzeyi bakımından, TS yaşlandırma yöntemine göre daha etkili olduğu bulunmuştur. Spectra ST HV A2 ve A3 kompozit rezinlerin a^* renk koordinatlarındaki değişim ilginç dağılım sergilemektedir. Spectra ST HV A2 renk tonundaki numuneler için yeşillik düzeyi ($-a$), TS yaşlandırmada azalırken, G yaşlandırmada önce artmış (1 ve 2 yıl için), 5 yıl sonunda ise azalarak KG numunelerine yakın düzeye düşmüştür. Spectra ST HV A3 numuneleri için a^* değeri pozitifdir ($+a$ kırmızılığı temsil etmektedir). Spectra ST HV A3 numunelerinde TS ve G yaşlandırma için yıllara göre kırmızılık düzeyi git gide artmıştır. Dolayısıyla Spectra ST HV grubu numunelerinin a^* renk koordinatındaki değişimi sağlıklı biçimde açıklamak mümkün değildir. Spectra ST HV A2 ve A3 numuneleri için b^* renk koordinatı ($+b$ sarılık, $-b$ mavilik) A2 ve A3 renk tonuna sahip numunelerde ortak bir davranış sergilemiş ve yıllara bağlı olarak hem TS, hem de G yaşlandırma işlemleri için numunelerin sarılık düzeyi yavaşça azalmıştır. Buradaki azalışa bakıldığında; TS için kısa dönemde % 0,34

ve G için % 0,66 düzeyinde azalma olduğu; uzun dönem için ise TS yaşlandırma işlemindeki değişimin % 2,11 ve G yaşlandırma işleminde ise % 2,55 seviyesinde olduğu bulunmuştur. G yaşlandırma işleminin TS yaşlandırma işlemine göre daha fazla değişime neden olduğu söylenebilir.

Clearfil Majesty Esthetic A2 ve A3 ile Filtek™ Z250 A2 ve A3 numuneleri için gerçekleştirilen renk koordinat ölçümlerine ait sonuçlar birbirine benzer davranış sergilediğinden toplu olarak değerlendirilmiştir. L^* koordinatında, kısa dönemde TS işlemi için % 1'lik bir artış görülmüş, G yaşlandırma işleminde ise artış miktarı %0,67 olarak belirlenmiştir. Uzun dönemde parlaklık düzeyindeki artış oranı; TS yaşlandırma işlemi için % 1,75 ve G yaşlandırma işlemi için % 1,40 olarak karşılık bulmuştur. Kısa dönem için a^* renk koordinatındaki değişim miktarları incelendiğinde; TS işleminde % 16,40 ve G yaşlandırma işleminde %18,23'lük değişimler saptanmıştır. Uzun dönemde ise; TS yaşlandırma işlemi sonrasındaki değişim düzeyi % 29,20 ve G işlemine ait değişim oranı % 34,1 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde b^* renk koordinatı ölçümlerine ait değişimler; kısa dönemde TS işlemi için % 1,96, G işlemi için % 1,62 ve uzun dönemde TS yaşlandırma işlemi için % 2,87, G yaşlandırma işlemi için ise % 2,92 olarak tespit edilmiştir.

TS ve G yaşlandırma işlemlerinin renk stabilitesi üzerindeki etkisinin, renk koordinatlarındaki değişimler yerine ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları üzerinden incelenmesi daha uygundur. Bu nedenle, kısa ve uzun dönemdeki ΔE_{ab}^* renk farklarına ait yüzde değişim miktarları, her iki yaşlandırma işlemi için Çizelge 4.54'te karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Burada, kısa dönem ile 1 yıllık yaşlandırma sonundaki renk farkı değeri (ΔE_1^*) ile 2 yıllık yaşlandırma sonundaki renk farkı değeri (ΔE_2^*) arasındaki değişim yüzdesi kastedilmektedir. Benzer şekilde, uzun dönem ise 1 yıl ile 5 yıllık yaşlandırmalar için saptanan renk farkları, ΔE_1^* ile ΔE_5^* arasındaki değişim miktarını temsil etmektedir (Çizelge 4.54). Genel olarak, TS ve G yaşlandırma işlemleri için ΔE_{ab}^* renk farkı değerlerinin yıllara bağlı olarak artış gösterdiği yani her iki yaşlandırma işleminin dental kompozit numunelerin renk stabilitesini etkilediği söylenebilir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. ΔE_{ab}^* renk farkları için kısa ve uzun dönemdeki yüzdelik değişim miktarları

Marka	Renk Tonu	ΔE_1^* ile ΔE_2^* arasındaki % değişim					ΔE_1^* ile ΔE_5^* arasındaki % değişim				
		TS	AY	K	G	AY	TS	AY	K	G	AY
Clearfil Majesty Esthetic	A2	6,00	↔	<	52,04	↑	52,00,	↑	<	82,65	↑
	A3	18,68	↑	<	49,15	↑	69,23	↑	<	127,12	↑
Filtek™ Z250	A2	5,71	↔	<	18,29	↑	32,38	↑	<	79,27	↑
	A3	1,98	↔	<	22,03	↑	79,21	↑	<	96,61	↑
Spectra ST HV	A2	34,04	↑	<	87,50	↑	93,62	↑	<	115,63	↑
	A3	80,00	↑	>	68,29	↑	135,00	↑	>	119,51	↑

AY: Artış/Azalış Yönü, K: Karşılaştırma

Çizelge 4.54 incelendiğinde, A3 renk tonuna sahip Spectra ST HV kompozit numuneleri haricindeki tüm gruplar için G yaşlandırma işleminin renk değişimi bakımından TS yaşlandırma işlemine kıyasla daha etkili olduğu görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında incelenen tüm numuneler birlikte değerlendirildiğinde, kısa dönemdeki renk farklılığı değişiminin TS işlemi için % 24,4 ve G yaşlandırma işlemi için % 49,6 oranında etkili olduğu bulunmuştur (G yaşlandırma işlemi yaklaşık 2 kat daha etkilidir). Uzun dönemdeki renk değişim miktarları ise; TS yaşlandırma için % 68,2 ve G yaşlandırma işlemi için % 103,5 olarak tespit edilmiş, yani G yaşlandırma işleminin uzun dönemde, neredeyse 1,5 kat kadar daha etkili olduğu ortaya çıkarılmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Doğada bulunan herşey doğal veya yapay kaynaklı radyasyona maruz kalmaktadır. Radyasyonun dental restoratif materyalleri de etkileyebileceği bilinmektedir (Yesilyurt vd., 2008; Naves vd., 2012; Brandeburski ve Bona, 2018). Kompozit rezinler diş hekimliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak literatürde, doğal radyasyonun dental kompozitlerin renk stabilitesini nasıl etkileyeceğine dair bir araştırma bulunmamaktadır. Bu çalışmayla, doğal gama radyasyonuna maruz kalmanın taklit edilebileceği bir hızlandırılmış yapay yaşlandırma yöntemi geliştirilerek dental kompozitlerin renk kararlılığının zamana bağlı değişimi spektrofotometrik ölçümlerle incelenmiştir. Bu amaçla üç üreticiye ait A2 ve A3 renk tonlarındaki 120 kompozit rezin numunesinde; 1, 2 ve 5 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemlerinin ardından renk koordinatları VITA Easyshade V spektrofotometresi ile ölçülmüş ve ölçüm grupları için hesaplanan renk farkları yıllara ve yaşlandırma tekniklerine göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen ΔE_{ab}^* değerleri ayrıca, algılanabilirlik eşik değerine ($\Delta E_{ab}^* = 1,2$) göre de değerlendirilmiştir.

TS ve G yaşlandırma işlemleri için kullanılan 12 gruptaki numunelerin L^* , a^* ve b^* renk koordinatlarına ait KG, 1, 2 ve 5 yıllık yaşlandırma verilerinin ikili karşılaştırmaları için 216 adet veri seti istatistiksel olarak birbiri ile karşılaştırıldığında anlamlı bir sonuca ulaşılammıştır. Bu nedenle, KG verileri baz alınarak 108 adet ikili karşılaştırma yapılmış ve 94 karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur (Filtek™ Z250 A2 kompozit rezin için; TS yaşlandırma yöntemindeki $a^*_0-a^*_1$ ve $a^*_0-a^*_2$, G yaşlandırma yöntemindeki $a^*_0-a^*_1$, $a^*_0-a^*_2$ ve $b^*_0-b^*_1$, Spectra ST HV A2 kompozit rezin için TS yaşlandırma yöntemindeki $L^*_0-L^*_1$, $L^*_0-L^*_2$, $L^*_0-L^*_5$ ve $b^*_0-b^*_1$, G yaşlandırma yöntemindeki $a^*_0-a^*_5$, Spectra ST HV A3 kompozit rezin için TS yaşlandırma yöntemindeki $L^*_0-L^*_2$ ve $L^*_0-L^*_5$, G yaşlandırma yöntemindeki $L^*_0-L^*_1$ ve $L^*_0-L^*_2$ karşılaştırmaları haricindeki ikili karşılaştırmalarda anlamlı farklılık tespit edilmiştir). Genel olarak, her iki yaşlandırma işlemi sonucunda dental kompozit numunelere ait renk koordinatlarının yıllara bağlı değiştiği, istatistiksel olarak söylenebilir.

ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamaları genel olarak değerlendirildiğinde, numuneler için tespit edilen renk farklılığının her iki yaşlandırma yönteminde de zamana bağlı olarak arttığı görülmektedir. ΔE_{ab}^* gruplarının normal dağılıma sahip olup olmadığı Shapiro-Wilk normallik testi ile incelenmiştir. TS ve G yaşlandırma işlemleri için ΔE_1^* , ΔE_2^* ve ΔE_5^* gruplarındaki verilerin kendi içlerindeki istatistiksel analizleri SPSS 29,0 programında; normal dağılıma sahip gruplar için Bağımlı Gruplar t-Testi ile ve normal dağılıma sahip olmayan gruplar için Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1 ve 2 yıllık TS ve G yaşlandırma işlemlerine ait ΔE_{ab}^* veri gruplarının kendi içlerinde (TS yaşlandırma için; Clearfil Majesty Esthetic A2, Filtek™ Z250 A2, Filtek™ Z250 A3 ve Spectra ST HV A2, G yaşlandırma için; Filtek™ Z250 A3 numuneleri hariç) anlamlı bir farklılık sergilediği bulunmuştur ($p<0,05$). 2 ve 5 yıllık yaşlandırma işlemleri için Spectra A2 renk tonuna ait TS numuneleri hariç, ΔE_{ab}^* veri gruplarının kendi aralarında anlamlı bir farklılığa sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$). 1 ve 5 yıllık ΔE_{ab}^* verileri incelendiğinde ise tüm gruplarda ve her iki yaşlandırma işlemindeki renk farkı değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

G yaşlandırma işleminin TS yaşlandırma işlemine kıyasla, dental kompozitlerin renk değişimi üzerinde (A3 renk tonuna sahip Spectra ST HV numuneleri haricinde) daha etkili olduğu söylenebilir. Renk farklılığındaki değişim yüzdelikleri, kısa (1-2 yıl arası) ve uzun (1-5 yıl arası) dönemde her iki yaşlandırma için incelenmiştir. TS yaşlandırma işlemine tabi tutulan örnek grupları için kısa dönemdeki renk değişiminin % 24,4 düzeyinde olduğu, G yaşlandırma yapılan gruplarda ise kısa dönemdeki renk farklılığının % 49,6 oranında değiştiği bulunmuştur. Yani, G yaşlandırmanın TS yaşlandırma işlemine kıyasla kısa dönemde, dental kompozitlerin renk stabilitesinin bozulmasında yaklaşık 2 kat kadar daha etkili olduğu görülmüştür. Uzun dönem için TS yaşlandırma işlemine ait renk farklılığındaki değişim %68,2 düzeyinde gerçekleşirken G yaşlandırma işlemi için % 103,5'lik bir değişim oranı tespit edilmiştir. Uzun dönem için de G yaşlandırma işleminin TS yaşlandırmaya göre renk değişimi üzerinde daha etkili olduğu (yaklaşık 1,5 kat kadar) söylenebilir. 5

yıllık yaşlandırma için ΔE_{ab}^* renk farkı hesaplamalarına ait tüm ortalamalar ayrıca, algılanabilirlik eşik değeri ($\Delta E_{ab}^* = 1,2$) üzerinden değerlendirilmiştir. Clearfil Majesty Esthetic ve Filtek TM Z250 markalarına ait numunelerin hem TS hem de G yaşlandırma işlemleri sonucunda renk farkı düzeylerindeki değişimin çıplak gözle algılanabilir hale geldiği (1,2'lik eşiği aştığı) görülmüştür. A2 renk tonuna sahip Spectra ST HV numunelerindeki renk farklılığının G yaşlandırma sonrasında algılanabilirlik eşiğini aştığı, fakat TS işlemine ait renk farklılık düzeyinin bu eşiğin altında kaldığı bulunmuştur. Spectra ST HV A3 numuneleri için ise her iki yaşlandırma işlemi için de 5 yıl sonunda elde edilen ΔE_{ab}^* renk farkı düzeylerinin algılanabilirlik eşik değerini aşmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın limitleri dahilinde, doğal gama radyasyonunun dental kompozitlerin renk stabilitesini etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Renk farklılığının araştırıldığı deneysel çalışmalarda yer almayan G yaşlandırma işleminin TS yaşlandırma işleminden daha fazla renk değişimine neden olduğu bulunmuştur. Çalışmamızla tanıttığımız hızlandırılmış gama yaşlandırma tekniğinin, dental malzemeler için yürütülecek renk ölçüm çalışmaları için hali hazırda kullanılan hızlandırılmış yaşlandırma işlemleri arasına dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller için ileride yapılacak benzer renk ölçüm çalışmalarında hızlandırılmış gama yaşlandırma işleminin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, çalışmamızda kullanılan Spectra ST HV kompozit malzemesi için elde edilen sonuçların tutarsızlığı göz önüne alındığında, bu materyalin tekrar ve daha detaylı çalışılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Agrawal, V., Kapoor, S., 2013. Color and Shade Management in Esthetic Dentistry. *Univers Res J Dent*, 3(3), 120-127.
- Ahmed Ha,R.M.O., Abo Elezz, A.F., Elmaghraby, E.M., 2024. Effect of Gamma-Radiation on De-and Re-Mineralization of Enamel and Dentin (An In-Vitro Study). *Dental Science Updates*, 5(1), 101-107.
- Akay, C., Tanış, M.Ç., Gulverdiyeva, M., 2018. Coloration of Provisional Restoration Materials: A Comparison of The Effects of Mouth Rinses And Green Tea. *European Oral Research*, 52(1), 19-24.
- Akkoyun, S., 2003. Gama Işınlarnın Yön Tayini. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Ankara.
- Alhavaz, A., Alaghemand, H., Poorsattar-Bejehmir, A., Vakili, Y., Odak, M., Rastar, A., 2013. Assessment of Aging Effects on Porcelain Repair Systems Discoloration. *Caspian Journal of Dental Research*, 2(1), 46-52.
- Altun, C., 2005. Kompozit Dolgu Materyallerinde Son Gelişmeler. *Gülhane Tıp Dergisi*, 47(1), 77-82.
- Archegas, L.R.P., Freire, A., Vieira, S., Caldas, D.B.M., Souza, E.M., 2011. Colour Stability and Opacity of Resin Cements and Flowable Composites For Ceramic Veneer Luting After Accelerated Ageing. *Elsevier Journal of Dentistry*, 39, 804-810.
- Barclay, C.W., Boyle, E.L., Williams, R., Marquis, P.M., 2002. The Effect of Thermocycling on Five Adhesive Luting Cements. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(6), 546-552.
- Basdevant, J.L., Rich, J., Spiro, M., 2005. *Fundamentals in Nuclear Physics*, Springer, 515s, France.
- Berns, R.S., 2000. *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*, 3rd Edition., John Wiley & Sons, New York, 272.
- Bhat, V., Prasad, D.K., Sood, S., Bhat, A., 2011. Role of Colors in Prosthodontics: Application of Color Science in Restorative Dentistry. *Indian Journal of Dental Research*, 22(6), 804-809.
- Bicchieri, M., Monti, M., Piantanida, G., Sodo, A., 2016. Effects of Gamma Irradiation on Deteriorated Paper. *Radiation Physics and Chemistry*, 125, 21-26.
- Biçer, A.Z.Y., Karakış, D., Doğan, A., 2014. Termal Siklusun İndirekt Kompozit Rezin Materyallerinin Renk Stabilitesi Üzerine Etkisi. *Acta Odontologica Turcica*, 31(1), 13-17.

- Bona, A.D., Pecho, O.E., Ghinea, R., Cardona, J.C., Pérez, M.M., 2015. Colour Parameters and Shade Correspondence of CAD–CAM Ceramic Systems. *Journal of Dentistry*, 43(6), 726-734.
- Borse, S., Chaware, S.H., 2020. Tooth Shade Analysis and Selection in Prosthodontics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 20(2), 131-140.
- Botega, D.M., Sanchez, J.L.L., Mesquita, M.F., Henriques, G.E.P., Consani, R.L.X., 2008. Effects of Thermocycling on The Tensile Bond Strength of Three Permanent Soft Denture Liners. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 17(7), 550-554.
- Brandeburski, S.B.N., Della Bona, A., 2018. Effect of Ionizing Radiation on Properties of Restorative Materials. *Dental Materials: Official Publication of The Academy of Dental Materials*, 34(2), 221–227.
- Braun, A., Glockmann, A., Krause, F., 2013. Spectrophotometric Evaluation of A Novel Aesthetic Composite Resin With Respect to Different Backgrounds in Vitro. *Odontology*, 101, 60-66.
- Buchalla, W., Attin, T., Hilgers, R.D., Hellwig, E., 2002. The Effect of Water Storage and Light Exposure on The Color and Translucency of A Hybrid and A Microfilled Composite. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(3), 264-270.
- Burgstaller, C., Höftberger, T., Gallnböck-Wagner, B., Stadlbauer, W., 2021. Effects of Radiation Type and Dose on The Properties of Selected Polymers. *Polymer Engineering & Science*, 61(1), 39-54.
- Burkinshaw, S.M., 2004. Colour in Relation to Dentistry. *Fundamentals of Colour Science*. *British Dental Journal*, 196(1), 33-41.
- Cengiz, E., Yılmaz, S.K., Ulusoy, N., 2015. Farklı Kompozit Rezinlerin Translusensi Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 36(3), 128-131.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R.D., Paravina, R.D., 2010. Dental Color Matching Instruments and Systems. Review of Clinical and Research Aspects. *Journal of Dentistry*, 38, e2-e16.
- Chu, S.J., Devigus, A., Mieleszko, A.J., 2004. *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. Carol Stream, IL: Quintessence Publishing Co. 158p, China.
- CIE, 2004. Commission Internationale de L'Eclairage. CIE 15: Technical Report: Colorimetry, 82. Erişim Tarihi: 20.06.2024.
<https://cielab.xyz/pdf/cie.15.2004%20colorimetry.pdf>

- Çine, A., 2017. Isparta İl Merkezindeki Okullarda Bina İçi Yıllık Radon Seviyelerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 172s, Isparta
- Cochrane, S., 2014. The Munsell Color System: A Scientific Compromise From The World of Art. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 47, 26-41.
- Craddock, H.L., 2006. Treatment and Maintenance of A Dentate Patient With 'Radiation Caries'. *Dental Update*, 33(8), 462-468.
- Dayangaç, G.B., 2000. Kompozit Rezin Restorasyonlar, Güneş Kitabevi, 136s, Ankara.
- Deniz, B., 2023. Sentetik Gıda Boyalarının Farklı Özellikteki Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi, Antalya.
- Dietschi, D., Campanile, G., Holz, J., Meyer, J.M., 1994. Comparison of The Color Stability of Ten New-Generation Composites: an in Vitro Study. *Dental Materials*, 10(6), 353-362.
- Diker, Ö.Ü.B., Elter, Ö.Ü.B., 2021. Alkol İçermeyen İki Farklı Ağız Gargarasının Geçici Restorasyon Materyallerinin Renk Değişimine Etkisi. *7 tepe Klinik Dergisi*, 17(3), 177-182.
- Dikicier, S., Ayyildiz, S., Ozen, J., Sipahi, C., 2014. Effect of Varying Core Thicknesses and Artificial Aging on The Color Difference of Different All-Ceramic Materials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72(8), 623-629.
- Duruer, K., Olgar, T., Bor, D., 2010. Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Kalibrasyon Laboratuvarları Kurulumu, Türk Fizik Derneği 27. Uluslararası Fizik Kongresi, p:338, İstanbul.
- Dursun, M.N., 2019. Kompozit Tamirinde Farklı Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin Ve Yaşlandırma Sürelerinin Bağlanma Dayanıklılığına Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi.
- El-Farag, A., Ahmed, S., El-Was Abdel, N.A.M., 2018. Effect Of Thermocycling on Repaired Zirconia Ceramic Restorations Using Different Bonding Agents. *Egyptian Dental Journal*, 64 (4-October (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics)), 3973-3983.
- Erçin, Ö., Kopuz, D., 2024. İçeceklerin Tek Renkli Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine ve Yüzey Pürüzlülüğüne Olan Etkisi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 13(1), 68-76.

