

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

GÜNLÜK KULLANILAN MULTİVİTAMİN EFERVESAN
TABLETLERİN FARKLI DENTAL KOMPOZİT REZİNLERİN
RENK PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Dt. Yeliz Hayriye YAZICIOĞLU PİRPİR

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI

2024- ANTALYA

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

**GÜNLÜK KULLANILAN MULTİVİTAMİN EFERVESAN
TABLETLERİN FARKLI DENTAL KOMPOZİT REZİNLERİN
RENK PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Dt. Yeliz Hayriye YAZICIOĞLU PİRİR

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI

2024- ANTALYA

ONAY SAYFASI

Dt. Yeliz Hayriye YAZICIOĞLU PİRPIR tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Üye:

(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye:

(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye:

(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

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

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

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

Dt. Yeliz Hayriye YAZICIOĞLU PİRİR

Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bana her konuda sabır, içtenlik ve özveriyle yol gösteren yanında çalışmaktan gurur duyduğum, değerli tez danışman hocam Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI'ya,

Destegini her zaman hissettiğim, bana yol gösteren, meslek hayatımda bana verdiği bilgileri her zaman kullanacağım, değerli hocam Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL'e,

Teorik ve pratik anlamda deneyimlerini, yardımlarını ve anlayışını esirgemeyen, bana bir hocadan çok bir abla, bir arkadaş gibi yaklaşan Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR hocama,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan keyif aldığım başta Uzm. Dt. Sergen ÖZDEMİR ve Uzm. Hemşire Furkan DURSUN olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemde en büyük emeği veren, benim ben olmamda en büyük katkıyı sağlayan canım aileme,

Hayatıma girdiği andan beri her şeyin benim için daha kolay olmasını sağlayan, aldığım her kararda beni destekleyen eşim Uzm. Dt. Çağışan PİRPİR'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Bazı multivitamin efervesan tabletlerin test edilen kompozit rezin materyallerde meydana getirebileceği renk değişimlerini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

Gereç ve yöntem: Çalışmamızda bir supra- nanofil (Omnichoroma, Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) (OMC) kompozit, bir nanohibrit (Ruby CompNano, İnci Dental, Türkiye) kompozit (RBC), bir submikrohibrit (Charisma Smart, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) kompozit (CHR), bir akıcı (Ruby Flow, İnci Dental, Türkiye) kompozit (RBF) ve bir bulk- fill (Filtek One Bulkfill Restorative, 3M ESPE, St.Paul, MN, ABD) kompozit (FBL) rezin materyal ve kompozit rezinlerde renk değişikliği oluşturabilecek üç farklı multivitamin içeceği ((Youplus C vitamini Çinko Propolis efervesan tablet (Abdiibrahim, Türkiye) , Supradyn® Efervesan Tablet (Bayer, Fransa), Sambucol Plus efervesan tablet (Pharmacare)) kullanıldı. Her bir vitamin solüsyonu için ve kontrol grubu için (n= 10) her bir kompozit rezinden 40 adet ve toplamda 200 adet (N= 200) beş mm çapında ve iki mm kalınlığında disk şeklinde örnekler teflon kalıp kullanılarak hazırlandı ve LED ışık cihazı ile (Valo Ultradent Products, UT, ABD) ile polimerize edildi. İlk renk ölçümleri örnekler distile suda 24 saat bekletildikten sonra yapıldı ve sonrasında kompozit örnekler kullanılacak farklı solüsyonlara göre rastgele gruplandırıldı. Mettler Toledo T50 pH metre (Mettler-Toledo Greisensee, İsviçre) ile solüsyonların pH ölçümleri yapıldı. Örnekler 28 günlük toplam süre boyunca multivitamin solüsyonlarda, 24 saatlik aralıklarla günde 2 dk. süreyle bekletildi ve bir sonraki döngüye kadar distile suda saklandı. 14. ve 28. günlerde spektrofotometre kullanılarak (VITA Easysshade V, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) renk ölçümleri yapıldı. Ölçümlerde International Commission on Illumination (CIE) L*a*b* Sistemi esas alındı ve ΔE_{00} formülü kullanılarak renk değişim değerleri hesaplandı. ΔE_{2000} değerlerinin normal dağılıma uyup uymadığı Shapiro Wilk testi ile analiz edilmiş ve veriler tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Post-hoc karşılaştırmalar için Tukey testleri kullanılmıştır, anlamlılık önem düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlendi.

Bulgular: En fazla renk değişimi 14. ve 28. günlerde FBL- YPL grubunda izlenirken bunu OMC- SPR grubu takip etmiştir. Vitaminlere bağlı en fazla renk değişikliği 14. ve 28. günlerin her ikisinde de YPL gruplarında izlenmiş ve bunları sırasıyla SPR ve SMB grupları izlemiştir. Kompozitlerde 14. günde en fazla renk değişimi OMC grubunda izlenmiş ve bunu sırasıyla FBL, CHR, RBC ve RBF grupları takip etmiştir, 28. günde ise en fazla renk değişimi FBL

grubunda izlenmiş ve bunu sırasıyla OMC, CHR, RBF ve RBC takip etmiştir. 28 günlük renklendirme süreci, 14 günlük renklendirme periyoduna kıyasla daha fazla renk değişimine neden olmuştur ($p<0.019$).

Sonuç: Multivitamin efervesan tablet solüsyonları kompozit rezinlerde renk değişimine neden olabilmektedir. Test edilen vitaminler içerisinde en fazla renklenme yapan multivitamin efervesan tablet solüsyonunun YPL olduğu bulunmuştur. Ayrıca, FBL ve OMC kompozit rezinlerinin, test edilen multivitaminlerle daha fazla renklenmeye eğilimli oldukları saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kompozit, Multivitamin, Renk değişimi, Efervesan



ABSTRACT

Objective: To evaluate and compare the color changes that some multivitamin effervescent tablets may cause in the tested composite resin materials.

Materials and Methods: In study, a supra-nanophile (Omnichoroma, Tokuyama Dental, Tokyo, Japan) composite (OMC), a nanohybrid (Ruby CompNano, İnci Dental, Turkey) composite (RBC), a submicrohybrid (Charisma Smart, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany) composite (CHR), a flowable (Ruby Flow, İnci Dental, Turkey) composite (RBF) and a bulk-fill (Filtek One Bulkfill Restorative, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) composite resin material and 3 different multivitamin drinks (Youplus Vitamin C Zinc Propolis effervescent tablet (Abdiibrahim, Türkiye), Supradyn® Efervesan Tablet (Bayer, Fransa), Sambucol Plus effervescent tablet (Pharmacare)) were used. 10 pieces for each vitamin solution and control group, 40 pieces of each composite resin and 200 pieces in total (N = 200) five mm diameter and two mm thick disc-shaped samples were prepared using a teflon mold and polymerized with an LED light device. It (Valo Ultradent Products, UT, USA). The first color measurements were made after the samples were soaked in distilled water for 24 hours, and then the composite samples were randomly grouped according to the different solutions to be used.

pH measurements of the solutions were made with a Mettler Toledo T50 pH meter (Mettler-Toledo Greisensee, Switzerland). Samples were soaked in multivitamin solutions for 2 minutes a day at 24-hour intervals for a total period of 28 days and stored in distilled water until the next cycle. Color measurements were made using a spectrophotometer (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) on the 14th and 28th days. The measurements were based on the International Commission on Illumination (CIE) $L^*a^*b^*$ System and color change values were calculated using the ΔE_{00} formula. Whether ΔE_{2000} values followed a normal distribution was analyzed using the Shapiro Wilk test, and the data were analyzed using repeated measures analysis of variance (ANOVA). Tukey tests were used for post-hoc comparisons, the significance level was set at $p < 0.05$.

Results: The maximum color change was observed in the FBL-YPL group on both the 14th and 28th days, followed by the OMC-SPR group. The most significant color

changes associated with vitamins occurred in the YPL groups on both the 14th and 28th days, followed by the SPR and SMB groups, respectively. In the evaluation of composites, on the 14th day, the highest color change was observed in the OMC group, followed by the FBL, CHR, RBC, and RBF groups. On the 28th day, the most significant color change was observed in the FBL group, followed by the OMC, CHR, RBF, and RBC groups. 28-day staining period has caused more color change compared to the 14-day staining period ($p<0.019$).

Conclusion: Multivitamin effervescent tablet solutions may cause discoloration on composite resins. Among the tested vitamins, YPL was found to be the multivitamin effervescent solution that causes the most color change. FBL and OMC composite resins were found to be more prone to color change with tested multivitamins.

Key Words: Composite, Multivitamin, Color change, Effervescent

İÇİNDEKİLER TABLOSU

ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
TABLolar DİZİNİ.....	xvi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Kompozit Rezinler.....	3
2.1.1 Kompozit Rezinlerin Tarihçesi	3
2.1.2 Kompozit Rezinlerin Yapısı	3
2.1.3 Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	7
2.2. Renk	13
2.2.1. Renk Analiz Sistemleri	14
2.2.2. Renk Ölçüm Yöntemleri	17
2.3. Kompozit Rezinlerde Gözlenen Renklenmeler	20
2.3.1. İçsel Renklenmeler.....	20
2.3.2. Dışsal Renklenmeler	21
2.4. Multivitamin Efervesan Tabletler	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	24
3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezin Materyaller.....	24
3.2.Çalışmada Kullanılan Işık Cihazı.....	25
3.3. Çalışmada Kullanılan Multivatin Efervesan Tabletler	26
3.4. Kompozit Örneklerin Hazırlanması ve Gruplandırılması	27
3.5. Solüsyonların Hazırlanması ve Uygulama Prosedürü	32
3.5.1 Solüsyonların pH Ölçümlerinin Yapılması	33
3.6. Renk Ölçümleri	34
3.7. İstatistiksel Analiz	35
4.BULGULAR.....	36
5. TARTIŞMA	45
6.SONUÇ	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

a*	CIE Lab Renk Sistemi, Kırmızı-Yeşil koordinatı
Al	Alüminyum
b*	CIE Lab Renk Sistemi, Sarı-Mavi Koordinat
B	Bor
Bis EMA	Ethoxylated Bisphenol A Dimethacrylate
Bis GMA	Bisfenol A glisidil metakrilat
Bis MPEPP	Bisfenol A polietoksi metakrilat
C	Chroma
CHR	Charisma
CI	Color Index International (Uluslararası renk indeksi)
CIE	International Commission Illumination (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)
CQ	Camphorquinone
CP	Carbamide peroxide
°C	Derece Celcius
EDMA	Etilen glikol dimetakrilat
F	Flor
FBL	Filtek One BulkFill
FDA	Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)

GPDM	Gliserofodfatdimetakrilat
HEMA	Hidroksi-etil metakrilat
KNT	Kontrol
L*	CIE Lab Sistemi renk değeri koordinatı
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MDPB	12-methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide
MMA	Metilmetakrilat
μm	Mikrometre
Na	Sodyum
nm	Nanometre
OMC	Omnichroma
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
RBC	Ruby CompNano
RBF	Ruby Flow
Si	Silisyum
SMB	Sambucol Plus
SPR	Spradyn
S-PRG	Surface prereacted glass ionomer
Sr	Stronsiyum
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	Üretan dimetakrilat

UTMA Üretan tetrametakrilat

UV Ultraviyole

YPL Youplus C vitamini

μ Mikron

Σ Sigma

Δ Delta

$>$ Büyüktür

$\geq$ Büyük ve eşit

$<$ Küçüktür

$\leq$ Küçük ve eşit

$\%$ Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.2.1: Kompozitlerin organik matriks fazında bulunan monomerler

Şekil 2.1.3.1: Dental kompozit rezinlerde kullanılan siloranın yapısı

Şekil 2.2.1.1: Munsell' in renk skalası

Şekil 2.2.1.2: CIE Lab Renk Sistemi

Şekil 3.1.1: Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller

Şekil 3.2.1: Çalışmada kullanılan ışık cihazı

Şekil 3.3.1: Çalışmada kullanılan multivitaminler

Şekil 3.4.1: Numunelerin hazırlanmasında kullanılan teflon kalıplar

Şekil 3.4.2: Kompozit rezin örneklerin polimerize edilmesi

Şekil 3.4.3: Disk şeklinde hazırlanmış kompozit rezin örnekler

Şekil 3.4.4: Omnichroma ile hazırlanan örnekler

Şekil 3.4.5: Ruby CompNano ile hazırlanan örnekler

Şekil 3.4.6: Charisma Smart ile hazırlanan örnekler

Şekil 3.4.7: Ruby Flow ile hazırlanan örnekler

Şekil 3.4.8: Filtek One BulkFill ile hazırlanan örnekler

Şekil 3.4.9: Kompozit rezin örneklerin gruplandırılması

Şekil 3.5.1: Solüsyonların hazırlanması (sırasıyla supradyn, sambucol, youplus)

Şekil 3.5.1.1: Sambucol solüsyonunun pH ölçümü

Şekil 3.5.1.2: Supradyn solüsyonunun pH ölçümü

Şekil 3.5.1.3: Youplus solüsyonunun pH ölçümünün yapılması

Şekil 3.6.1: Çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı

Şekil 4.1: 14 Günlük solüsyonda bekletme sonrası kompozit örneklerde meydana gelen renk değişimi. Aynı mavi çizgi altında kalan tüm gruplar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir.