- Erdağ, E., 2022. Sezyum-137'nin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkilerinin Toksikolojik Açıdan Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Toksikoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 103.
- Erdemir, U., Yıldız, E., Eren, M.M., 2012. Effects of Sports Drinks on Color Stability of Nanofilled and Microhybrid Composites After Long-Term Immersion. *Journal of Dentistry*, 40(2), 55-63.
- Eroğlu, E., Küçükeşmen, H.C., Uluhan, B., 2007. Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Kliniğine Müracaat Eden Hastaların Diş Rengi Dağılımının Saptanması. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 14(2), 28-31.
- Ertaş, E., Güler, A.U., Yücel, A.C., Köprülü, H., Güler, E., 2006. Color Stability of Resin Composites After Immersion in Different Drinks. *Dental Materials Journal*, 25(2), 371-376.
- Evran, B., Bakır, E.P., 2022. Farklı Estetik Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesi ve Su Emilimlerinin İncelenmesi. *7 Tepe Klinik Dergisi*, 19(1), 46-52.
- Fidan, M., Yeşilirmak, N., Tuncdemir, M.T., 2021. Kahve ile Renklendirmenin Kompozit Rezinlerde Renk Stabilitesi ve Translüsensi Parametresi Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 3(1), 26-32.
- Ghahramanloo, A., Madani A., Sohrabi K., Sabzevari, S., 2008. An Evaluation of Color Stability of Reinforced Composite Resin Compared With Dental Porcelain in Commonly Consumed Beverages. *Journal of The California Dental Association*, 36(9):673-680.
- Ghinea, R., Pérez, M.M., Herrera, L.J., Rivas, M.J., Yebra, A., Paravina, R.D., 2010. Color Difference Thresholds in Dental Ceramics. *Journal of Dentistry*, 38, e57-e64.
- Goiato, M.C., Nóbrega, A.S., Santos, D.M.D., Andreotti, A.M., Moreno, A., 2013. Effect of Different Solutions on Color Stability of Acrylic Resin-Based Dentures. *Brazilian Oral Research*, 28, 1-7.
- Gökay, O., Müjdecı, A., Uğuz, O., Kesgin, S., 2007. Bitki Çaylarının Minenin Boyanması Üzerine Etkileri. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 34(3), 119-124.
- Gupta, D. K., Walther, C. (editors), 2017. Impact of Cesium on Plants and the Environment (p. 113). Springer International Publishing.

- Gül, P., Akgül, N., 2013. Kompozit Materyaller Arasındaki Renk Farklılıklarının Farklı Skalalarla Spektrofotometrik Olarak Karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 23(1), 16-23.
- Güler, A.U., Yılmaz, F., Kulunk, T., Güler, E., Kurt, S., 2005. Effects of Different Drinks on Stainability of Resin Composite Provisional Restorative Materials. The Journal of Prosthetic Dentistry, 94(2), 118-124.
- Güngör, M.B., Nemli, S.K., Bal, B.T., Doğan, A., 2016. Farklı İçeceklerde Bekletilen Geçici Restorasyon Materyallerinin Renk Stabilitelerinin Karşılaştırılması. Acta Odontologica Turcica, 33(2), 80-5.
- Hazar, A., 2023. Kolloidal Gümüş Suyunun Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine Etkisi. ADO Klinik Bilimler Dergisi, 12(3), 390-396.
- Hutchison, S.G., Hutchison, F.I., 1997. Radioactivity in Everyday Life. Journal of Chemical Education, 74(5), 501-505.
- Ibraheem, N.A., Hasan, M.M., Khan, R.Z., Mishra, P.K., 2012. Understanding Color Models: a Review. ARPN Journal of Science and Technology, 2(3), 265-275.
- IEC 61526, 2010. International Electrotechnical Commission, Radiation Protection Instrumentation, Measurement of Personal Dose Equivalents Hp(10) and Hp(0,07) for X, Gamma, Neutron And Beta Radiations - Direct Reading Personal Dose Equivalent Meters, Geneva, Switzerland.
- ISO, 1994. Technical Report TR 11405, Dental materials-Guidance on Testing of Adhesion to Tooth Structure.
- ISO, 1996. Technical Report 4037-1. X and Gamma Reference Radiations for Calibrating Dosimeters and Dose Rate Meters and for Determining Their Response as a Function of Photon Energy, Part 1: Radiation Characteristics and Production Method S. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO, 2016. TR 28642; Dentistry—Guidance on Colour Measurement. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2, 1-10.
- Ivan, R., Rade, P., 2009. Color Measuring Instruments. Acta Stomatologica Naissi, 25(60), 925-932.
- Ivoclar, 2024. Erişim Tarihi: 08.06.2024.
<https://www.ivoclar.com/en-us/shop/p/teeth/chromascopshadeguide/p/529479>
- Jain, C., Bhargava, A., Gupta, S., Rath, R., Nagpal, A., Kumar, P., 2013. Spectrophotometric Evaluation of The Color Changes of Different

Feldspathic Porcelains After Exposure to Commonly Consumed Beverages. *European Journal of Dentistry*, 7(02), 172-180.

Jang, K.T., Chung, D.H., Shin, D., Garcia-Godoy, F., 2001. Effect of Eccentric Load Cycling on Microleakage of Class V Flowable and Packable Composite Resin Restorations. *Operative Dentistry*, 26(6), 603-608.

Joiner, A., 2004. Tooth Colour: A Review of The Literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3-12.

Karakılıç, V., 2013. Türk Hızlandırıcı ve Radyasyon Laboratuvarı (Tarla, Ankara) Civarında Doğal Radyoaktivite Ölçümleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, 145s, Isparta

Karaokutan, I., Yilmaz Savas, T., Aykent, F., Ozdere, E., 2016. Color Stability of CAD/CAM Fabricated Inlays After Accelerated Artificial Aging. *Journal of Prosthodontics*, 25(6), 472-477.

Kareem, Z.M. ve Amin, B.K., 2022. Comparison of Color Stability Between Monolithic Zirconia Stained and Glazed with MiYO Esthetic System and Lithium Disilicate Ceramic. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 10 (12), 91-97.

Kehoe, S., Looney, M., Kilcup, N., Tonkopi, E., Daly, C., Abraham, R.J., Boyd, D., 2014. Effects of γ -Irradiation and Accelerated Aging on Composition-Structure-Property Relationships for Radiopaque Embolic Microspheres. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 402, 84-90.

Kılıç, V., Hürmüzlü, F., Kaptan, A., 2023. The Effect of Food-Simulating Liquids and Thermal Aging on Surface Roughness and Color Stability of Bulk-Fill and Conventional Composites.. *Cumhuriyet Dental Journal*, 26(3), 310-320.

Kıvrak, T.Ç., Gökay, O., 2018. Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine Etki Eden Faktörler. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 45(2), 105-114.

Kibar, A., 2016. Rezin İçerikli İndirekt Restorasyonların Simantasyonunda Ön Isıtma İşleminin Etkisinin Mekanik ve Fiziksel Olarak Değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Restoratif Diş Tedavisi Anabilimdalı, Doktora Tezi*.

Kömmeling, A., Chatzigiannakis, E., Beckmann, J., Wachtendorf, V., von der Ehe, K., Braun, U., Jaunich, M., Schade, U., Wolff, D., 2017. Discoloration Effects of High-Dose γ -Irradiation and Long-Term Thermal Aging of (U) HMW-PE. *International Journal of Polymer Science*, 2017(1), 1-10.

Krane, K. S., 2001. Nükleer Fizik I. Cilt. Çev. (Ed.) Şarer, B., Palme Yayıncılık, 404s, Ankara.

- Kurnaz, A., 2009. Trabzon İlinin ve Şebinkarahisar İlçesinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi ve Yıllık Etkin Doz Eşdeğerleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 279s, Trabzon.
- Kürkçüoğlu, M. E., Çine, A., 2017. Isparta İl Merkezindeki Okullarda Gama Ortam Doz Eşdeğeri Ölçümleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2), 549-553.
- Lee, Y.K., Lim, B.S., Kim, C.W., 2005. Difference in The Colour and Colour Change of Dental Resin Composites by The Background. Journal of Oral Rehabilitation, 32(3), 227-233.
- Lindsey, D.T., Wee, A.G., 2007. Perceptibility and Acceptability of CIELAB Color Differences in Computer-Simulated Teeth. Journal of Dentistry, 35(7), 593-599.
- Luo, M.R., Cui, G., Rigg, B., 2001. The Development of The CIE 2000 Colour-Difference Formula: CIEDE2000. Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur, 26(5), 340-350.
- Makhloota, M., Köroğlu, A., Bal, B.T., 2021. A Review of Color Matching in Dentistry. Medical Records, 3(1), 44-49.
- Morresi, A.L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C., Monaco, A., 2014. Thermal Cycling for Restorative Materials: Does a Standardized Protocol Exist in Laboratory Testing? A Literature Review. Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 29, 295-308.
- Naves, L.Z., Novais, V.R., Armstrong, S.R., Correr-Sobrinho, L., Soares, C.J., 2012. Effect of Gamma Radiation on Bonding to Human Enamel and Dentin. Supportive Care in Cancer, 20, 2873-2878.
- Newton, I., 1704 (2019). Opticks: Or, A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflexions and Colours of Light; Printed for Sam. Smith, and Benj. Wal-ford: London, UK, 1704; p. 458.
- Okubo, S.R., Kanawati, A., Richards, M.W., Childressd, S., 1998. Evaluation of Visual and Instrument Shade Matching. The Journal of Prosthetic Dentistry, 80(6), 642-648.
- Oliveira, J.C.D., Aiello, G., Mendes, B., Urban, V.M., Campanha, N.H., Jorge, J.H., 2010. Effect of Storage in Water and Thermocycling on Hardness and Roughness of Resin Materials for Temporary Restorations. Materials Research, 13, 355-359.