Şekil 4.2: 28 günlük solüsyonda bekletme sonrası kompozit örneklerde meydana gelen renk değişimi. Aynı mavi çizgi altında kalan tüm gruplar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir.

Şekil 4.3: 14. ve 28. günlerde saptanan renk değişimlerinin karşılaştırılmalı grafiği

Şekil 4.4: 14 günlük ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.5: 28 günlük ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1.3.1: Kompozit rezinlerin sınıflandırılması (1)

Tablo 2.2.1.1: CIE Renk Toleransı

Tablo 3.1.1: Çalışmada kullanılan kompozit rezinler ve içerikleri

Tablo 3.3.1: Çalışmada kullanılan multivitamin efervesan tabletler ve içerikleri

Tablo 3.4.1: Kompozit örnekler ve vitamin solüsyonları ile oluşturulan gruplar

Tablo 4.1: Renklenme bulgularının değişen faktörlere bağlı karşılaştırılması

Tablo 4.2: Multivitamin efervesan solüsyonların sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırılması

Tablo 4.3: Multivitamin efervesan solüsyonların ve kompozitlerin 14. ve 28. günlerdeki ΔE_{00} ortalama ve standart sapma değerleri

Tablo 4.4: Kompozit örneklerin sonuçlarının karşılaştırılması

1.GİRİŞ

Toplumda dış görünüşe ve estetiğe verilen önemin artmasıyla beraber diş hekimlerine başvuran hastaların isteklerinde fark edilebilir değişiklikler meydana gelmiştir (2). Estetik beklentilerdeki artışlara ve değişikliklere bağlı olarak kullanılan materyaller ve uygulanan restorasyonlarda da değişiklikler olmaktadır (3).

Diş hekimliğinde kullanılan restorasyonlarla ideal estetiği yakalama arayışı diş rengindeki materyaller ve kullanım teknikleriyle ilgili birçok gelişmeyle sonuçlanmıştır. Bu pencereden bakıldığında kompozit rezin materyallerin oldukça önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (4). Tatmin edici estetik özellikleri ile kompozit rezin materyaller diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu materyallerden beklenen doğal diş dokularını taklit edebilmeleridir ve bu koşul materyalin renk uyumu ve uzun vadede renk stabilitesiyle doğrudan ilişkilidir (5). Restorasyonlardaki değişim talebiyle hastaların diş hekimlerine başvurma nedenleri özellikle ön grup restorasyonlarda meydana gelen renk değişiklikleri olmuştur (6).

Kompozit rezin materyallerin renk stabilitelerini etkileyen faktörler arasında su emilimi, pürüzlülük, bitirme ve cila işlemleri, polimerizasyon yöntemleri ve derecesi, yüzey sertliği, oral hijyen alışkanlıkları, beslenme alışkanlıkları ve restorasyonların ağız içerisinde kaldıkları süre sayılabilir (7). Kompozit materyaller kullanılırken materyalin maruz kalacağı fiziksel ve kimyasal etkiler öngörülerek çeşitli tedbirler alınabilir ve böylece renk değişimleri engellenerek daha uzun süre ağızda kalacak restorasyonlar yapılabilir (8). Diş hekiminin kullandığı materyaldeki renk değişim miktarını öngörebilmesi daha uzun ömürlü ve daha iyi estetik restorasyonlar yapabilmesi ve hasta beklentilerini daha iyi karşılayabilmesi açısından son derece önemlidir.

Bu çalışmanın amacı kullanımı yaygın olan bazı multivitamin efervesan tabletlerin çeşitli kompozit rezin materyallerde meydana getirebileceği renk değişimlerini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

H₀₁: Farklı multivitamin efervesan tabletlerin kompozit rezinlerin renk değişimi üzerinde etkisi yoktur.

H0₂: Multivitamin efervesan tabletlerin oluşturacağı renk değişimi test edilen kompozit rezinlerin tipinden etkilenmez.

H0₃: Farklı multivitamin efervesan tabletlerin kompozit rezin örneklerde oluşturacağı renk değişimi üzerinde test edilen solüsyonlarda bekletme sürelerinin etkisi yoktur.



2.GENEL BİLGİLER

2.1 Kompozit Rezinler

Kompozit kelime anlamı olarak metal, seramik, polimer gibi iki veya daha fazla materyalin fiziksel karışımını ifade etmektedir (9). Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinler ise temel olarak doldurucu partiküller ile polimer matriksin birleşimidir (10).

2.1.1 Kompozit Rezinlerin Tarihçesi

1955 yılında Michael Buonocore tarafından mine yüzeyinin asit uygulaması yapılarak pürüzlendirilmesiyle adeziv diş hekimliğinin temelleri atılmıştır (11).

Dr. Ray Bowen tarafından Bisfenol A glisidil metakrilat (Bis-GMA) adlı monomer 1956 yılında geliştirilmiş ve 1962 yılında diş dokularına adezyon ile bağlanan kompozit rezinler tanıtılmıştır (12).

Geliştirilen ilk kompozit rezin materyaller iki pattan oluşan self-cure sistemlerdir. Zaman içerisinde kompozitlere ultraviyole (UV) foto başlatıcı dahil edilmiştir ve UV ışıkla polimerize olan tek pat sistemleri üretilmiştir (13). Kamforkinonun (CQ) kompozit materyallere dahil edilmesiyle kuvars tungsten halojen (QTH) ışık kaynağından elde edilen görünür mavi ışıkla polimerize olabilen bir sistem geliştirilmiştir (14). Ardından üretilen dimetakrilat (UDMA) gibi alternatif monomer sistemleri, Bis-GMA'nın yerini almak üzere kullanıma sunulmuştur (15).

Zaman içerisinde doldurucular ve polimerizasyon sistemlerindeki değişimler ve gelişmeler sayesinde çok daha üstün özelliklere sahip kompozit rezinler üretilmiştir. Cilalı bir yüzey elde etmeyi büyük ölçüde zorlaştıran ilk kompozitlerdeki büyük doldurucu partiküller zaman içerisinde yerlerini daha küçük boyutlu dolduruculara bırakmıştır (16). 2000'li yıllarda, nanofil (nanopartiküllü) kompozit rezinlerin piyasaya sürülmesiyle giderek daha iyi mekanik ve fiziksel özelliklere sahip kompozit rezinler üretilmiştir. Artık günümüzde inorganik dolduruculardaki ve polimerizasyon sistemlerindeki gelişmeler sayesinde, üstün mekanik ve fiziksel özelliklere sahip, uygulama kolaylığı sunan kompozit rezinler mevcuttur.

2.1.2 Kompozit Rezinlerin Yapısı

Diş hekimliğinde kullanılan kompozit materyaller resin matriks ve inorganik doldurucu partiküllerden oluşmaktadırlar.

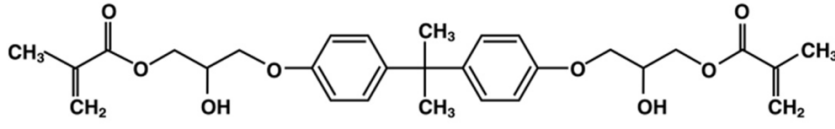
Kompozit rezinler organik faz (polimer matriks fazı), inorganik faz ve ara faz olmak üzere üç farklı fazdan meydana gelmektedirler (16, 17).

Organik Faz

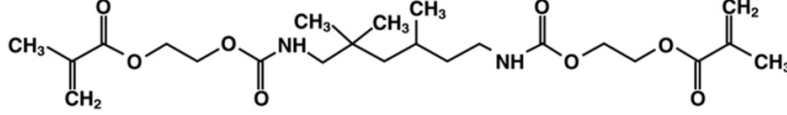
Organik matriks monomerler, ko-monomerler, polimerizasyon başlatıcıları, inhibitörler ve ultraviyole stabilizatörleri içermektedir (18). Organik faz materyalin mekanik özelliklerinden sorumludur. Organik matriks miktarındaki artış polimerizasyon büzülmesinin artması, su emilimi, renklenme gibi negatif özelliklerde artmaya sebep olduğundan günümüzde organik matriksi azaltıp doldurucu içeriğini arttırmak hedeflenmektedir.

Monomer ve komonomerler: Monomerler kompozit resin sistemin omurgası olarak kabul edilebilir (19). Kompozitlerde en sık kullanılan monomerler Bisfenol-A-Glisidilmetakrilat (Bis- GMA), üreandimetakrilat (UDMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) monomerleridir (20, 21). Günümüz kompozit rezinlerinin yapısında Bis- GMA ve üstün adezyon sağlayan ve renk değişikliklerine direnç gösteren UDMA en çok kullanılan monomerlerdendir. (19). Bis-GMA yüksek viskoziteye sahiptir ve renk stabilitesi yetersizdir. Bis-GMA visküz yapısı sayesinde resin matriksin dayanıklılığını artırır (22, 23). UDMA eğilme dayanıklılığını, elastisite modülünü ve sertliği artırır (24), düşük moleküler ağırlıkta ek bir monomer gerektirmeden inorganik partiküllerin ilave edilmesine izin verir. Ancak kırılgenlik, polimerizasyon büzülmesi artışı gibi dezavantajları vardır (25-27).

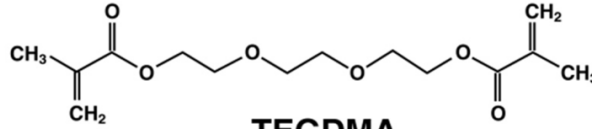
TEGDMA viskoziteyi azaltmak ve inorganik partiküllerin ilave edilebilmesi için yapıya eklenir. TEGDMA yüksek polimerizasyon büzülmesine sahiptir, mekanik özellikleri ve renk stabilitesini azaltırken su emilimini artırır (22, 23, 25, 26). Visköz yapıyı azaltmak amacıyla ayrıca etilen glikol dimetakrilat (EDMA), metilmetakrilat (MMA), bis fenol A etoksi dimetakrilat (Bis- EMA), ürean tetra metakrilat (UTMA) gibi bazı monomerler organik matrikse eklenir (28, 29).



BisGMA



UDMA



TEGDMA

Şekil 2.1.2.1: Kompozitlerin organik matriks fazında bulunan monomerler

Polimerizasyon başlatıcılar/ hızlandırıcılar (initiatör/ akseleratör): Görünür ışıqla polimerize olan kompozit rezinlerde kamferokinon (CQ) başlatıcı olarak kullanılır. Kimyasal yolla aktive olan kompozit rezinlerde dibenzolperoksit başlatıcı olarak ve aromatik tersiyer amin hızlandırıcı olarak kullanılır (30). Işıqla polimerize olan rezinlerde kamferokinon ışığın etkisiyle amin ile reaksiyona girerek serbest radikaller oluşturur (31). Kimyasal yolla aktive olan rezinlerde ise oda sıcaklığında organik amin organik peroksit ile reaksiyona girerek serbest radikaller oluşturur ve bu radikallerin karbon çift bağlarıyla reaksiyonu sonucunda polimerizasyon gerçekleşir (32).

Inhibitörler: Kompozit rezin materyallerin çalışma ve saklama esnasında polimerizasyonlarını engellemek için organik matrikse ilave edilirler. En yaygın olarak kullanılan inhibitör 4-metoksifenol ve 2,4,6-tersiyerbutil fenoldür (33).

Ultraviyole (UV) Stabilizatörler: Özellikle kendi kendine polimerize olan kompozit rezinlerde reaksiyona girmeyen artık ürünler UV etkisiyle parçalanır ve renklenmelere neden olur. Bu renklenmelerin önüne geçmek için yapıya ultraviyole stabilizatörler eklenirler. Stabilizatör olarak genellikle 2-hidroksi-4-metoksibenzofenon kullanılmaktadır (34, 35).

Pigmentler: Estetik görünüm sağlamak amacıyla farklı renkleri elde etmek için rezin kompozitlerin içine az miktarda eklenirler (36).

İnorganik Faz

İnorganik faz kompozit rezin materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin şekillenmesinde en büyük öneme sahip olan unsurdur. Matriks içine dağılmış çeşitli şekil ve boyutlarda cam partiküller, kuartz, stronsiyum, çinko silikat, baryum silikat, lityum alüminyum silikat, borosilikat cam, zirkonyum, baryum, stronsiyum, hidroksiapatit, yttriyum cam gibi doldurucular inorganik fazı oluşturur. Stronsiyum, baryum, yttriyum ve çinko kompozit rezine radyo opasite verir. Silika partikülleri mekanik özellikleri güçlendirir, kompozit rezinde ışık etkisiyle mineye benzeyen yarı şeffaf bir görüntü oluşmasını sağlar. Saf silika kristalin ve non-kristalin formlarda bulunur. Mevcut kullanılan kompozit rezinlerde silikanın non- kristalin formları tercih edilir çünkü kristalin formlar sert yapısından dolayı kompozit rezinlerde bitirme ve polisaj işlemlerini zorlaştırır (1, 16). Doldurucu partiküllerin kullanım oranı, şekilleri ve büyüklükleri kompozit rezin materyalin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde etkilidir. Doldurucu partikül oranındaki artış aşınmaya karşı daha dirençli, polimerizasyon büzülmesi, su emilimi ve ısısal genleşmesi daha az olan kompozit materyallerin üretilmesini sağlamakla beraber materyalin viskozitesinde artışa neden olur (30). İnorganik doldurucu partiküllerin kullanımı aynı zamanda organik rezin matriksin yapısal özelliklerini de belirlemektedir. İnorganik partikül oranı arttıkça, rezin matriksin oranı düşer ve böylece rezin kompozit materyalin fiziksel özellikleri olumlu yönde etkilenir (30, 37).

Ara Faz

Kompozit rezinlerde inorganik faz ile organik polimer matriks arasındaki bağlantıyı sağlayan fazdır. Ara faz organik silisyum bileşiği olan silanlar tarafından oluşturulur. Silanlar, organik matriksteki metakrilat gruplarıyla kovalent bağ kurarken diğer uçta ise hidroksil gruplarıyla inorganik partiküllere bağlanarak birleştirici görevi görürler. Silanizasyon olarak adlandırılan bu işlem, materyalin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde doğrudan etkilidir. Çift yönlü fonksiyon gösteren bu moleküller, organik ve inorganik fazları birbirlerine bağlayarak suya dirençli rezin kompozitlerin oluşumunu sağlarlar. Silan aynı zamanda kuvvetleri rezin matriks ve doldurucular arasında dağıtarak doldurucu partiküllerin restorasyon yüzeyinden koparak uzaklaşmasını engellemektedir (18).

2.1.3 Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Kompozit rezinler partikül büyüklüklerine, viskozitelerine ve polimerizasyon yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadırlar.

Doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere göre	Kompozit rezin	Doldurucu partikül büyüklükleri	Doldurucu partikül yüzdeleri (%) ağırlıkça
	Megafil	50-100 µm	
	Makrofil	10-100 µm	% 70- 80
	Midifil	1-10 µm	% 70- 80
	Minifil	0,1-1 µm	% 75- 85
	Mikrofil	0,01-0,1 µm	% 35-6 0
	Hibrit	0,04-1 µm	% 75-8 0
	Nanofil	0,005-0,01 µm	
Polimerizasyon yöntemlerine göre	Kimyasal yolla polimerize olanlar		
	Işık ile polimerize olanlar		
	Hem kimyasal yolla hem de ışık ile polimerize olanlar		
Viskozitelerine göre	Kondanse olabilen kompozit rezinler		
	Akışkan kompozit rezinler		

Tablo 2.1.3.1: Kompozit rezinlerin sınıflandırılması (1)

İnorganik Partikül Büyüklük ve Yüzdelere Göre Kompozit Rezinler

Megafil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 50-100 µm arasında olan kompozit rezinlerdir (1).

Makrofil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklükleri 10-100 µm aralığındadır. Partikül büyüklükleri sebebiyle organik matriks kolay aşınır, bu da yüzey pürüzlülüğüne ve sonuçta renklenmelere neden olur. Makrofil kompozitler çiğneme kuvveti gelen bölgelerde yeterli direnci gösteremezler (38).

Midifil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklükleri 1-10 µm aralığındadır. Makrofil ve midifil kompozit rezinler geleneksel kompozit rezinler olarak bilinirler (39).

Minifil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklükleri 0,1-1 µm aralığındadır. Daha küçük partikül büyüklükleri sayesinde bitirme ve cila işlemleri sonrasında daha düzgün bir yüzey elde edilir (40). Kendilerine radyoopasite sağlayan baryum ve stronsiyum gibi ağır metal bulunduran cam içerirler. İçeriklerindeki materyaller zamanla bozunur ve aşınır bu da restorasyonun kullanım ömrünü negatif etkiler (41).

Mikrofil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklükleri 0,01-0,1 µm aralığındadır. Küçük doldurucu partiküller ile organik matriksin aşınma hızları neredeyse aynıdır. Böylece bitirme ve cila işlemleri sonucunda daha iyi sonuçlar elde edilir ve diğer kompozit türlerine göre daha yüksek aşınma direnci gösterirler (42).

Hibrit kompozitler: Hibrit kompozitlerde doldurucu partikül büyüklükleri 0,04-1 µm arasındadır. İçeriklerinde farklı büyüklüklerdeki doldurucu partikülleri içerirler. Makrofil kompozitlerden daha küçük boyutta partiküller ve mikrofil kompozitlerden daha fazla sayıda partikül içerirler. Sınıflandırılmalarında yapılarında kullanılan büyük partikülün ismi kullanılır. Hem anterior hem de posterior restorasyonlar için ideal kullanım sağlarlar (1, 43). Daha küçük boyuttaki doldurucu partikülleri büyük partiküllerin arasına dağıtıldığı için yüzey pürüzsüzdür. Bu nedenle estetik açıdan önemli olan bölgelerde kullanıma uygundur (39).

Nanofil kompozitler: İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 0,005-0,01 µm arasındadır (16). Kompozit rezin materyallerin üretiminde nano teknolojinin kullanılması üstün özelliklere sahip materyallerin üretilmesine olanak sağladı. Doldurucu oranının artırılması ve küçük partikül boyutları sayesinde estetik özellikler iyileştirildi, cilalanabilirlik arttı, polimerizasyon büzülmesi ve su absorpsiyonu ise azaltıldı. Küçük doldurucu partiküller ayrıca organik yapı ile temas eden yüzey alanını arttırarak inorganik faz ile organik faz arasında daha kuvvetli bir bağlantı oluşmasını sağlar. Tüm bu özellikler daha dayanıklı ve daha yüksek renk stabilitesine sahip kompozit rezin materyallerin üretilmesini sağlar (44, 45).

Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozit Rezinler

Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Resinler: Kimyasal yolla polimerize olan kompozitler katalizör ve baz denen çift pat sisteminden oluşurlar. Patlardan biri hızlandırıcı organik amin (aromatik tersiyer amin) içerirken diğeri ise polimerizasyonu başlatan benzoil peroksiti içerir. Bu iki komponentin karıştırılmasıyla polimerizasyon başlamış olur (46). Kısıtlı çalışma süresi, fazla renk değişimi göstermeleri ve zayıf mekanik özellikler gibi dezavantajları nedeniyle tercih edilmemektedirler (47, 48).

Işık ile Polimerize Olan Kompozit Resinler: Bu tip kompozitler tek pat halindedirler ve ışık etkisiyle polimerizasyon gerçekleşir. Başlangıçta ultraviyole ışık (UV) polimerizasyon işlemini gerçekleştirmek için kullanılmış ancak daha sonraları zararlı etkilerinden dolayı kullanımı terk edilmiştir. UV ışık yerine 420- 470 nanometre (nm) dalga boyu aralığında görünür mavi ışık kullanılmaya başlanmıştır. Görünür ışıkla polimerize olan bu kompozit resinlerde başlatıcı olarak kamferokinon kullanılmaktadır. Görünür ışıkla polimerize olan kompozit resinlerin polimerizasyonu için plazma ark ışık kaynakları, halojen, argon lazer, diyot lazer ve LED (light emitting diode) ışık cihazları kullanılmaktadır (49-51). Bu kompozitler karıştırma gerektirmezler, tabakalama tekniği ile kullanılabilirler sayesinde daha az polimerizasyon büzülmesi gösterirler, renk stabilite ve estetik özellikleri daha iyidir. Ayrıca, polimerizasyonun başlamasının hekim kontrolünde olması gibi önemli bir avantaja sahiptirler ve bu nedenle, restorasyonun şekillendirilebilmesi için hekime uzun bir çalışma süresi sağlamaktadırlar (40).

Hem Kimyasal Yolla Hem De Işık ile Polimerize Olan Kompozit Resinler: Dual- cure olarak da adlandırılırlar. Kimyasal başlatıcı ve ışık aktivatörü içerirler. İki pat halindedirler, karıştırıldıktan sonra polimerizasyon ışık ile başlatılır ve kimyasal olarak devam eder (52).

Viskozitelerine Göre Kompozit Resinler

Kondanse Olabilen Kompozit Resinler: Yüksek doldurucu içerikleri sayesinde amalgama benzer özellikler kazanmışlardır. Posterior bölgelerde ve bir miktar kuvvet uygulanarak kullanılırlar (53). Hibrit kompozitlerle karşılaştırıldıklarında daha büyük doldurucu partiküllere sahiptirler (54). Kondanse olabilen kompozit resinler aşınmaya karşı yüksek direnç gösterirler, polimerizasyon büzülmeleri düşüktür ve kaviteye uygulanmaları kolaydır (16). Ancak büyük doldurucu partiküllere bağlı olarak bitirme

ve cila işlemlerinden sonra yüzeyin pürüzlü kalması, kaviteye tam adaptasyon sağlanamadığından mikrosızıntı görülmesi gibi bazı dezavantajları mevcuttur (40).