- Oliveira, D.C.R.S., Ayres, A.P.A., Rocha, M.G., Giannini, M., Puppin Rontani, R.M., Ferracane, J.L., Sinhoreti, M.A.C., 2015. Effect of Different in Vitro Aging Methods on Color Stability of A Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE 2000 Color-Difference Formulas. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 322-330.
- Oskoe, S.K., Drummond, J.L., Rockne, K.J., 2019. The Effect of Esterase Enzyme on Aging Dental Composites. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 107(6), 2178-2184.
- Ölmez, A., Öztaş, N., Bilici, S., 1998. Microleakage of Resin Composite Restorations With Glass-Ceramic Inserts. *Quintessence International*, 29(11), 725-729.
- Özkömür, A., Ekren, O., 2011. Mikrodalga Enerjisi İle Akrilik Rezinlerin Polimerizasyonu. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 32(1), 1-7.
- Özmen, B., Nayir, Y., 2020. Işık Kaynaklarının ve Termal Siklusun Kompomer Rezinlerin Renk Stabilitesine Etkisi. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 41(2), 83-90.
- Özyurt, E., 2023. Güncel Rezin Kompozit Materyallerin Fiziksel ve Optik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 10(1), 7-11.
- Paravina, R.D., 2018. Understanding color. Ronald E. Goldstein's *Esthetics in Dentistry*, 270-294. 3rd Edition: John Wiley & Sons Inc., USA.
- Paravina, R.D., Ghinea, R., Herrera, L.J., Bona, A.D., Igiel, C., Linninger, M., Sakai, M., Takahashi, H., Tashkandi, E., Perez, M.M., 2015. Color Difference Thresholds in Dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(1), 1-9.
- Patel, S.B., Gordan, V.V., Barrett, A.A., Shen, C., 2004. The Effect of Surface Finishing and Storage Solutions on The Color Stability of Resin-Based Composites. *The Journal of the American Dental Association*, 135(5), 587-594.
- Paul, S.J., Peter, A., Rodoni, L., Pietrobon, N., 2004. Conventional Visual vs Spectrophotometric Shade Taking for Porcelain-Fused-To-Metal Crowns: A Clinical Comparison. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(6), 577.
- Pecho, O. E., Ghinea, R., do Amaral, E.A.N., Cardona, J.C., Della Bona, A., Pérez, M.M., 2016a. Relevant Optical Properties for Direct Restorative Materials. *Dental Materials*, 32(5), e105-e112.
- Pecho, O.E., Ghinea, R., Alessandretti, R., Pérez, M.M., Bona, D.A., 2016b. Visual and Instrumental Shade Matching Using CIELAB and CIEDE2000 Color Difference Formulas. *Dental materials*, 32(1), 82-92.

- Pérez, M.M., Della Bona, A., Carrillo-Pérez, F., Dudea, D., Pecho, O.E., Herrera, L.J., 2020. Does Background Color Influence Visual Thresholds?. *Journal of Dentistry*, 102, 103475.
- Perez, M.M., Ghinea, R., Herrera, L.J., Carrillo, F., Ionescu, A.M., Paravina, R.D., 2018. Color Difference Thresholds for Computer-Simulated Human Gingiva. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(2), e24-e30.
- Perez, M.M., Ghinea, R., Herrera, L.J., Ionescu, A.M., Pomares, H., Pulgar, R., Paravina, R.D., 2011. Dental Ceramics: a CIEDE2000 Acceptability Thresholds for Lightness, Chroma and Hue Differences. *Journal of Dentistry*, 39, e37-e44.
- Polyzois, G., Kostoulas, I., Nikolovien, D., Mitsoudis, A., Frangou, M., 2013. Color Changes of Autopolymerized Silicone or Acrylic Soft Denture Reliners: The Effect of Accelerated Aging. *Odontology*, 101, 193-198.
- Ragain, J.C., 2016. A Review of Color Science in Dentistry: Shade Matching in The Contemporary Dental Practice. *Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy*, 4(2), 1-5.
- RHJC, 2024. Dental Electric Micro Motor-Prime221. Erişim Tarihi: 08.06.2024. <https://www.rhjc-cn.com/dental-electric-micro-motor-p00112p1.html>
- Riva, Y.R., Rahman, S.F., 2019. Dental Composite Resin: A Review. In *AIP Conference Proceedings*, 2193(1), 1-6.
- Romney, A.K., Indow, T., 2002. Estimating Physical Reflectance Spectra From Human Color-Matching Experiments. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 99(22), 14607-14610.
- Rueggeberg, F.A., Giannini, M., Arrais, C.A.G., Price, R.B.T., 2017. Light Curing in Dentistry and Clinical Implications: A Literature Review. *Brazilian Oral Research*, 31 (suppl):e61, 64-91.
- Sabol, J., 1995. Evaluation of Radon Concentrations in Air and Gamma Dose Rates in The Prague Metro. In *Environmental Monitoring and Hazardous Waste Site Remediation*, 2504, 409-415).
- Sabol, J., Weng, P.S., 1995. *Introduction to Radiation Protection Dosimetry*. World Scientific Publishing, 300p, Singapore.
- Sagsoz, N.P., Yanikoglu, N., Ulu, H., Bayındır, F., 2014. Color Changes of Polyamid and Polymethyl Methacrylate Denture Base Materials. *Open Journal of Stomatology*, 4, 489-496.
- Sakaguchi R.L., Powers J.M., 2012. *Craig's Restorative Dental Materials*. Elsevier Mosby 13. Baskı 1600 John F. Kennedy B. 1800 Sok, 400s, Philadelphia

- Samra, A.P.B., Pereira, S.K., Delgado, L.C., Borges, C.P., 2008. Color Stability Evaluation of Aesthetic Restorative Materials. *Brazilian Oral Research*, 22, 205-210.
- Schneider, L.F.J., Cavalcante, L.M., Silikas, N., 2010. Shrinkage Stresses Generated During Resin-Composite Applications: A Review. *Journal of Dental Biomechanics*, 2010(131630), 1-14.
- Scott, B. R., Guilmette R. A., 2005. Radiation Toxicology, Ionizing and Nonionizing. *Encyclopedia of Toxicology (Second Edition)*, 601-615.
- Scott, B.R., 2014. Radiation Toxicology, Ionizing and Nonionizing. *Encyclopedia of Toxicology*, 29-43.
- Shammas, M., Alla, R.K., 2011. Color and Shade Matching in Dentistry. *Trends Biomater Artif Organs*, 25(4), 172-5.
- Sharma, G., Wu, W., Dalal, E.N., 2005. The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*, 30(1), 21-30.
- Shen, C., Rawls, H.R., Esquivel-Upshaw, J.F., 2022. Phillips Diş Hekimliği Malzeme Bilimi 13. Baskı. Kılıçarslan, M.A., Palme Yayınevi, 430s, Ankara.
- SI (The International System of Units), 2019. National Institute of Standards and Technology Special Publication, 330. Erişim tarihi: 08.06.2024. <https://www.nist.gov/pml/special-publication-330>.
- Karaarslan, E.S., Bülbül, M., Yıldız, E., Secilmis, A., Sarı, F., Uşümez, A., 2013. Effects of Different Polishing Methods on Color Stability of Resin Composites After Accelerated Aging, *Dental Materials Journal* 32(1): 58-67
- Sikri, V.K., 2010. Color: Implications in Dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), 249-255.
- Silverman Jr, S., 1999. Oral Cancer: Complications of Therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88(2), 122-126.
- Smitha, A.J., Savitha, P.N., 2017. Shade Matching in Aesthetic Dentistry-From Past to Recent Advances. *Journal of Dentistry and Oral Care Medicine*, 3(1), 1-9.
- Soares, C.J., Castro, C.G., Neiva, N.A., Soares, P.V., Santos-Filho, P.C.F., Naves, L.Z., Pereira, P.N.R., 2010. Effect of Gamma Irradiation on Ultimate Tensile

- Strength of Enamel and Dentin. Journal of Dental Research, 89(2), 159-164.
- SPSS, 2023. Statistical Package for The Social Sciences (IBM Statistics 29.0, New York, ABD). Erişim Tarihi: 08.06.2024. <https://bidb.sdu.edu.tr/tr/kolay-ulasim/lisansli-yazilimlar-14640s.html>
- Stansbury, J.W., 2000. Curing Dental Resins and Composites By Photopolymerization. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry, 12(6), 300-308.
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S., 2013. Using Multivariate Statistics (Sixth edition). United States: Pearson Education.
- Tanaka, T., Kamada, I., Matsumura, H., Atsuta, M., 1995. A Comparison of Water Temperatures for Thermocycling of Metal-Bonded Resin Specimens. The Journal of Prosthetic Dentistry, 74(4), 345-349.
- TENMAK, 2020. Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu. Erişim Tarihi: 08.06.2024. <https://www.tenmak.gov.tr/2016-06-09-00-43-46.html>.
- Tsai, H.S., Chao, D.S., Wu, Y.H., He, Y.T., Chueh, Y.L., Liang, J.H., 2014. Spectroscopic Investigation of Gamma Radiation-Induced Coloration in Silicate Glass for Nuclear Applications. Journal of Nuclear Materials, 453(1-3), 233-238.
- Turgut, S., Bağış, B., Bağış, Y.H., Korkmaz, F.M., Tüzüner, T., Baygın, Ö., 2011. Restoratif Materyallerin Transluseransi Özelliklerinin Değerlendirilmesi. European Annals of Dental Sciences, 38(1), 15-21.
- Tunç, E.S., Bayrak, S., Güler, A.U., Tuloglu, N., 2009. The Effects of Children's Drinks on The Color Stability of Various Restorative Materials. Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 34(2), 147-150.
- UNSCEAR, 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, Report of The General Assembly with Scientific Annexes, Vol. 1, United Nations, New York, USA.
- Vadher, R., Parmar, G., Kanodia, S., Chaudhary, A., Kaur, M., Savadhariya, T., 2014. Basics of Color in Dentistry: a Review. IOSR-JDMS, 13, 78-85.
- VITA, 2024a. Erişim Tarihi: 08.06.2024. <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-classical-A1-D4-shade-guide-39699,27568.html>.
- VITA, 2024b. Erişim Tarihi: 08.06.2024. <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-Toothguide-3D-MASTER-26230,27568.html>

- VITA, 2024c. Erişim Tarihi: 08.06.2024. https://mam.vita-zahnfabrik.com/portal/ecms_mdb_download.php?id=122201&sprache=en&fallback=&cls_session_id=&neuste_version=1 (VITA_10180_10180E_VITA_Easyshade_V_GA_EN_V09_screen_en.pdf).
- Von Fraunhofer, J.A., Adachi, E.I., Barnes, D.M., Romberg, E., 2000. The Effect of Tooth Preparation on Microleakage Behavior. *Operative Dentistry*, 25(6), 526-533.
- Waldemarin, R.F., Terra, P.C., Pinto, L.R., Faot, F., Camacho, G.B., 2013. Color Change in Acrylic Resin Processed in Three Ways After Immersion in Water, Cola, Coffee, Mate and Wine. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 26(3), 138-143.
- Wee, A. G. (2006). Description of Color, Color Replication Process and Esthetics. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. 4th ed. St. Louis: Mosby, 710-2.
- Wee, AG., 2016. Description of Color, Color-Replication Process, and Esthetics. In: Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*. 5th edition. Missouri: Elsevier Inc, 624-46
- Yamanel, K., 2018. Farklı İçeceklerin Diş Rengindeki Restoratif Materyallerin Renk Stabiliteleri Üzerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(2), 26-31.
- Yesilyurt, C., Bulucu, B., Sezen, O., BULUT, G., Celik, D., 2008. Bond Strengths of Two Conventional Glass-Ionomer Cements to Irradiated and Non-Irradiated Dentin. *Dental Materials Journal*, 27(5), 695-701.
- Yıldırım, B., Recen, D., Tekeli Simsek, A., 2021. Effect of Cement Color and Tooth-Shaded Background on The Final Color of Lithium Disilicate and Zirconia-Reinforced Lithium Silicate Ceramics: An in Vitro Study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(2), 380-386.
- Youngson, C.C., Barclay, C.W., 2000. A Pilot Study of Intraoral Temperature Changes. *Clinical Oral Investigations*, 4, 183-189.