Akışkan Kompozitler: Bunlar düşük viskoziteli kompozit rezinlerdir ve bu özellikleri de onları geleneksel kompozitlerden daha akıcı hale getirir. İnorganik doldurucu yüzdeleri düşüktür (19). Kavite duvarlarını yüksek ıslatabilirlikleri her düzensizliğe kolay nüfuz etmelerini sağlar; minimum kalınlıkta tabakalar oluşturabilirler ve böylece hava kabarcığı oluşumu engellenebilir. Yüksek esneklik özellikleri sayesinde stresin yoğunlaştığı alanlarda kullanılabilirler. Dezavantajları ise daha düşük doldurucu içeriği nedeniyle yüksek polimerizasyon büzülmesi ve zayıf mekanik özellikler göstermeleridir (55).

Kompozit Resinlerin İçeriğinde Gerçekleştirilen İyileştirmeler

Ormoserler: Organik modifiye seramik yani ormoserler; organik kısım, inorganik kısım ve polisiloksan olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadırlar. Çok fonksiyonlu üretilen ile tioeter oligo metakrilat alkoksil silanın organik ve inorganik kopolimerinden meydana gelirler. Yapısı üç boyutlu sertleşen inorganik- organik polimer zincirleri, alifatik ve aromatik dimetakrilatları içermektedir (56). Metakrilat grupları kimyasal yolla organik polimerizasyonu, silanın alkoksil grupları da hidroliz ve polikondensasyon reaksiyonlarıyla inorganik Si- O- Si ağını oluşturur (57). Silikon dioksit dayanan inorganik bir omurga ile bu omurga üzerine kurulu polimerize edilen organik komponentlerden meydana gelirler ve çapraz bağlı organik ve inorganik matriks ağı ile birleştirilmiş kompozitlerdeki dolduruculara benzer yapıdaki doldurucular içerirler (58). Ormoserler geleneksel kompozitlerden daha az aşınma gösterirler, polimerizasyon büzülmeleri az, uygulanmaları kolay, estetik özellikleri iyi ve nispeten biyouyumlu materyallerdir (1).

Siloranlar: İsimlerini kimyasal bileşimlerini oluşturan siloksanlar ve oksiranlardan alırlar. Siloranların monomer halkası, kompozitlerin monomer zinciri yapılarından oldukça farklıdır. Siloksan malzemeye hidrofobik özellik verir. Böylece eksojen renk değişikliği ve su emilimi azalır. Oksiran halkaları, fiziksel özelliklerden ve düşük büzülmeden sorumludur. Siloranlar, radikaller yoluyla çapraz bağlanan metakrilatların aksine katyonik bir reaksiyonla polimerize edilir. Polimerizasyon işlemi sırasında oksiran halkalarının açılması, polimerizasyon büzülmesini bir dereceye kadar dengeler

dönüştürerek dişlerin asit direncini artırır (71).S-PRG dolgu maddeleri, su veya asidik çözeltilerle temas ettiklerinde çevredeki ortamın pH' ını zayıf alkali bir aralıkta değiştirir (72).

İyon Salabilen (Smart) ve Antibakteriyel Kompozit Rezinler: İyon salabilen kompozit rezinler ilk kez 1998'de piyasaya sürüldü. Bu yeni kompozit rezin malzeme (Ariston pHc, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) farklı dimetakrilat türlerine dayanan ve inorganik dolgu maddelerinin bir karışımını içeren bu malzemenin avantajı florür, kalsiyum ve hidroksil iyonlarını restorasyon marjınlarına salarak çürüklere karşı ek koruma sağlamasıdır (72). Diş plağındaki aktif mikroorganizmaların neden olduğu daha düşük bir pH değeri ile fonksiyonel iyonların salınım hızı artar. Florür iyonları, demineralizasyonu engellemeye, yeniden mineralizasyonu desteklemeye ve bakteri üremesini engellemeye yardımcı olurken (73, 74), hidroksil iyonları ise karyojenik bakteriler tarafından üretilen asidi nötralize eder ve bakteriyel büyümeyi engeller (75, 76).

Rezin matriks içerisine çözünebilir şekilde antimikrobiyaller eklenerek ya da antimikrobiyal ajanların rezin matriks içerisinde sabit kalması sağlanarak antibakteriyel kompozit rezinler elde edilir. Klorheksidin, glutaraldehit, triklosan, gümüş, florür ve bir monomer olan 12-methacryloyloxydodecyl-pyridinium bromide (MDPB) antibakteriyel etki sağlamak için kompozit materyallere ilave edilirler (77, 78). Klorheksidin çözülebilir materyal olarak kullanılır. Dolgu maddesinden salınarak etkisini gösterir (77, 79). MDPB matriks içerisinde sabit kalarak etki gösterir, materyal üzerinde bakteri plağı birikimine karşı engelleyicidir (80-82).

Self-Adeziv Kompozit Rezinler: Klinik uygulama zamanını azaltmak için basitleştirilmiş bir adezyon protokolü istenen bir özelliktir ve bu amaçla self- adeziv akıcı kompozitler geliştirilmiştir (83). Bu materyaller akıcı kıvamdadırlar ve su emiliminden sorumlu hidrofilik fosfat grubu içerirler. Diğer akıcı kompozitlere oranla su emilimleri daha fazladır (84).Yapılarında mine ve dentini pürüzlendirmeyi sağlayan gliserofodfatdimetakrilat (GPDM) ile dentinin ıslanabilirliğini ve rezin penetrasyonunu arttıran HEMA (hidroksietil metakrilat) içerirler (85, 86). Bu kompozit rezinlerin diş dokularına bağlanmaları iki farklı mekanizma ile gerçekleşir; GPDM monomerinin fonksiyonel fosfat grupları diş dokusundaki kalsiyum iyonlarıyla kimyasal olarak bağlanır ve rezinin polimerize monomerleri ile dentinin kollojen lifleri

(ayrıca smear tabakası) arasında oluşan iç içe geçen bir ağ aracılığıyla mikromekanik olarak bağlanır (87). Self adeziv kompozit rezinler düşük mikrosızıntı ve dentine yüksek bağlanma değerleri gösterirler (86) ve pit ve fissür lezyonları, küçük sınıf I ve II restorasyonlarda kullanılmaları önerilir (83).

Fiber ile Güçlendirilmiş Kompozit Reziner: Fiber ile güçlendirilmiş kompozit rezinler, resin matrikse eklenen fiber takviyesi ile dayanıklılıkları geliştirilmiş materyallerdir (88). Fiber destekli kompozit rezinlerde stres polimer matriksten fiberlere aktarılır ve fiber bir çatlak durdurucu görevi görür. Fiber materyalinin etkinliği, fiberlerin uzunluğundan, dağılımından, konumundan, materyalin içeriğindeki resin tipinden ve fiberlerin polimer matrikse adezyonundan etkilenmektedir (89). Derin kavitelere, aşırı madde kaybı olan dişlerde ve kütle halinde kullanılabilirler (90).

Bulk- Fill Kompozit Reziner: Kompozit rezinlerin daha derin kavitelere kullanılabilmesi ve büyük tabakalar halinde yerleştirilebilmesiyle teknik duyarlılığı ve restorasyonu yapmak için gereken zamanı azaltmak amacıyla bulk- fill kompozit rezinler geliştirilmiştir (91). Tipik olarak 2 mm' lik tabakalar halinde yerleştirilebilen geleneksel kompozit rezinlerin aksine, bulk- fill kompozitler 4 mm ve daha kalın tabakalar halinde yerleştirilebilir (92-94). Uygulama esnasında tabakalama gerektirmemesi sayesinde restorasyonda tabakalar arası kontaminasyon, hava kabarcığı ve boşluk oluşumu riski azalır (95, 96). Bulk- fill resin bazlı kompozitler, geleneksel resin bazlı kompozitlerden daha az polimerizasyon büzülmesi gösterirler (97). Doldurucu içeriği azaltılıp doldurucu boyutları artırılarak elde edilen translusent yapıları sayesinde ışık penetrasyonları ve bununla ilişkili olarak da kütle derinlikleri artmıştır (98). SDR (Dentsply), yaygın olarak kullanılan ilk bulk- fill kompozittir. Şuan piyasada SDR, Filtek Bulk Fill Flowable, Venus Bulk- Fill gibi düşük viskoziteli ve Tetric EvoCeram Bulk fill,, SonicFill gibi yüksek viskoziteli bulk- fill kompozit rezinler mevcuttur (99).

2.2. Renk

Renk görünür ışığın çeşitli dalga boylarının absorpsiyonu ve yansımalarıyla algılanan, sübjektif ve objektif fenomenleri birleştiren bir komplekstir (100). Renk belirlenirken

3 faktör etkili olmaktadır. Bunlar; ışık kaynağı, cisim ve algılayıcıdır (101). Renklerin insan gözü tarafından algılanabilmesi için, cisimlere ulaşan ışığın göze yansması ve nöronlar yardımıyla beyine aktarılması gerekmektedir. İnsan gözü sadece 400- 700 nm dalga boyu arasındaki ışığı algılayabilmektedir. Aynı renk ile devamlı uyarı renk algısında tepkisizleşmeye yol açar. Bu sebeple renk algısı değişkendir (102, 103). Çeşitli çevresel faktörler renk algılanmasında önemli rol oynar. Farklı ışık kaynakları altında renkler farklı izlenirken belirli bir ışık kaynağı altında aynı izlenmesine 'metamerizm' denir. Günün farklı saatlerinde, farklı mevsimlerde ve hatta farklı hava şartlarında renk algısı değişir. 5500° K renk sıcaklığındaki gün ışığı, beyaz ışığı meydana getirmek için gerekli olan bütün ana renkleri (kırmızı, yeşil, mavi) eşit miktarda içerir ve ideal ışık kaynağı olarak kabul edilmektedir (104).

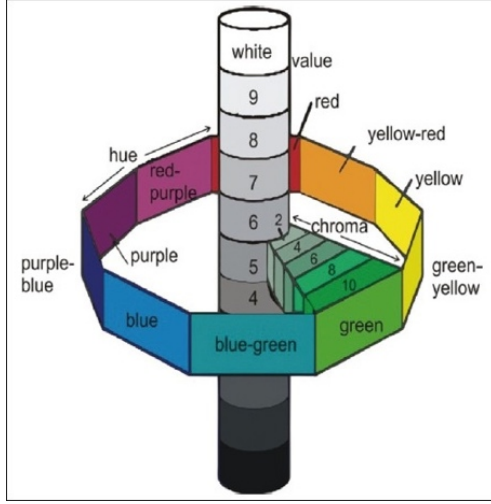
2.2.1. Renk Analiz Sistemleri

Munsell Renk Sistemi: 1905 yılında ressam Albert Henry Munsell tarafından geliştirilmiştir. Munsell renk sistemi rengin üç boyutunu “value”, “chroma” ve “hue” olarak tanımlamıştır (43).

Parlaklık (value): Cisimden geri dönen ışığın miktarıdır. Munsell, parlaklığı siyah-beyaz bir skala olarak tarif etmiştir. Parlaklığın (value) siyah kısmı 0, beyaz kısmı 10 ile numaralandırılır, 0-10 arasında gri tonları siyahtan beyaza doğru farklı parlaklıklar oluşturur (100).

Doygunluk (chroma): Rengin doyumluk derecesini, saflığını ifade etmek için kullanılır. Parlaklık ile ters orantılıdır ve parlaklık arttıkça doyumluk azalmaktadır (104). Doyumluğu düşük renkler daha zayıf, doyumluğu yüksek renkler daha güçlü veya doymuş olarak ifade edilir (105).

Ton (Hue): Renkleri birbirlerinden ayırt etmemizi sağlayan özellik olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemde 5 ana renk ve 5 yardımcı renk mevcuttur. Sarı, kırmızı, mavi, yeşil, mor sistemdeki ana renklerdir ve asal tonlar olarak adlandırılmışlardır. Sarı- kırmızı, yeşil- sarı, mavi- yeşil, mor- mavi, kırmızı- mor renkleri de ara tonları oluşturur (43, 106).



Şekil 2.2.1.1: Munsell' in renk skalası

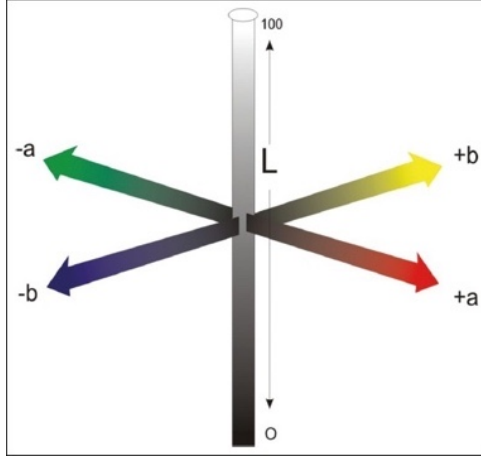
CIELab Renk Sistemi: Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) tarafından tanımlanmıştır. CIE L*a*b* renk sistemine göre rengin algılanması kırmızı, mavi ve yeşilden oluşan insan gözündeki üç ayrı renk reseptörüne dayanmaktadır (107). Tüm renkler, 3 farklı eksenin kesişerek, merkezini oluşturduğu bir küre içinde yer alır (100, 108). Sistemde L*, a* ve b* eksenleri vardır ve bu üç eksenin kesişim yeri rengin değerini verir (100).

L: dikey eksen, cismin beyaz (+)- siyah (-) arasındaki parlaklık veya açıklık koordinatlarını ifade eder. En üst değer beyazdır (100) ve en alt değer siyahtır (0).

a: yatay eksen, cismin kırmızı (+)- yeşil (-) arasındaki doygunluk koordinatlarını gösterir.

b: yatay eksen, cismin sarı (+)- mavi (-) arasındaki doygunluk koordinatlarını gösterir (109).

İki renk arasındaki farklılık renk farkı formülü ile belirlenebilir. Bu formül şu şekildedir: $\Delta E_{ab} = [(L1^* - L0^*)^2 + (a1^* - a0^*)^2 + (b1^* - b0^*)^2]^{1/2}$



Şekil 2.2.1.2: CIE Lab Renk Sistemi

Formülde $L0^*$, $a0^*$, $b0^*$ ile belirtilen değerler ilk ölçüm değerlerini, $L1^*$, $a1^*$, $b1^*$ ise sonraki ölçümün değerlerini göstermektedir (43).

ΔE_{ab} değeri 3,3 ve üzeri olduğunda renk farkı klinik olarak kabul edilemez demektir (110).

Renk Farklılığı	Klinik Uyum
0	Kusursuz
0,5- 1	Mükemmel
1- 2	İyi
2- 3,3	Kabul edilebilir
>3,3	Uyumsuz

Tablo 2.2.1.1: CIE ΔE_{ab} Renk Toleransı

Dental renk çalışmalarının çoğunda, renk ve renk farkı sırasıyla CIELAB renk uzayı ve ilişkili ΔE_{ab} kullanılarak ölçülür. CIELAB formülünün hesaplanan ve algılanan renk farkları arasındaki düzeltmeyi iyileştirmek amacıyla üç alternatif renk farkı formülü geliştirilmiştir: CMC, CIE94 ve CIEDE2000 (111). CIE şu anda, geçmişte CIE94 veya CMC formülleri kullanıldığı durumlarda da artık CIEDE2000 formülünün kullanılmasını önermektedir (112). CIEDE2000, doygunluk ve ton kavramlarını

kullanılır. CIELAB ve CIEDE2000 renk farkı formüllerinin karşılaştırmaları dış hekimliği literatüründe mevcuttur (113, 114).

CIEDE2000 ΔE_{00} formülü şu şekildedir (112, 115);

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

$\Delta L'$, $\Delta C'$ ve $\Delta H'$, CIEDE2000'deki bir çift örnek için açıklık, doygunluk ve tondaki farklılıklardır ve R_T , mavi alandaki doygunluk ve ton farklılıkları arasındaki etkileşimi açıklayan bir fonksiyondur. Ağırlıklandırma fonksiyonları, S_L , S_C , S_H tır. Ve bunlar L' , a' , b' koordinatlarında ve parametrik faktörlerde renk farkı çiftinin konumundaki varyasyon için toplam renk farkını ayarlarlar ve K_L , K_C , K_H deneysel koşullar için düzeltme terimleridir (111).

Son raporlar, polimerizasyon veya ısı döngüsünden sonra ΔE_{ab} ve ΔE_{00} değerleri arasında önemli korelasyonlar göstermiştir (114, 116, 117). İki formül de kullanılabilmekle beraber parlaklık, doygunluk ve ton kavramları te tek incelenmek istendiğinde CIEDE2000 formülünü kullanmak daha doğru bir karardır (114).

2.2.2. Renk Ölçüm Yöntemleri

Görsel Renk Ölçümü: Renk skalaları kullanılarak yapılır. Skala üzerindeki renkler ve dış/ numune aynı ortam şartlarında karşılaştırılarak uygulanır (118). Çevresel faktörler görsel renk seçiminde oldukça önemli etki göstermektedir. Hastanın bulunduğu ortamdaki aydınlatma, kullanılan skala, dişlerin kuru/ ıslak olması, ölçüm yapan kişiye bağlı durumlar renk seçiminde etkili olan unsurlardan bazılarıdır (105). Renk tonunu görsel olarak değerlendirmek; metamerizm, optimal olmayan renk seçimi koşulları, araçlar ve kullanılan yöntemin yanında ölçümü yapan kişinin yaşı, yorgunluğu, ruh hali, kullandığı ilaçlar gibi çeşitli doğuştan gelen zorluklarla da karakterize edilmiştir. Bu zorluklara rağmen insan gözü renkteki çok küçük farklılıkları fark edebilir. Ancak bu farklılıkların derecesi ve niteliğini iletme yeteneği eksiktir (119). Tüm bu eksikliklerine rağmen en yaygın kullanılan yöntem görsel renk seçimi yöntemidir (104, 120).

En çok kullanılan skala sistemleri;

- Vita Classic (Vita, Bad Sackingen, Almanya),
- Vitapan 3D-Master (Vita),
- Chromascop (Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (119).

Kolorimetre: Sabit bir ışık kaynağı ile standart ölçümler yapabilen, ağız içi kullanıma uygun cihazlardır. Cihaz CIE Lab renk sistemine uygun ölçüm yapmaktadır. (118, 121). Kolorimetreler spektral yansımayı kaydetmez ve spektrofotometrelerden daha az doğruluğa sahip olabilir (filtrelerin eskimesi de ayrıca doğruluğu etkileyebilir) (122). Translulent materyalleri değerlendirmede yetersizdirler. Bu nedenler translulent materyallerin renk ölçümü yapılırken standart bir arka plan kullanılmalıdır (123).

Spektoradyometreler: Radyometrik değerlerin ölçümünde kullanılırlar. Bu aletlerin en önemli özelliği gerçek görüş şartlarında ölçüm yapabilmeleridir. Kullanım hassasiyeti gerektirmeleri ve ölçüm açısındaki ufak değişikliklerin sonuçlarda büyük sapmalara neden olması bu aletlerin dezavantajlarından (124).

Spektrofotometreler: Spektrofotometreler renk seçimi için en uygun ve kullanışlı cihazlardır (125). Görünür spektrum boyunca bir nesneden yansıyan ışık enerjisinin miktarını 1-25 nm aralıklarla ölçerler (126, 127). Bir spektrofotometre, optik radyasyon kaynağı, ışık dağıtma aracı, ölçüm için bir optik sistem, dedektör ve elde edilen ışığı analiz edilebilecek bir sinyale dönüştüren araçtan oluşur. Spektrofotometrelerden elde edilen veriler işlenmeli ve kullanılabilir bir forma dönüştürülmelidir. Aletler tarafından elde edilen ölçümler sıklıkla dış rengi kılavuzlarına göre ayarlanır ve eşdeğer renk tonuna dönüştürülür (128). Geleneksel tekniklerle karşılaştırıldığında, spektrofotometrelerin doğrulukta %33 artış ve vakaların %93,3'ünde daha objektif bir eşleşme sunduğu tespit edildi (129). Cihazlar çoklu sensör adı verilen bir sistemle çalışırlar. İnsan gözünün ayırt edemediği farkları bile tespit edebilmektedir (124, 130). Kolorimetreye benzer olarak CIE Lab sistemine göre ölçüm yapmaktadır ve ağız içi ölçüm yapılmasına imkan tanımaktadır (131).

Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japonya), geleneksel spektrofotometrenin avantajlarını dijital fotoğrafçılıkla birleştiren bir cihazdır. Optik ve görüntü işleme teknolojisinin gelişmesi sayesinde bu ürün, uygulayıcının geleneksel spektrofotometreye kıyasla dış

tonunu ve rengini daha doğru ve basit bir şekilde eşleştirmesine olanak tanır (120). Bu sistemin önemli faydası, bilgisayar veri tabanındaki 'sanal renk sekmelerinin' çapraz referanslanabilmesi ve eşleştirilecek doğal diş görüntüsü üzerine görsel olarak üst üste getirilebilmesi ve böylece teknisyene doğru renk sekmelerini görselleştirme olanağı sağlamasıdır. Crystaleye tarafından üretilen dijital görüntü, 7 bantlı bir LED ışık kaynağı kullanır ve bu, dijital kameralarla kullanılan geleneksel sistemlere göre daha hassas renk tasviri sağlıyor. Üstelik Crystaleye' in ürettiği görüntü ağız boşluğunun içinden alınır ve dolayısıyla görüntüde farklılıklara neden olabilecek dış ışıktan yoksun kalır (119). Piyasada buluna bazı spektrofotometre cihazları şunlardır:

Vita Easyshade Compact (Vita Zahnfabrik, Bad Sa'ckingen, Almanya), renk analizi sürecine yardımcı olmak için yeterli renk tonu bilgisi sağlayan kablosuz, küçük, taşınabilir, uygun maliyetli, pille çalışan, kontak tip spektrofotometredir. Easyshade Compact ile farklı ölçüm modları mümkündür: tek diş modu, diş alanı modu (servikal, orta üçlü ve insizal üçlü), restorasyon renk doğrulaması (açıklık, doygunluk ve renk tonu karşılaştırmasını içerir) ve renk sekmesi modu (uygulama/eğitim modu) (132).

Shade-X (X-Rite, Grandville, MI) aynı zamanda 3 mm prob çapına sahip kompakt ve kablosuz "nokta" ölçümlü spektrofotometredir ve popüler renk kılavuzlarının çoğuna uygundur. Shade-X'in dentin rengiyle (daha opak) ve kesici diş bölgeleriyle (daha şeffaf) eşleşecek iki veri tabanı vardır (119).

SpectroShade Micro (MHT Optic Research, Niederhasli, İsviçre) bir görüntüleme spektrofotometresidir. Dijital kamera/LED spektrofotometre kombinasyonunu kullanır. Analitik yazılımın bulunduğu dahili bir bilgisayarı vardır. Renk ölçümü sırasında LCD dokunmatik ekranda gösterilen diş konumlandırma yönlendirme sistemi kullanılır. Görüntüler ve spektral veriler dahili belleğe kaydedilerek bilgisayara aktarılabilir (133).