EKLER

EK A. Zemin Rengi Belirlenmesine Yönelik Spektrofotometre Ölçümleri

EK B. KG ile TS ve G Yaşlandırma Sonrası Spektrofotometrik Ölçümler



EK A. Zemin Rengi Belirlenmesine Yönelik Spektrofotometre Ölçümleri

Çizelge A.1. Clearfil Majesty Esthetic A2 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA C renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.

N	Gri Zemin				Beyaz Zemin				Siyah Zemin			
	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*
1	A2(S)	76,20	-2,20	19,00	A3(K)	81,20	0,40	24,80	A1(K)	74,40	-2,60	17,20
2	B2(S)	77,40	-1,70	18,10	A2(K)	83,10	0,80	23,60	A1(K)	75,50	-2,20	15,80
3	B2(S)	76,10	-1,70	16,70	A2(S)	81,10	0,60	22,00	A1(K)	74,40	-2,10	14,60
4	B2(S)	77,00	-1,70	17,30	A2(K)	83,00	0,90	23,40	A1(K)	75,00	-2,10	15,10
5	A2(S)	76,60	-2,20	19,30	A3(K)	81,70	0,40	24,90	A1(K)	74,30	-2,60	17,10
6	A2(S)	76,60	-2,20	18,30	A3(K)	81,50	0,20	23,30	A1(K)	74,90	-2,70	16,00
7	B2(Y)	77,80	-1,40	17,80	A2(K)	83,90	1,00	23,40	A1(K)	76,50	-1,90	15,90
8	B2(S)	77,40	-1,90	19,70	A3(K)	82,70	0,50	25,00	A1(K)	75,30	-2,30	17,40
9	B2(S)	76,70	-1,70	17,40	A2(K)	82,40	0,70	22,60	A1(K)	74,90	-2,10	15,20
10	B2(Y)	77,60	-1,90	17,60	A2(K)	83,30	0,60	23,40	A1(K)	76,00	-2,30	15,70
11	B2(S)	76,90	-1,70	17,80	A2(K)	81,40	0,60	22,80	A1(K)	75,50	-2,00	16,20
12	B2(S)	76,10	-1,80	17,00	A2(K)	82,00	0,60	22,40	A1(K)	74,20	-2,10	18,40
13	A1(K)	76,00	-1,80	17,00	A2(K)	81,30	0,60	22,20	A1(K)	74,20	-2,10	14,70
14	A2(S)	76,90	-2,30	20,10	A3(K)	81,60	0,10	25,10	A1(K)	75,30	-2,60	17,50
15	B2(S)	76,50	-1,80	17,10	A2(K)	82,80	0,80	23,20	A1(K)	75,10	-2,20	14,70
16	A1(K)	76,70	-2,10	17,50	A2(K)	82,80	0,40	23,40	A1(K)	75,40	-2,50	15,10
17	B2(S)	77,50	-1,80	18,20	A2(K)	83,40	0,50	23,30	A1(K)	75,80	-2,30	15,80
18	B2(S)	76,80	-1,80	18,10	A2(K)	82,50	0,70	23,60	A1(K)	75,30	-2,20	15,70
19	B2(S)	77,00	-1,90	20,20	A3(K)	81,30	0,60	25,50	A1(K)	75,50	-2,30	18,20
20	B2(S)	77,00	-2,00	19,90	A3(K)	82,00	0,60	25,40	A1(K)	75,30	-2,50	17,20
21	B2(S)	77,00	-1,80	17,50	A2(K)	82,90	0,50	23,10	A1(K)	75,60	-2,40	15,40
22	A2(S)	76,30	-2,00	18,00	A3(K)	80,80	0,50	23,20	A1(K)	74,60	-2,50	15,90
23	B2(S)	76,40	-1,50	16,80	A2(K)	81,70	0,80	22,50	A1(K)	74,80	-2,00	15,00
24	B2(S)	76,70	-2,00	17,80	A2(K)	81,60	0,30	23,00	A1(K)	75,00	-2,60	15,70
25	A2(S)	76,10	-2,20	19,20	A3(K)	80,40	0,40	24,90	A1(K)	74,20	-2,70	17,40
26	B2(S)	77,70	-2,00	20,60	A3(K)	81,60	0,40	25,50	A1(K)	75,90	-2,50	18,70
27	B2(S)	76,80	-2,00	19,80	A3(K)	81,50	0,60	25,20	A1(K)	74,90	-2,50	17,70
28	B2(Y)	77,00	-1,70	16,40	A2(K)	83,00	0,70	22,00	A1(K)	75,50	-2,20	14,50
29	B2(S)	78,90	-1,40	18,60	A3(K)	84,10	0,90	23,90	A1(K)	76,90	-1,90	16,60
30	A2(S)	76,30	-2,00	18,50	A3(K)	81,20	0,50	24,00	A1(K)	74,70	-2,50	16,70

Çizelge A.2. Clearfil Majesty Esthetic A3 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA C renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.

N	Gri Zemin				Beyaz Zemin				Siyah Zemin			
	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*
1	B2(K)	73,90	-1,80	17,70	A3(S)	79,20	0,90	23,80	A1(K)	72,00	-2,30	15,60
2	C2(S)	73,80	-1,90	18,20	A3(S)	78,80	0,60	23,80	A1(K)	71,90	-2,50	15,90
3	B2(S)	74,70	-1,80	18,90	A3(S)	79,80	0,70	24,30	A1(K)	72,80	-2,20	16,80
4	B2(K)	74,10	-1,90	18,40	A3(S)	79,30	0,60	23,90	A1(K)	72,10	-2,50	16,00
5	B2(S)	74,70	-1,60	18,40	A3(S)	79,60	1,00	24,10	A1(K)	72,70	-2,10	16,30
6	B2(S)	74,60	-1,70	18,10	A3(S)	80,10	0,90	23,80	A1(K)	72,70	-2,20	15,80
7	C2(S)	74,00	-1,90	17,90	A3(S)	79,50	0,80	23,80	A1(K)	72,10	-2,50	15,30
8	B2(K)	74,20	-1,90	18,30	A3(S)	79,20	0,70	23,90	A1(K)	72,50	-2,40	16,20
9	B2(K)	73,90	-1,90	18,20	A3(S)	79,50	0,70	23,90	A1(K)	72,00	-2,40	15,80
10	A2(S)	74,20	-2,00	18,70	A3(S)	79,00	0,50	24,30	A1(K)	72,40	-2,50	16,60
11	B2(S)	74,10	-1,80	17,90	A3(S)	79,60	0,80	23,90	A1(K)	72,20	-2,40	15,50
12	B2(K)	74,10	-1,80	18,10	A3(S)	79,30	0,80	24,00	A1(K)	72,30	-2,30	15,70
13	A1(K)	73,70	-1,80	17,40	A3(S)	79,10	0,70	23,30	A1(K)	72,10	-2,30	15,10
14	B2(K)	74,20	-1,90	18,60	A3(S)	79,20	0,70	24,10	A1(K)	72,40	-2,40	16,20
15	B2(S)	74,00	-1,70	17,60	A3(S)	79,20	0,80	23,30	A1(K)	72,40	-2,30	15,50
16	B2(K)	74,90	-1,60	18,60	A3(S)	79,80	0,90	24,20	A1(K)	73,20	-2,00	16,90
17	B2(K)	73,70	-1,80	17,50	A3(S)	79,00	0,70	23,30	A1(K)	72,00	-2,40	15,40
18	A1(K)	73,70	-1,90	17,50	A3(S)	79,40	0,80	23,50	A1(K)	72,00	-2,40	15,20
19	B2(S)	74,10	-1,80	17,50	A3(S)	79,70	0,90	23,60	A1(K)	72,30	-2,30	15,40
20	C2(S)	74,00	-2,00	18,60	A3(S)	79,60	0,70	24,50	A1(K)	71,90	-2,50	16,30
21	B2(S)	74,40	-1,70	17,70	A3(S)	80,10	0,90	23,60	A1(K)	72,50	-2,30	15,50
22	B2(S)	74,80	-1,50	18,00	A3(S)	80,10	1,10	23,90	A1(K)	73,00	-2,10	16,10
23	A1(K)	74,10	-2,00	18,10	A3(S)	79,70	0,70	24,10	A1(K)	72,00	-2,50	15,90
24	A1(K)	74,30	-2,00	17,50	A3(S)	80,30	0,80	23,80	A1(K)	72,30	-2,50	15,20
25	B2(K)	74,00	-1,80	18,00	A3(S)	79,40	0,80	24,00	A1(K)	72,20	-2,30	16,00
26	A1(K)	74,00	-2,00	17,70	A3(S)	79,60	0,60	23,70	A1(K)	72,10	-2,50	15,50
27	A1(K)	73,90	-1,90	17,70	A3(S)	79,40	0,30	23,70	A1(K)	72,10	-2,50	15,40
28	B2(K)	74,60	-1,90	19,20	A3(K)	79,60	0,70	24,90	A1(K)	72,50	-2,40	17,00
29	B2(S)	75,30	-1,50	18,50	A3(K)	80,30	1,00	24,30	A1(K)	73,10	-2,10	15,90
30	B2(S)	74,30	-1,70	17,30	A3(S)	79,80	0,90	23,40	A1(K)	72,40	-2,30	15,30

Çizelge A.3. Filtek™ Z250 A2 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA C renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.