Dijital Kameralar ve Görüntü Sistemleri: Renk ölçümü cisim üzerindeki tek bir nokta ya da bölgeden değil cisimden tek bir bütün halinde yapılmaktadır (119). Sistem dijital bir fotoğraf makinesi, bilgisayar, görüntüyü yakalayan bir yazılım, renk sensörü ve bilgisayar programından meydana gelir (124). Dijital bir kamera kullanılarak renk ölçümü yapılmak istenilen cismin görüntüsü alınır ve sonra kameranın bağlı olduğu bilgisayar bu değerleri CIE L*a*b* cinsinden ifade eder (130). Dijital kameralar,

elektronik renk alma konusunda en temel yaklaşımı temsil etmekte olup yine de insan gözüyle belirli bir dereceye kadar sübjektif renk seçimi yapılmasını gerektirmektedir (134). Bu verileri yararlı dış rengi bilgisine dönüştürmek için çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır.

ClearMatch (Smart Technology, Hood River, OR), yüksek çözünürlüklü dijital görüntüler kullanan ve dışın tamamındaki renk tonlarını bilinen referans renk tonlarıyla karşılaştıran bir yazılım sistemidir (133). Renk ölçüm cihazlarıyla ilişkili yazılıma benzer şekilde Clear Match, endüstri standardı renk tonu kılavuzlarının renk veri tabanını içerir (119).

2.3. Kompozit Rezinlerde Gözlenen Renklenmeler

Renklenme, kompozit rezin restorasyonların önemli bir estetik problemidir. Yüzey lekelenmelerinden, mikrosızıntının neden olduğu kenar lekelenmelerinden, aşınma nedeniyle yüzey morfolojisindeki değişikliklerden ve malzeme içeriğindeki bozulmalardan kaynaklanabilir. Her ne kadar dış yüzey ve kenar boyanmaları düzenli dış temizliği ve iyi bir adeziv sistemi kullanılarak en aza indirilse de, içsel renk değişikliği malzemeye bağlıdır ve diş hekimi tarafından kontrol edilmesi zordur (135).

2.3.1. İçsel Renklenmeler

Kompozit materyalin içeriğine ve yapısal özelliklerine bağlı olarak gerçekleşen renklenmedir (136). Materyalin rezin matriks içeriği, doldurucu partikül içeriği ve büyüklüğü, polimerizasyonu, başlatıcı türü, bağlayıcı ajan gibi birçok faktör renklenme üzerinde etkilidir (8). İçsel renklenme nedenlerinden biri polimerizasyon reaksiyonunda görev alan tersiyer aromatik aminden arta kalan fazla aminlerin okside olmasıdır. Bu aminler kimyasal yolla polimerize olan kompozitlerde fazla miktarda bulunurken ışık aktivasyonlu kompozitlerde ise daha az bulunmaktadır (137). Işıkla polimerize olan kompozit rezin materyallerde yer alan kamferokinon miktarı da renklenmeyle ilişkilidir (138). Yetersiz polimerizasyonu sonrasında, kamferokinonun tamamen dönüşmemesi nedeniyle kompozit rezinde sarı renklenmeler oluşmaktadır (139). Yeterli polimerize edilmiş kompozit materyallerin daha düşük renklenme gösterdikleri yapılan son çalışmalarla ortaya konmuştur (140, 141). Yetersiz polimerizasyon sonucu kompozit rezinlerin, kimyasal boyalara ve gıda boya maddelerine maruz kaldıklarında ise renk değişikliğine uğradıkları bildirilmiştir (142,

143). Rezinin saklanma şekli de renklenme üzerine etki eder. Sıcak ortamda bekletilen kompozit rezinlerde benzoil peroksit etkisiyle renk değişiklikleri meydana gelebilir. Monomer içeriği de renk stabilitesini etkileyen faktörlerden biridir. Makropartikül içerikli ve Bis-GMA miktarı fazla olan kompozitlerde daha çok, mikropartikül içerikli olan kompozitlerde ise daha az renklenmeye rastlandığı görülmüştür (144). Yapısında ana monomer olarak TEGDMA içeren kompozitler, Bis-GMA ve UDMA esaslı olanlara göre daha fazla miktarda monomer salınımı gösterirler. Bu da kompozit rezinlerde daha fazla renk değişimi meydana gelmesine neden olur (145). Kompozit rezinlerdeki monomer içeriği su emilimi üzerinden de renk stabilitesini etkilemektedir. BisGMA içerikli kompozit rezinler, hidrofilik TEGDMA içeren kompozit rezinlerden daha az su emilimi gösterirler, hidrofobik UDMA ve Bis-EMA içeren kompozit rezinlere göre ise daha fazla su emilimi gösterirler (146). Bu sayede UDMA esaslı kompozit rezinler, BisGMA esaslılardan daha iyi renk stabilitesi gösterirler (147). Kompozit rezinlerde inorganik doldurucu oranı arttıkça renklenmenin azaldığını gösteren çeşitli araştırmalar vardır (148). Yapılan bir çalışmaya göre düşük doldurucu içeriğine sahip materyallerde doldurucu-matriks ara yüzünde daha fazla su emilimi gerçekleşir ve emilen su nedeniyle doldurucu ve matriks arasında ayrışma ya da doldurucuda hidrolitik bozunma meydana gelir; bunun sonucunda da materyalde daha fazla renklenme izlenir (149). Diğer bir çalışmada ise rezin matriks ve doldurucu bileşimi renklenme derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Materyallerin benzer rezin matriks yapılarına rağmen farklı renk değişimi dereceleri göstermeleri doldurucu bileşimindeki farklılıklara bağlanmıştır (150).

2.3.2. Dışsal Renklenmeler

Kahve, kola, kırmızı şarap ve çay gibi çeşitli renklendirici sıvılarla temas ve bunların emiliminden kaynaklanır (151). Ayrıca restorasyonun yapımı esnasında yetersiz izolasyon, kan veya tükürük ile kontaminasyon, bitirme ve polisaj işlemlerinin hatalı ve yetersiz yapılması, kötü ağız hijyeni, çeşitli boyayıcı maddeler de dış kaynaklı renklenmelere yol açar. Kompozit rezin materyalin yapısı ve içeriğindeki doldurucu partiküller de dış renklenme üzerinde direkt etkiye sahiptir (7). Kompozit rezinin aşınmasıyla doldurucular rezin matriksten ayrılır ve bu ayrılmalar sonucunda yüzeyde pürüzlülük oluşur ve neticede renklenme meydana gelir (139).

Barutçugil ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, en fazla renklenmeye neden olan solüsyonun kırmızı şarap olduğu ve bunu sırasıyla kahve, çay, kolanın izlediği bildirilmiştir (140). Düşük pH'nın ve alkolün, yüzeyde pürüzlülüğe neden olarak renklenme meydana getirebileceği belirtilmiştir (152). Kahve ve çay farklı yoğunluklarda sarı boyar maddeler içerirler ve bu nedenle daha çok renklenmeye yol açarlar. Kola ise daha düşük pH değerine sahip olmasına rağmen sarı renkli boyar madde içermediği için daha az renklenmeye neden olur (141).

Yapılan başka bir çalışmada sigara dumanı ve renklendirici solüsyonların birlikte değerlendirilerek renk değişimi üzerine olan etkilerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda parlaklık değerlerinde azalma (L^*) ve kırmızı pigmentasyon oranında artış izlenmiştir (153).

Bitirme ve cila işlemlerinin yetersiz yapılması yüzey pürüzlülüğü, plak birikimi ve renklenme gibi problemlere neden olur (154). 0,01-1 μ m partikül büyüklüğüne sahip kompozitlerde cila işlemi başarılı olurken 10 μ m den daha büyük partiküllü kompozitlerde yüzey pürüzlü kalır (8). Bitirme işleminden sonra bile düzensiz inorganik doldurucu partiküllerin neden olduğu yüzey pürüzlülükleri daha kolay renklenmeye neden olur (154). Ayrıca bitirme işlemleri esnasında yüzeydeki partiküllerin uzaklaştırılmasına bağlı olarak, mikro çatlaklar ve düzensizlikler gibi çeşitli yüzey defektleri oluşabilir. Bu problemleri çözmek için materyalin yüzeyine cila materyalleri uygulanması da önerilmiştir (155). Birçok avantajı olmasına rağmen cila materyalleri, içeriklerine ve polimerizasyon sürelerine bağlı olarak kompozit rezinin renklenmesi üzerine etki ederler. Metakrilat veya dimetakrilat rezin içeren cila materyalleri Bis-EMA bileşeni içerenlere göre renklenmeye daha dirençlidir (155-157).

2.4. Multivitamin Efervesan Tabletler

Vitamin takviyeleri şurup, hap, çiğneme tableti, pastil veya efervesan tablet şeklinde bulunabilir ve vitamin, mineral ve diğer bileşenlerin çeşitli kombinasyonlarını içerir (158). Bununla birlikte hem şuruplar hem de efervesan tabletlerdeki bazı maddelerin çözünürlüğü pH'a bağlıdır, dolayısıyla bunlar kimyasal stabiliteyi korumak, maddelerin etkinliğini optimize etmek ve optimal ilaç dispersiyonunu sağlamak için formüle edilmiş asidik preparatlardır. Asitlik ayrıca çözeltinin tadının iyileştirilmesini

de sağlar (159). Vitaminlerin efervesan formu, çözünür bir organik asit (genellikle sitrik, tartarik, malik, fumarik veya adipik asit), bir alkali metal karbonat tuzu (sodyum bikarbonat/karbonat veya potasyum bikarbonat/karbonat) ve farklı konsantrasyonlarda vitamin ve/ veya minerallerden oluşur (160, 161). Efervesan multivitaminlerin diş sert dokusu üzerindeki etkisini araştıran daha önceki çalışmaların sonuçları, az sayıda da olsa, efervesan preparatların da diş erozyonu ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir (161-164). Vitaminlerin içindeki asitler kompozit rezinlerin organik matriks yapısını çözebilir, renklendirici maddeler emilir ve dolayısıyla kompozit restorasyonlarda renk değişikliği görülebilir (165).

Efervesan, sıvı içerisinde oluşan kimyasal reaksiyon sonucu, çözünme ve gaz kabarcıklarının oluşması şeklinde tanımlanabilir (166). Efervesan teknolojisinde kimyasal reaksiyon sonrasında sıvı içerisinde gaz kabarcıkları oluşur. Efervesan oluşturmak için alkali metal bikarbonatlar ve asitler (çoğunlukla sitrik veya tartarik) kullanılır. Reaksiyon su eklendikten sonra meydana gelir (160, 166, 167). Temelde bir asit-baz reaksiyonu gerçekleşir. Temel bileşen sodyum bikarbonat, asidik bileşen ise sitrik asittir (167). Efervesan tabletlerde asit-baz reaksiyonu meydana gelir. Tartarik, malik, fumarik, sitrik ve adipik asitlerden yararlanılır. Narenciye benzeri tadı nedeniyle efervesanlarda genellikle sitrik asit tercih edilir (166). Organik asit ve bikarbonat suda bir araya geldiğinde karbondioksit açığa çıkar. Çözünme işlemi 17–20°C suda gerçekleşir. Kolayca taşınabilir ve kullanılabilirler. Köpüğü yerel bakterilerin öldürülmesine yardımcı olur. Geleneksel Çin Tıbbında da benzer ilaçları hazırlamak için benzer teknikler ve materyaller kullanılmaktadır (168). Efervesan tabletlerde karbondioksitin kaynağı karbonattır. Sodyum karbonat ve bikarbonat yaygın olarak kullanılan karbonat tuzlarıdır. Sodyum karbonatta CO₂ yüzdesi bikarbonata göre daha düşüktür. Ürünlerin çoğunda 50/ 50 oranında hem karbonat hem de bikarbonat kullanılmaktadır. Efervesan ürünlerde magnezyum ve potasyum karbonat da kullanılmaktadır. Efervesanlarda %0,5- 3 oranında uçucu yağlar ve kokular bulunur. Renkli solüsyonlar üretmek için boyalar eklenebilir. Kurutulmuş çiçek tomurcukları, şifalı bitkiler, papatya özü bu amaçla kullanılabilir. (166, 169).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada beş farklı kompozit rezin materyal ve üç farklı multivitamin efervesan tablet kullanılmıştır. Çalışmamızın tüm hazırlık ve deney aşamaları Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Resin Materyaller

Çalışmamızda bir supra- nanofil (Omnichoroma, Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) kompozit, bir nanohibrit (Ruby CompNano, İnci Dental, Türkiye) kompozit, bir submikrohibrit (Charisma Smart, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) kompozit, bir akıcı (Ruby Flow, İnci Dental, Türkiye) kompozit ve bir bulk- fill (Filtek One Bulkfill Restorative, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) kompozit rezin materyal kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyaller ve bu materyallerin üretici firmaları tarafından tanımlanan içerikleri ve renk bilgileri Tablo 3.1.1’ de gösterilmiştir.

Kompozit	Renk	Tipi	Matriks İçeriği	LOT
Omnichoroma, Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya	One Shade	Supra- nanofil	UDMA, TEGDMA Aynı boyutta supra-nano küresel doldurucu (260 nm küresel SiO ₂ -ZrO ₂) Doldurucu yüklemesi %79 ağırlıkça (%68 hacimce)	076E12
Ruby CompNano, İnci Dental, Türkiye	A2	Nanohibrit	Bis- GMA, metakrilat polimerleri (%20), inorganik doldurucular (%80) Dolgu maddesi parçacık boyutu 0.02- 0.7 mikron	RCYA2152
Charisma Smart, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya	A2	Submikrohibrit	TEGDMA, oxybenzone, metakrilik asit, 2,6-di-tert-butyl-p-kresol Doldurucu: 0.005-10 µm boyutunda baryum alüminyum florid cam, silikon dioksit (%59 hacimce)	M010538

Ruby Flow, İnci Dental, Türkiye	A2	Akıcı Kompozit	Metakrilat polimerleri (% 40), inorganik dolgu maddeleri (%60) Dolgu maddesi parçacık boyutu 0.02- 0.7 mikron	RF1270
Filtek One Bulkfill Restorative, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	A2	Bulk-Kompozit Fill	AFM (dinamik stres giderici monomer), AUDMA, UDMA ve 1,12-dodekan-DMA İnorganik doldurucu oranı ağırlıkça %76,5 (hacimce %58,5)	NE55682

Tablo 3.1.1: Çalışmada kullanılan kompozit rezinler ve içerikleri



Şekil 3.1.1: Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller

3.2.Çalışmada Kullanılan Işık Cihazı

Çalışmamızda Ultradent kablosuz LED ışık cihazı (VALO Ultradent, South Jordan, UT, USA) kullanılmıştır (Şekil 3.2.1).



Şekil 3.2.1: Çalışmada kullanılan ışık cihazı

3.3. Çalışmada Kullanılan Multivitamin Efervesan Tabletler

Çalışmamızda, kullanımı halk arasında yaygın olan, kompozit rezinlerde renk değişikliği oluşturabileceğini düşündüğümüz üç farklı vitamin içeceği (Youplus C vitamini Çinko Propolis efervesan tablet, Redoxon Üçlü Etki efervesan tablet, Sambucol Plus efervesan tablet) kullanıldı. Kullanılan vitaminler ile ilgili ayrıntılı bilgiler tablo 3.3.1' de verilmiştir.

Vitamin	İçeriği	Lot numarası
Youplus Vitamin C, Çinko, Propolis (Abdiibrahim, Türkiye)	L-askorbik asit (1000 mg Vitamin C), Asit düzenleyiciler (Sodyum karbonatlar, Sitrik asit, Malik asit), Tatlandırıcılar (İzomalt, Aspartam, Asesülfam K), Renklendirici (Karotenler), Taşıyıcı (Polietilen glikol), Çinko sitrat, Saf Propolis, Aromalar (Limon aroması)	22L279
Supradyn® Efervesan Tablet (Bayer, Fransa)	Asitlik düzenleyici: Sodyum hidrojen karbonat , Asit: Sitrik asit, Hacim artırıcı: Sorbitol, Kalsiyum karbonat, magnezyum sülfat, Hacim arttırıcı: İzomalt, Magnezyum karbonat, L-askorbik asit, Renklendirici: Karotenler, ;Asitlik düzenleyici: Sodyum karbonatlar, Ferrik pirofosfat, Koenzim Q10, Aroma verici: portakal aroması, Çinko sitrat, Tatlandırıcı: Aspartam, Aroma verici: Çarkıfelek meyvesi aroması, Renklendirici: pancar kökü kırmızısı, sodyum selenit,D- Pantotenat kalsiyum, manganez sülfat, Kolekalsiferol	N3A927
Sambucol Plus (Pharmacare)	Asitlik düzenleyici: Sitrik Asit. Hacim Arttırıcı: Sodyum Hidrojen Karbonat. Maltodekstrin, Renklendirici: Pancar Kökü Kırmızısı. L Askorbik Asit (C Vitamini), Aroma verici: Çilek aroması. Tatlandırıcı: Sukraloz. Çinko Sülfat (Çinko), Aroma verici: Ahududu aroması. Stabilizör: Sorbitol, Polivinilprolidon. Kara Mürver Ekstresi (Meyve)	2010106

Tablo 3.3.1: Çalışmada kullanılan multivitamin efervesan tabletler ve içerikleri

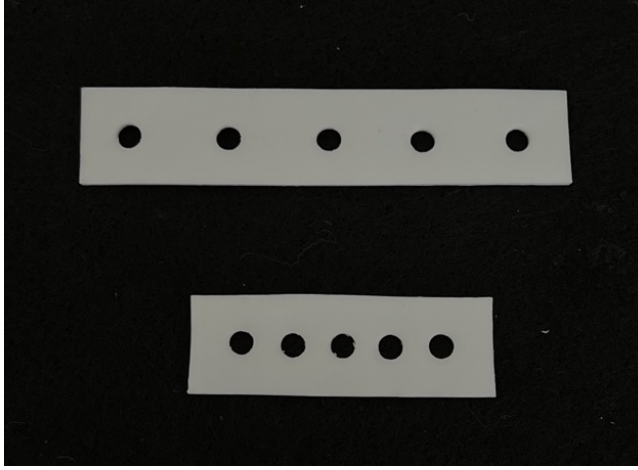


Şekil 3.3.1: Çalışmada kullanılan multivitaminler

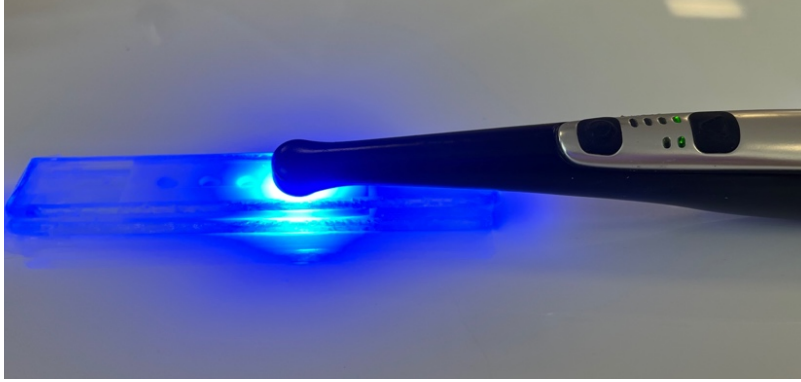
3.4. Kompozit Örneklerin Hazırlanması ve Gruplandırılması

Her bir vitamin solüsyonu için ve kontrol grubu için 10 ($n= 10$) adet olacak şekilde her bir kompozit rezinden 40 adet ve toplamda 200 adet ($N= 200$) disk şeklinde örnek hazırlandı.

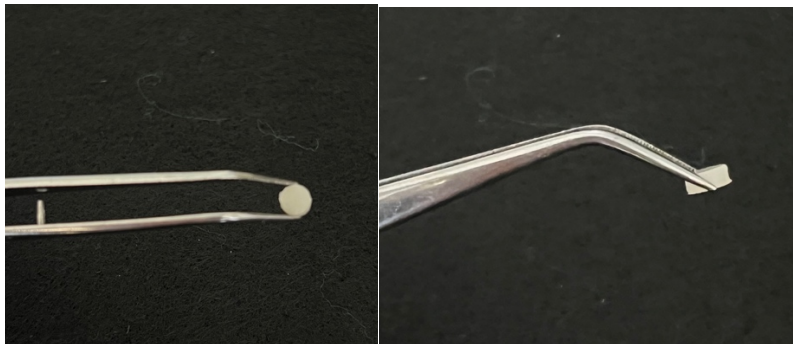
Tüm kompozit örnekler beş mm çapında ve iki mm kalınlıkta hazırlanmıştır. Örnekler hazırlanırken teflon kalıp, bir parça çift yüzü yapışkan bant kullanılarak yarı saydam polyester şerit (Mylar Tip D, DuPont, DE, ABD) üzerine sabitlendi. Hazırlanacak rezin kompozit kalıba yerleştirildi. Teflon kalıbın üst kısmı başka bir yarı saydam polyester şerit ile korundu. Rezin kompozit LED ışık cihazı (Valo Ultradent Products, UT, ABD) 1200 mW/ cm² yoğunluk ayarında kullanılarak üst yüzeyden 20 saniye polimerize edildi. Işık cihazının başlığı, kütleme esnasında numune yüzeyine olan mesafeyi standardize etmek için mylar strip bant ile doğrudan temas halinde tutuldu. Işık cihazının çıkış gücü her beş polimerizasyonda bir kontrol edildi.



Şekil 3.4.1: Numunelerin hazırlanmasında kullanılan teflon kalıplar



Şekil 3.4.2: Kompozit rezin örneklerin polimerize edilmesi



Şekil 3.4.3: Disk şeklinde hazırlanmış kompozit rezin örnekler



Şekil 3.4.4: Omnichroma ile hazırlanan örnekler



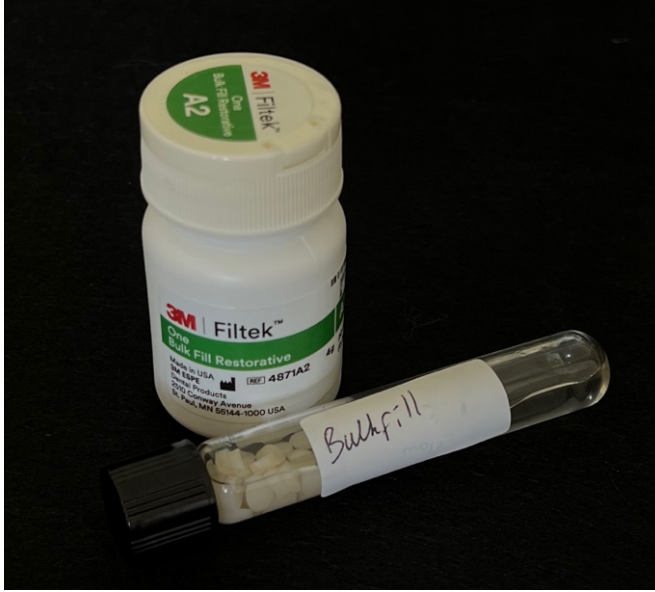
Şekil 3.4.5: Ruby CompNano ile hazırlanan örnekler



Şekil 3.4.6: Charisma Smart ile hazırlanan örnekler



Şekil 3.4.7: Ruby Flow ile hazırlanan örnekler



Şekil 3.4.8: Filtek One BulkFill ile hazırlanan örnekler

Hazırlanan toplam 200 örnek distile suda 24 saat bekletildi. İlk renk ölçümleri örnekler distile suda bekletildikten sonra yapıldı.