N	Gri Zemin				Beyaz Zemin				Siyah Zemin			
	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*	VİTA C.	L^*	a^*	b^*
1	A1(K)	75,90	-2,40	17,20	A2(K)	81,60	-0,60	22,20	A1(K)	73,80	-2,70	15,10
2	A1(K)	75,70	-2,50	17,70	A2(S)	80,80	-0,70	22,40	A1(K)	73,70	-2,80	15,80
3	A1(K)	76,10	-2,30	17,70	A2(K)	81,60	-0,50	22,50	A1(K)	74,00	-2,60	16,00
4	A1(K)	75,30	-2,40	17,60	A2(S)	80,90	-0,70	22,30	A1(K)	73,90	-2,70	16,20
5	A1(K)	76,40	-2,30	17,50	A2(K)	82,10	-0,50	22,80	A1(K)	74,30	-2,60	15,90
6	A1(K)	76,20	-2,40	17,80	A2(K)	81,80	-0,50	22,80	A1(K)	74,10	-2,70	15,70
7	A1(K)	76,40	-2,40	17,70	A2(K)	82,20	-0,50	22,70	A1(K)	74,70	-2,70	15,90
8	A1(K)	76,80	-2,30	17,70	A2(K)	82,20	-0,50	22,70	A1(K)	74,70	-2,60	16,00
9	A1(K)	76,90	-2,30	18,20	A2(K)	82,80	-0,50	23,10	A1(K)	74,60	-2,60	16,10
10	A1(K)	76,30	-2,40	17,60	A2(K)	82,40	-0,60	22,60	A1(K)	74,10	-2,70	15,60
11	A1(K)	76,10	-2,60	17,00	A2(K)	82,10	-0,80	21,90	A1(K)	74,00	-2,80	15,00
12	A1(K)	76,00	-2,40	17,10	A2(S)	81,20	-0,50	22,00	A1(K)	74,10	-2,70	15,50
13	A1(K)	76,30	-2,50	17,50	A2(K)	81,80	-0,70	22,50	A1(K)	74,40	-2,80	15,70
14	A1(K)	76,60	-2,40	18,10	A2(K)	82,30	-0,50	22,80	A1(K)	74,60	-2,60	16,00
15	A1(K)	76,30	-2,40	17,30	A2(K)	82,10	-0,60	22,10	A1(K)	74,40	-2,70	15,50
16	A1(K)	76,10	-2,40	17,10	A2(K)	81,60	-0,50	22,10	A1(K)	73,80	-2,70	15,10
17	A1(K)	76,00	-2,30	17,60	A2(S)	80,90	-0,50	22,10	A1(K)	73,90	-2,60	15,70
18	A1(K)	76,00	-2,40	17,10	A2(K)	81,50	-0,70	21,70	A1(K)	74,10	-2,70	15,20
19	A1(K)	76,70	-2,30	17,70	A2(K)	82,30	-0,50	22,50	A1(K)	74,60	-2,60	15,90
20	A1(K)	76,70	-2,30	17,80	A2(K)	82,00	-0,50	22,60	A1(K)	74,90	-2,50	16,10
21	A1(K)	75,80	-2,40	17,60	A2(S)	80,40	-0,60	22,20	A1(K)	73,80	-2,70	15,90
22	A1(K)	76,70	-2,30	17,80	A2(K)	81,80	-0,50	22,90	A1(K)	73,90	-2,50	16,30
23	A1(K)	76,60	-2,30	18,10	A2(K)	81,80	-0,50	22,70	A1(K)	74,20	-2,60	15,90
24	A1(K)	76,00	-2,40	17,50	A2(S)	80,90	-0,60	22,20	A1(K)	74,20	-2,70	15,70
25	A1(K)	76,00	-2,30	17,80	A2(S)	80,50	-0,60	22,40	A1(K)	74,10	-2,60	16,20
26	A1(K)	76,90	-2,40	17,70	A2(K)	81,80	-0,60	22,10	A1(K)	74,50	-2,70	15,80
27	B2(S)	77,50	-2,30	18,30	A2(K)	82,40	-0,40	22,80	A1(K)	75,30	-2,60	16,50
28	A1(K)	76,10	-2,40	18,10	A2(K)	81,30	-0,60	22,60	A1(K)	73,90	-2,70	16,10
29	A1(K)	75,80	-2,20	17,40	A2(S)	80,70	-0,50	22,10	A1(K)	73,30	-2,50	15,80
30	A2(Y)	77,20	-2,20	18,50	A2(K)	82,10	-0,40	22,90	A1(K)	75,40	-2,50	16,70

Çizelge A.4. Filtek™ Z250 A3 VITA Easyshade V dijital spektrofotometre ölçümleri sonrasında ekranda VITA C renk tonu kılavuzuna göre okunan renk tonu ile L^* , a^* ve b^* değerleri.

		Gri Zemin			VİTA C.	Beyaz Zemin			VİTA C.	Siyah Zemin		
		L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*		L^*	a^*	b^*
1	B2(K)	73,50	-1,70	20,20	A3(S)	78,30	0,40	25,40	C2(S)	71,90	-2,20	18,30
2	B3(S)	73,60	-1,70	20,70	A3(S)	78,50	0,50	25,90	C2(S)	71,60	-2,20	18,50
3	B3(S)	73,20	-1,70	20,50	A3(S)	77,60	0,40	25,50	C2(S)	71,60	-2,20	18,50
4	B3(S)	73,50	-1,70	20,60	A3(S)	77,80	0,40	25,20	C2(S)	71,80	-2,10	18,60
5	A3(S)	74,40	-1,60	20,80	A3(K)	79,50	0,60	25,80	C2(S)	72,30	-2,10	18,50
6	B2(K)	73,40	-1,70	20,20	A3(S)	77,70	0,60	25,40	C2(Y)	71,40	-2,20	18,00
7	B2(K)	73,30	-1,70	20,00	A3(S)	78,00	0,50	25,20	C2(Y)	71,20	-2,20	17,70
8	B2(K)	73,20	-1,90	20,30	A3(S)	77,70	0,10	25,20	C2(S)	71,40	-2,40	18,40
9	B2(K)	73,30	-1,80	20,30	A3(S)	77,90	0,40	25,30	C2(S)	71,50	-2,20	18,30
10	A2(K)	72,80	-1,40	20,40	A3(S)	77,50	0,70	25,50	B2(S)	71,60	-1,90	18,70
11	B2(K)	73,40	-1,80	20,10	A3(S)	78,00	0,20	25,30	C2(S)	71,50	-2,30	18,10
12	B2(K)	73,40	-1,70	20,00	A3(S)	78,20	0,40	25,80	C2(S)	71,40	-2,20	18,10
13	B2(K)	73,00	-1,90	19,30	A3(S)	77,80	0,30	24,70	A1(K)	71,10	-2,30	17,30
14	B2(K)	73,60	-1,70	20,20	A3(S)	78,30	0,30	25,20	C2(S)	71,90	-2,20	18,20
15	B2(K)	73,70	-1,70	20,30	A3(S)	78,60	0,40	25,50	C2(S)	71,80	-2,10	18,30
16	B2(K)	73,40	-1,80	19,70	A3(S)	77,80	0,40	25,00	C2(Y)	71,50	-2,10	18,10
17	B2(K)	73,40	-1,70	20,30	A3(S)	77,80	0,40	25,20	C2(S)	71,80	-2,30	18,20
18	B2(K)	73,70	-1,70	20,30	A3(S)	78,40	0,50	25,40	C2(S)	72,00	-2,10	18,40
19	B2(K)	74,00	-1,60	20,60	A3(S)	78,70	0,60	25,60	C2(Y)	72,00	-2,10	18,30
20	B2(K)	73,60	-1,70	20,70	A3(S)	78,40	0,40	25,80	C2(S)	72,00	-2,20	18,60
21	B2(K)	73,10	-1,70	20,00	A3(S)	77,30	0,40	25,10	C2(S)	71,50	-2,20	18,10
22	B2(K)	73,40	-1,80	19,80	A3(S)	78,00	0,30	24,90	C2(Y)	71,80	-2,20	17,90
23	B2(K)	73,30	-1,70	20,20	A3(S)	77,70	0,40	25,20	C2(S)	71,80	-2,10	18,20
24	B2(K)	73,70	-1,80	20,30	A3(S)	78,70	0,30	25,50	C2(S)	71,80	-2,30	18,20
25	A3(S)	74,00	-1,80	21,30	A3(S)	78,60	0,30	26,50	C2(S)	72,40	-2,30	19,40
26	B2(K)	73,70	-1,80	20,30	A3(S)	78,20	0,40	25,60	C2(S)	71,70	-2,20	18,30
27	B2(K)	73,60	-1,80	20,20	A3(S)	78,90	0,40	25,50	C2(S)	71,80	-2,30	18,10
28	B2(K)	73,40	-1,90	20,60	A3(S)	77,70	0,10	25,50	C2(S)	71,80	-2,40	18,50
29	B2(K)	74,00	-1,60	20,40	A3(K)	79,40	0,50	25,80	C2(Y)	72,10	-2,10	18,30
30	B2(K)	74,30	-1,60	20,50	A3(S)	79,20	0,40	25,70	C2(Y)	72,50	-2,10	18,50

EK B. KG ile TS ve G Yaşlandırma Sonrası Spektrofotometrik Ölçümler

Çizelge B.1. Clearfil Majesty Esthetic (CME) A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	K01	82,40	0,60	24,40	1,28
	K02	83,90	0,90	23,40	0,83
	K03	81,80	0,70	21,50	0,87
	K04	83,80	0,80	22,40	1,28
	K05	82,40	0,50	23,80	1,31
	K06	82,40	0,40	23,20	0,93
	K07	84,30	1,10	23,00	0,57
	K08	83,30	0,90	24,30	1,00
	K09	83,10	0,80	22,50	0,71
	K10	84,10	0,80	22,50	1,22
	Art.Ort.	83,15	0,75	23,10	1,00
G yaşlandırma	Std.Sp.	0,82	0,20	0,87	0,25
	K11	82,00	0,70	22,50	0,68
	K12	82,60	0,70	22,20	0,64
	K13	82,10	0,70	22,00	0,83
	K14	82,40	0,30	24,30	1,15
	K15	83,70	0,80	22,50	1,14
	K16	83,40	0,50	22,70	0,93
	K17	84,00	0,60	22,90	0,73
	K18	83,30	0,80	22,90	1,07
	K19	82,00	0,70	24,50	1,22
	K20	82,90	0,70	24,30	1,42
	Art.Ort.	82,84	0,65	23,08	0,98
	Std.Sp.	0,69	0,14	0,88	0,25

Çizelge B.2. CME A2 kompozit rezinin,2 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	K01	82,30	0,70	24,60	1,16
	K02	83,80	0,90	23,20	0,81
	K03	81,90	0,70	21,50	0,95
	K04	83,60	0,80	22,50	1,09
	K05	82,30	0,60	23,90	1,18
	K06	82,60	0,40	23,70	1,19
	K07	84,70	1,20	23,40	0,82
	K08	83,30	0,90	24,50	0,88
	K09	83,50	0,90	22,70	1,12
	K10	84,50	0,70	22,70	1,39
	Art.Ort.	83,25	0,78	23,27	1,06
	Std.Sp.	0,91	0,20	0,91	0,18
G yaşlandırma	K11	82,60	0,80	22,00	1,46
	K12	83,40	0,70	21,60	1,62
	K13	82,60	0,70	21,50	1,48
	K14	82,50	0,40	23,70	1,69
	K15	83,80	0,80	22,10	1,49
	K16	83,70	0,60	22,20	1,51
	K17	84,40	0,70	22,60	1,24
	K18	83,40	0,90	22,70	1,29
	K19	82,30	0,80	24,40	1,50
	K20	82,90	0,80	24,00	1,68
	Art.Ort.	83,16	0,72	22,68	1,49
	Std.Sp.	0,65	0,13	0,97	0,14

Çizelge B.3. CME A2 kompozit rezinin,5 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	K01	82,90	0,70	23,90	1,95
	K02	84,70	0,90	23,40	1,62
	K03	82,60	0,70	21,80	1,52
	K04	84,30	0,90	22,70	1,48
	K05	82,90	0,60	24,20	1,40
	K06	82,90	0,50	22,80	1,52
	K07	85,10	1,10	23,20	1,22
	K08	83,90	1,00	24,60	1,36
	K09	83,90	1,00	23,10	1,61
	K10	84,70	0,80	22,90	1,50
	Art.Ort.	83,79	0,82	23,26	1,52
	Std.Sp.	0,86	0,18	0,77	0,18
G yaşlandırma	K11	82,40	0,80	21,60	1,57
	K12	83,70	0,70	22,00	1,75
	K13	83,20	0,80	21,60	2,00
	K14	82,70	0,60	23,60	1,93
	K15	83,90	0,90	22,20	1,49
	K16	84,30	0,60	22,20	1,93
	K17	84,50	0,70	22,20	1,57
	K18	83,60	0,90	22,50	1,57
	K19	82,40	0,80	23,70	2,12
	K20	83,30	0,90	23,90	2,01
	Art.Ort.	83,40	0,77	22,55	1,79
	Std.Sp.	0,70	0,11	0,82	0,22

Çizelge B.4. CME A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	K21	80,10	1,00	23,30	1,03
	K22	79,60	0,80	23,80	0,82
	K23	80,80	1,00	24,30	1,04
	K24	80,00	0,80	23,40	0,88
	K25	80,30	1,20	23,70	0,83
	K26	80,90	1,00	23,40	0,90
	K27	80,20	0,90	23,40	0,81
	K28	80,10	0,90	23,40	1,05
	K29	80,00	0,90	23,40	0,73
	K30	79,40	0,80	23,50	0,94
	Art.Ort.	80,14	0,93	23,56	0,91
	Std.Sp.	0,44	0,12	0,29	0,10
G yaşlandırma	K31	79,50	0,90	23,50	0,42
	K32	79,40	1,00	23,20	0,83
	K33	79,50	0,90	22,80	0,67
	K34	79,20	0,90	23,40	0,73
	K35	79,40	1,00	22,70	0,66
	K36	79,80	0,90	23,30	0,90
	K37	79,40	0,80	22,70	0,73
	K38	79,80	1,00	22,90	0,75
	K39	79,90	1,00	22,90	0,73
	K40	79,80	1,00	24,20	0,47
	Art.Ort.	79,57	0,94	23,16	0,69
	Std.Sp.	0,22	0,07	0,44	0,14

Çizelge B.5. CME A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	K21	80,00	1,10	23,00	1,15
	K22	79,50	0,80	23,10	1,01
	K23	80,60	0,90	23,70	1,02
	K24	80,10	0,80	23,20	1,08
	K25	80,30	1,20	23,20	1,16
	K26	80,80	1,10	23,30	0,88
	K27	80,50	1,00	23,30	1,14
	K28	80,30	0,90	23,40	1,22
	K29	80,30	1,00	23,20	1,10
	K30	79,30	0,80	23,40	0,99
	Art.Ort.	80,17	0,96	23,28	1,08
	Std.Sp.	0,45	0,14	0,18	0,09
G yaşlandırma	K31	79,90	0,80	23,30	0,67
	K32	79,80	1,00	23,20	0,96
	K33	79,80	0,80	22,70	0,93
	K34	79,60	0,90	23,40	0,83
	K35	79,60	0,90	22,40	0,99
	K36	80,30	1,00	23,40	0,95
	K37	79,90	0,80	22,80	1,03
	K38	79,90	0,90	22,80	0,87
	K39	80,10	1,00	22,90	0,81
	K40	80,00	0,90	23,90	0,75
	Art.Ort.	79,89	0,90	23,08	0,88
	Std.Sp.	0,20	0,08	0,42	0,11

Çizelge B.6. CME A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma işlemi ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	K21	80,60	1,20	23,40	1,49
	K22	80,20	0,90	23,70	1,44
	K23	81,10	1,00	23,70	1,46
	K24	80,70	0,90	23,30	1,55
	K25	81,10	1,30	23,80	1,56
	K26	81,70	1,10	23,30	1,69
	K27	81,00	1,00	23,50	1,54
	K28	80,60	0,90	23,00	1,68
	K29	80,80	1,00	23,20	1,51
	K30	80,20	0,90	23,50	1,50
	Art.Ort.	80,80	1,02	23,44	1,54
	Std.Sp.	0,43	0,13	0,24	0,08
G yaşlandırma	K31	80,40	1,00	23,10	1,15
	K32	80,20	1,10	23,00	1,38
	K33	80,40	0,90	22,70	1,45
	K34	80,20	0,90	23,20	1,36
	K35	80,30	1,00	22,70	1,27
	K36	81,10	1,20	23,60	1,46
	K37	80,40	0,80	22,60	1,57
	K38	80,40	1,00	22,70	1,30
	K39	80,60	1,00	22,80	1,21
	K40	80,70	1,00	23,90	1,29
	Art.Ort.	80,47	0,99	23,03	1,34
	Std.Sp.	0,26	0,10	0,41	0,12

Çizelge B.7. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	F01	82,10	-0,70	21,30	1,03
	F02	82,00	-0,60	21,90	1,30
	F03	82,40	-0,50	22,00	0,94
	F04	82,10	-0,60	22,00	1,24
	F05	82,50	-0,60	21,80	1,08
	F06	82,40	-0,50	22,00	1,00
	F07	82,80	-0,60	22,00	0,93
	F08	83,10	-0,40	22,40	0,95
	F09	83,40	-0,40	22,50	0,85
	F10	83,50	-0,50	22,20	1,17
	Art.Ort.	82,63	-0,54	22,01	1,05
	Std.Sp.	0,52	0,09	0,31	0,14
G yaşlandırma	F11	82,90	-0,80	22,00	0,81
	F12	82,20	-0,60	21,60	1,08
	F13	82,40	-0,50	22,40	0,64
	F14	83,10	-0,40	22,60	0,83
	F15	83,20	-0,60	22,00	1,10
	F16	82,40	-0,50	22,10	0,80
	F17	81,80	-0,60	22,20	0,91
	F18	82,20	-0,60	21,80	0,71
	F19	82,80	-0,50	22,40	0,51
	F20	82,80	-0,50	22,60	0,80
	Art.Ort.	82,58	-0,56	22,17	0,82
	Std.Sp.	0,43	0,10	0,32	0,17

Çizelge B.8. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	F01	82,60	-0,50	21,60	1,17
	F02	82,30	-0,50	22,00	1,57
	F03	82,30	-0,50	22,10	0,81
	F04	82,20	-0,50	22,00	1,35
	F05	82,70	-0,50	21,90	1,08
	F06	82,70	-0,40	22,00	1,21
	F07	82,80	-0,50	22,10	0,85
	F08	83,20	-0,30	22,30	1,10
	F09	83,40	-0,40	22,50	0,85
	F10	83,40	-0,50	22,00	1,17
	Art.Ort.	82,76	-0,46	22,05	1,11
	Std.Sp.	0,42	0,07	0,22	0,23
G yaşlandırma	F11	83,00	-0,70	21,80	0,91
	F12	82,30	-0,60	21,60	1,17
	F13	82,60	-0,60	22,10	0,90
	F14	82,90	-0,40	22,40	0,73
	F15	83,20	-0,60	21,70	1,17
	F16	82,80	-0,60	21,90	1,22
	F17	81,80	-0,60	21,70	0,99
	F18	82,10	-0,60	21,50	0,64
	F19	83,10	-0,50	22,20	0,85
	F20	83,10	-0,50	22,40	1,12
	Art.Ort.	82,69	-0,57	21,93	0,97
	Std.Sp.	0,45	0,08	0,31	0,19

Çizelge B.9. Filtek™ Z250 A2 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	F01	82,80	-0,50	21,30	1,50
	F02	82,50	-0,50	21,70	1,85
	F03	82,40	-0,40	21,90	1,00
	F04	82,00	-0,40	22,10	1,16
	F05	82,90	-0,40	21,70	1,36
	F06	82,80	-0,40	21,80	1,42
	F07	83,40	-0,50	21,70	1,56
	F08	83,20	-0,30	22,00	1,24
	F09	83,30	-0,40	21,90	1,30
	F10	83,70	-0,40	21,90	1,49
	Art.Ort.	82,90	-0,42	21,80	1,39
	Std.Sp.	0,49	0,06	0,21	0,22
G yaşlandırma	F11	83,50	-0,70	21,30	1,53
	F12	82,70	-0,50	21,40	1,62
	F13	82,80	-0,50	22,00	1,14
	F14	83,50	-0,30	22,20	1,36
	F15	83,50	-0,50	21,80	1,44
	F16	83,10	-0,40	21,90	1,52
	F17	82,40	-0,50	21,80	1,53
	F18	83,10	-0,50	21,40	1,64
	F19	83,70	-0,40	22,20	1,44
	F20	83,40	-0,30	22,10	1,50
	Art.Ort.	83,17	-0,46	21,81	1,47
	Std.Sp.	0,40	0,11	0,32	0,14

Çizelge B.10. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	F21	79,20	0,50	25,10	0,95
	F22	79,40	0,50	25,50	0,98
	F23	78,40	0,40	25,10	0,89
	F24	78,90	0,50	25,20	1,10
	F25	80,40	0,60	25,80	1,90
	F26	78,60	0,60	25,10	0,95
	F27	79,20	0,60	24,80	1,27
	F28	78,70	0,30	24,70	1,14
	F29	79,00	0,50	25,10	1,12
	F30	77,90	0,70	24,80	0,81
	Art.Ort.	78,97	0,52	25,12	1,11
	Std.Sp.	0,63	0,11	0,32	0,29
G yaşlandırma	F31	78,40	0,40	25,10	0,49
	F32	78,50	0,60	25,20	0,70
	F33	78,60	0,40	24,60	0,81
	F34	78,50	0,50	25,20	0,28
	F35	79,00	0,60	25,20	0,54
	F36	78,50	0,50	24,70	0,77
	F37	78,50	0,50	25,20	0,71
	F38	78,70	0,50	25,00	0,50
	F39	79,00	0,60	25,20	0,50
	F40	78,80	0,50	25,40	0,57
	Art.Ort.	78,65	0,51	25,08	0,59
	Std.Sp.	0,21	0,07	0,24	0,15

Çizelge B.11. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	F21	79,40	0,50	25,20	1,12
	F22	79,40	0,60	25,80	0,91
	F23	78,40	0,50	25,40	0,81
	F24	78,70	0,60	25,20	0,92
	F25	80,20	0,60	25,90	1,70
	F26	78,60	0,70	25,20	0,93
	F27	79,20	0,60	25,20	1,20
	F28	78,80	0,30	24,80	1,19
	F29	78,80	0,60	25,30	0,92
	F30	78,70	0,70	25,30	1,22
	Art.Ort.	79,02	0,57	25,33	1,09
	Std.Sp.	0,51	0,11	0,30	0,25
G yaşlandırma	F31	78,40	0,50	25,10	0,54
	F32	78,60	0,60	25,00	0,92
	F33	78,50	0,50	24,30	0,83
	F34	78,50	0,50	24,90	0,41
	F35	79,30	0,50	25,00	0,87
	F36	78,10	0,50	24,60	0,51
	F37	79,00	0,50	25,20	1,20
	F38	78,90	0,60	25,10	0,59
	F39	79,30	0,70	25,30	0,68
	F40	79,00	0,50	25,50	0,68
	Art.Ort.	78,76	0,54	25,00	0,72
	Std.Sp.	0,38	0,07	0,33	0,22

Çizelge B.12. Filtek™ Z250 A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	F21	80,10	0,50	25,10	1,83
	F22	80,20	0,60	25,60	1,73
	F23	79,50	0,50	25,30	1,91
	F24	79,60	0,60	25,30	1,81
	F25	80,90	0,60	25,70	2,40
	F26	79,80	0,60	25,00	2,14
	F27	80,00	0,60	25,10	2,00
	F28	79,50	0,30	24,50	1,94
	F29	79,80	0,50	25,40	1,91
	F30	78,80	0,70	25,00	1,39
	Art.Ort.	79,82	0,55	25,20	1,91
	Std.Sp.	0,52	0,10	0,33	0,25
G yaşlandırma	F31	79,10	0,50	25,10	1,16
	F32	78,90	0,60	25,10	1,01
	F33	78,60	0,50	24,20	0,96
	F34	79,20	0,50	24,60	1,10
	F35	79,60	0,60	24,80	1,24
	F36	78,90	0,50	24,40	1,26
	F37	78,80	0,60	25,10	1,02
	F38	79,50	0,60	25,00	1,17
	F39	79,80	0,80	25,00	1,27
	F40	79,70	0,60	25,40	1,37
	Art.Ort.	79,21	0,58	24,87	1,16
	Std.Sp.	0,40	0,09	0,35	0,12

Çizelge B.13. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	S01	82,70	-0,60	28,20	0,59
	S02	82,10	-0,70	28,50	0,14
	S03	82,90	-0,10	30,20	1,14
	S04	81,40	-0,40	28,20	0,35
	S05	82,80	-0,50	29,30	0,41
	S06	82,20	-0,10	29,80	0,30
	S07	81,10	-0,20	29,10	0,52
	S08	83,00	-0,50	29,10	0,51
	S09	80,70	-0,30	28,50	0,24
	S10	82,20	-0,50	29,50	0,45
	Art.Ort.	82,11	-0,39	29,04	0,47
	Std.Sp.	0,76	0,20	0,65	0,26
G yaşlandırma	S11	81,70	-0,40	29,00	0,54
	S12	83,00	-0,30	29,20	1,05
	S13	83,10	-0,20	29,50	0,86
	S14	80,90	-0,30	28,70	0,63
	S15	81,50	-0,50	28,50	0,33
	S16	82,20	-0,50	28,80	0,81
	S17	82,00	-0,20	29,10	0,55
	S18	82,40	-0,50	28,80	0,73
	S19	82,20	-0,50	28,70	0,50
	S20	79,30	0,20	29,00	0,37
	Art.Ort.	81,83	-0,32	28,93	0,64
	Std.Sp.	1,05	0,21	0,28	0,21

Çizelge B.14. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	S01	82,80	-0,50	28,00	0,75
	S02	82,10	-0,50	28,30	0,37
	S03	83,00	-0,20	29,80	1,20
	S04	80,50	-0,30	27,70	1,03
	S05	82,60	-0,30	29,30	0,30
	S06	81,90	-0,20	29,40	0,52
	S07	80,90	-0,20	29,00	0,68
	S08	82,70	-0,20	29,50	0,37
	S09	80,90	-0,20	28,40	0,32
	S10	82,20	-0,30	29,20	0,75
	Art.Ort.	81,96	-0,29	28,86	0,63
G yaşlandırma	Std.Sp.	0,85	0,11	0,67	0,30
	S11	82,10	-0,30	29,00	0,81
	S12	83,70	-0,40	29,30	1,72
	S13	83,60	-0,30	29,10	1,49
	S14	81,50	-0,20	29,20	0,81
	S15	82,10	-0,50	28,10	1,03
	S16	82,70	-0,60	28,80	1,32
	S17	82,90	-0,30	29,20	1,42
	S18	82,90	-0,50	28,90	1,21
	S19	82,90	-0,60	28,60	1,12
	S20	79,80	0,00	28,00	1,03
	Art.Ort.	82,42	-0,37	28,82	1,20
	Std.Sp.	1,08	0,18	0,43	0,28

Çizelge B.15. Spectra ST HV A2 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	S01	82,80	-0,30	27,90	0,92
	S02	81,90	-0,30	27,90	0,86
	S03	82,90	0,00	29,50	1,19
	S04	80,20	-0,20	27,60	1,34
	S05	81,80	-0,20	28,90	0,84
	S06	82,80	-0,10	29,40	0,96
	S07	80,40	0,10	28,70	1,27
	S08	83,40	-0,20	29,30	0,66
	S09	80,90	-0,10	28,30	0,42
	S10	82,30	-0,20	29,30	0,68
	Art.Ort.	81,94	-0,15	28,68	0,91
G yaşlandırma	Std.Sp.	1,06	0,12	0,67	0,28
	S11	82,50	-0,30	28,70	1,31
	S12	83,50	-0,30	28,80	1,66
	S13	83,30	-0,20	29,10	1,22
	S14	81,10	-0,20	28,70	0,73
	S15	82,40	-0,40	28,10	1,30
	S16	82,70	-0,40	28,50	1,36
	S17	82,50	-0,10	29,00	1,04
	S18	82,90	-0,40	28,60	1,26
	S19	82,60	-0,50	28,20	1,14
	S20	81,90	0,00	28,70	2,82
	Art.Ort.	82,54	-0,28	28,64	1,38
	Std.Sp.	0,65	0,15	0,30	0,53

Çizelge B.16. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 1 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_1	a_1	b_1	ΔE_1^*
TS yaşlandırma	S21	76,80	0,40	32,30	0,24
	S22	77,40	0,10	33,00	0,37
	S23	77,60	0,00	33,20	0,30
	S24	78,00	0,30	33,60	0,30
	S25	75,90	0,20	32,30	0,35
	S26	77,30	0,10	33,20	0,55
	S27	77,90	0,10	33,60	0,68
	S28	78,40	0,40	33,70	0,37
	S29	78,40	0,20	33,00	0,51
	S30	77,80	0,30	32,80	0,36
	Art.Ort.	77,55	0,21	33,07	0,40
	Std.Sp.	0,72	0,13	0,48	0,13
G yaşlandırma	S31	77,20	0,10	33,00	0,28
	S32	75,90	0,00	31,20	0,46
	S33	77,50	-0,10	33,40	0,36
	S34	76,90	0,10	32,20	0,30
	S35	80,00	0,40	34,40	0,51
	S36	75,80	0,10	31,80	0,81
	S37	77,90	0,10	32,80	0,24
	S38	78,20	0,10	32,90	0,37
	S39	78,00	0,40	33,00	0,44
	S40	78,20	0,20	34,00	0,32
	Art.Ort.	77,56	0,14	32,87	0,41
	Std.Sp.	1,16	0,15	0,91	0,16

Çizelge B.17. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 2 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_2	a_2	b_2	ΔE_2^*
TS yaşlandırma	S21	76,80	0,60	32,00	0,46
	S22	77,00	0,20	32,40	0,77
	S23	77,20	0,20	32,70	0,79
	S24	77,80	0,60	33,30	0,70
	S25	75,80	0,30	31,80	0,82
	S26	77,10	0,30	32,80	1,03
	S27	77,50	0,30	33,30	0,95
	S28	78,10	0,50	33,00	0,73
	S29	78,20	0,30	32,90	0,49
	S30	77,70	0,50	32,70	0,46
	Art.Ort.	77,32	0,38	32,69	0,72
	Std.Sp.	0,67	0,15	0,47	0,19
G yaşlandırma	S31	76,50	0,10	32,50	0,73
	S32	75,80	0,10	31,20	0,54
	S33	77,60	-0,10	33,10	0,64
	S34	77,00	0,20	31,70	0,79
	S35	80,00	0,50	33,90	0,73
	S36	76,00	0,10	31,50	1,02
	S37	78,00	0,10	32,20	0,73
	S38	78,50	0,10	32,60	0,66
	S39	78,10	0,40	32,70	0,54
	S40	78,40	0,20	33,50	0,54
	Art.Ort.	77,59	0,17	32,49	0,69
	Std.Sp.	1,22	0,16	0,82	0,14

Çizelge B.18. Spectra ST HV A3 kompozit rezinin, 5 yıl yaşlandırma ölçümleri.

	Kod	L_5	a_5	b_5	ΔE_5^*
TS yaşlandırma	S21	76,90	0,70	31,90	0,62
	S22	77,10	0,40	32,50	0,78
	S23	77,40	0,30	32,30	1,17
	S24	77,80	0,70	33,20	0,83
	S25	76,20	0,50	31,70	0,95
	S26	77,10	0,40	32,50	1,33
	S27	77,60	0,50	33,00	1,30
	S28	77,90	0,60	32,70	1,07
	S29	78,30	0,50	32,70	0,78
	S30	77,60	0,60	32,50	0,59
	Art.Ort.	77,39	0,52	32,50	0,94
	Std.Sp.	0,56	0,12	0,43	0,25
G yaşlandırma	S31	76,90	0,30	32,20	0,90
	S32	76,00	0,10	30,90	0,73
	S33	77,80	0,00	32,60	1,18
	S34	77,20	0,20	31,80	0,81
	S35	80,10	0,60	34,00	0,78
	S36	76,30	0,20	31,40	1,12
	S37	78,30	0,30	32,20	0,86
	S38	78,30	0,20	32,20	1,04
	S39	78,00	0,40	32,40	0,66
	S40	78,20	0,30	33,10	0,89
	Art.Ort.	77,71	0,26	32,28	0,90
	Std.Sp.	1,12	0,16	0,82	0,16