İlk ölçümlerden sonra kompozit örnekler kullanılacak farklı solüsyonlara göre gruplandırıldı. Hazırlanan kompozit örnekler her grupta örnek sayısı 10 olacak şekilde 4 gruba ayrıldı (n=10). Bir grup kontrol grubu olarak belirlendi. Toplamda 20 alt grup oluşturuldu.

GRUPLAR	Sambucol Plus	Supradyn	Youplus C vitamini	Kontrol
Ruby CompNano	RBC- SMB	RBC- SPR	RBC- YPL	RBC- KNT
Omnichoroma	OMC- SMB	OMC- SPR	OMC- YPL	OMC- KNT
Filtek One Bulkfill	FBL- SMB	FBL- SPR	FBL- YPL	FBL- KNT
Charisma Smart	CHR- SMB	CHR- SPR	CHR- YPL	CHR- KNT
Ruby Flow	RBF- SMB	RBF- SPR	RBF- YPL	RBF- KNT

Tablo 3.4.1: Kompozit örnekler ve vitamin solüsyonları ile oluşturulan gruplar



Şekil 3.4.9: Kompozit rezin örneklerin gruplandırılması

3.5. Solüsyonların Hazırlanması ve Uygulama Prosedürü

Bu çalışmada multivitaminlerin gerçek tüketimlerini simüle etmek için örnekler 28 günlük toplam süre boyunca, efervesan tablet kullanılarak üretici firmaların talimatlarına uygun olarak 200 ml su ile hazırlanmış solüsyonlarda, 24 saatlik aralıklarla günde 2 dk. süreyle bekletildi. Her solüsyona daldırma döngüsünden sonra, numuneler distile su ile durulanarak bir sonraki döngüye kadar distile suda saklandı. Solüsyonlar her daldırma işleminden hemen önce yeniden hazırlandı. Kontrol grubundaki örnekler tüm deney boyunca (28 gün) distile suda bekletildi ve günlük olarak distile su yenilendi. Her disk şeklindeki örnek için ilk ölçümlere ek olarak 14. ve 28. günlerde renk ölçümleri yapıldı.



Şekil 3.5.1: Solüsyonların hazırlanması (sırasıyla Supradyn, Sambucol, Youplus)

3.5.1 Solüsyonların pH Ölçümlerinin Yapılması

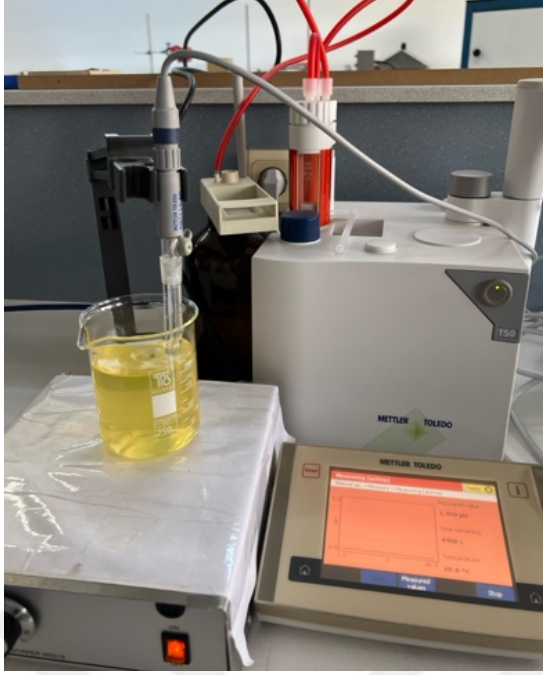
Multivitamin solüsyonların pH ölçümleri Mettler Toledo T50 pH metre (Mettler-Toledo Greisensee, İsviçre) ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda yapıldı.



Şekil 3.5.1.1: Sambucol solüsyonunun pH ölçümü



Şekil 3.5.1.2: Supradyn solüsyonunun pH ölçümü



Şekil 3.5.1.3: Youplus solüsyonunun pH ölçümünün yapılması

3.6. Renk Ölçümleri

Renk ölçümü için bir klinik spektrofotometre (VITA Easysshade V, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) kullanıldı (Şekil 3.6.1).



Şekil 3.6.1: Çalışmada kullanılan renk ölçüm cihazı

Standart ve koyu bir zemin üzerine kompozit diskler yerleştirildi. Renk ölçümü için spektrofotometrenin tek diş modu seçilerek tüm ölçümler disklerin üst yüzeylerinin orta bölgesinden yapıldı. Ölçümlerde International Commission on Illumination (CIE)

L*a*b* Sistemi esas alındı. Spektrofotometre, üreticinin talimatlarına uygun olarak standardize edildi. Her numune için üç tekrarlı okuma yapıldı ve ortalama L*, a* ve b* değerleri elde edildi. Renk ölçümleri çalışmanın 14. ve 28. günlerinde aynı şekilde tekrarlandı ve elde edilen değerler kaydedildi. Ölçümler örnekler solüsyonlardan çıkarılıp distile su ile durulandıktan ve kurutma kağıdı ile hafifçe kurutulduktan sonra yapıldı. Ölçümlerin ardından ΔE_{00} formülü kullanılarak renk değişim değerleri hesaplandı:

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

ΔL^* , ΔC^* ve ΔH^* sırası ile parlaklık, doygunluk ve ton değerlerini vermektedir. R_t ise doygunluk ve ton değerleri arasındaki etkileşimi verir. K_L , K_C ve K_H parametrik değerlerdir ve 1 olarak belirlenmiştir. 50%: 50% klinik olarak kabul edilebilirlik eşik değeri $\Delta E_{00} \geq 1.8$ olarak alınmıştır (170).

3.7. İstatistiksel Analiz

ΔE_{2000} değerlerinin normal dağılıma uyup uymadığı Shapiro Wilk testi kullanılarak ve veriler tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) kullanılarak analiz edildi. Post-hoc karşılaştırmalar için Tukey testleri kullanıldı. Tüm testler IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, ABD) paket programı ile yapıldı. İstatistiksel analizler için anlamlılık önem düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlendi.

4.BULGULAR

Çalışmamızda üç farklı multivitamin efervesan tabletin dört farklı tipteki kompozit rezinin renk parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda test edilen multivitamin efervesan tabletlerin ve kullanılan kompozit rezinlerin renk parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı değişikliklere neden olduğu ve 28 günlük artırılmış bekletme süresinin renklenmeleri artırdığı saptanmıştır (Bkz: Tablo 4.1).

Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Renklendirme süresi	1.58	1	1.575	5.63	0.019
Renklendirme süresi * Vitamin	11.48	3	3.825	13.68	<.001
Renklendirme süresi * Kompozit	11.74	4	2.936	10.50	<.001
Renklendirme süresi * Vitamin * Kompozit	25.37	12	2.114	7.56	<.001
Residual	40.83	146	0.280		

Note. Type 3 Sums of Squares

Tablo: 4.1: Renklenme bulgularının değişen faktörlere bağlı karşılaştırılması

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezin örneklerin 14 gün solüsyonlarda bekletme sonrası renk değişim değerleri ΔE_{000} (başlangıç, renk ölçümü-14 günlük renklendirme sonrası renk ölçümü) ve 28 gün solüsyonlarda bekletme sonrası renk değişim değerleri ΔE_{001} (başlangıç, renk ölçümü-28 günlük renklendirme sonrası renk ölçümü) olarak kaydedilmiştir. Renklendirme süresinin 28 güne çıkarılması materyallerdeki renklenmeleri artırmıştır ($p= 0,019$) (Bkz: Tablo 4.1).

Vitaminler kendi aralarında değerlendirildiğinde SMB ile SPR ve YPL grupları arasında anlamlı fark varken SMB ve KNT grubu arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. SPR ve YPL ise hem birbirleriyle hem SMB hem de KNT grubuyla anlamlı bir farklılık göstermiştir (Bkz: Tablo 4.2).

Post Hoc Comparisons - Vitamin

Comparison		Mean Difference	SE	df	t	Ptukey
Vitamin	Vitamin					
1 SMB	- 2 SPR	-1.384	0.1148	146	-12.06	<.001
	- 3 YPL	-1.989	0.0994	146	-20.02	<.001
	- 4 KNT	0.201	0.1030	146	1.95	0.212
2 SPR	- 3 YPL	-0.605	0.1128	146	-5.36	<.001
	- 4 KNT	1.585	0.1160	146	13.66	<.001
3 YPL	- 4 KNT	2.190	0.1008	146	21.73	<.001

Tablo 4.2: Multivitamin efervesan solüsyonların sonuçlarının birbirleriyle karşılaştırılması

Hem 14. hem de 28. günler değerlendirildiğinde en fazla renk değişikliği YPL (14. gün $\Delta E_{00}=3.30$, 28. gün $\Delta E_{00}=4.10$) gruplarında izlenmiş ve bunları sırasıyla SPR ve SMB grupları izlemiştir (Bkz: Tablo 4.3).

ΔE_{00} ortalama ve standart sapma değerleri		14.Gün ΔE_{00} ortalama	14.Gün ΔE_{00} standart sapma	28.Gün ΔE_{00} ortalama	28.Gün ΔE_{00} standart sapma
Kompozit	RBC	1.33	0.774	1.27	0.518
	OMC	3.89	1.24	3.55	1.61
	FBL	3.62	2.43	4.42	3.47
	CHR	2.09	0.722	1.93	0.937
	RBF	1.12	0.646	1.51	0.643
Vitamin	SMB	1.73	1.35	1.69	0.954
	SPR	3.11	1.25	3.02	1.55
	YPL	3.30	2.40	4.10	3.26
	KNT	1.55	0.866	1.48	0.724

Tablo 4.3: Multivitamin efervesan solüsyonların ve kompozitlerin 14. ve 28. günlerdeki ΔE_{00} ortalama ve standart sapma değerleri

Solüsyonlarda bekletme süresinden bağımsız olarak kompozitlerin renk değişimleri kendi aralarında değerlendirildiğinde RBC; OMC, FBL ve CHR grupları ile anlamlı bir farklılık gösterirken ($p<0,001$), RBF ile arasında anlamlı bir farklılık izlenmemiştir ($p=1.000$). Ayrıca OMC ve FBL arasında da anlamlı bir farklılık ($p=0,858$) izlenmezken diğer kompozit örnekler arasında anlamlı farklılık izlenmiştir ($p= 0,019$) (Bkz. Tablo 4.4).

Post Hoc Comparisons - Kompozit						
Comparison		Mean Difference	SE	df	t	Ptukey
Kompozit	Kompozit					
1 RBC	- 2 OMC	-2.57348	0.124	146	-20.7741	<.001
	- 3 FBL	-2.69197	0.114	146	-23.5773	<.001
	- 4 CHR	-0.70267	0.124	146	-5.6723	<.001
	- 5 RBF	-0.00504	0.118	146	-0.0426	1.000
2 OMC	- 3 FBL	-0.11849	0.119	146	-0.9940	0.858
	- 4 CHR	1.87081	0.129	146	14.5552	<.001
	- 5 RBF	2.56844	0.123	146	20.8554	<.001
3 FBL	- 4 CHR	1.98930	0.119	146	16.6875	<.001
	- 5 RBF	2.68693	0.113	146	23.6963	<.001
4 CHR	- 5 RBF	0.69763	0.123	146	5.6647	<.001

Tablo 4.4: Kompozit örneklerin sonuçlarının karşılaştırması

14 günlük renklendirme sonuçları değerlendirildiğinde kompozitler arasında en fazla renk değişimi OMC grubunda izlenmiş ($\Delta E_{00} = 3,89$) ve bunu sırasıyla FBL, CHR, RBC ve RBF grupları takip etmiştir (Bkz Tablo 4.3).

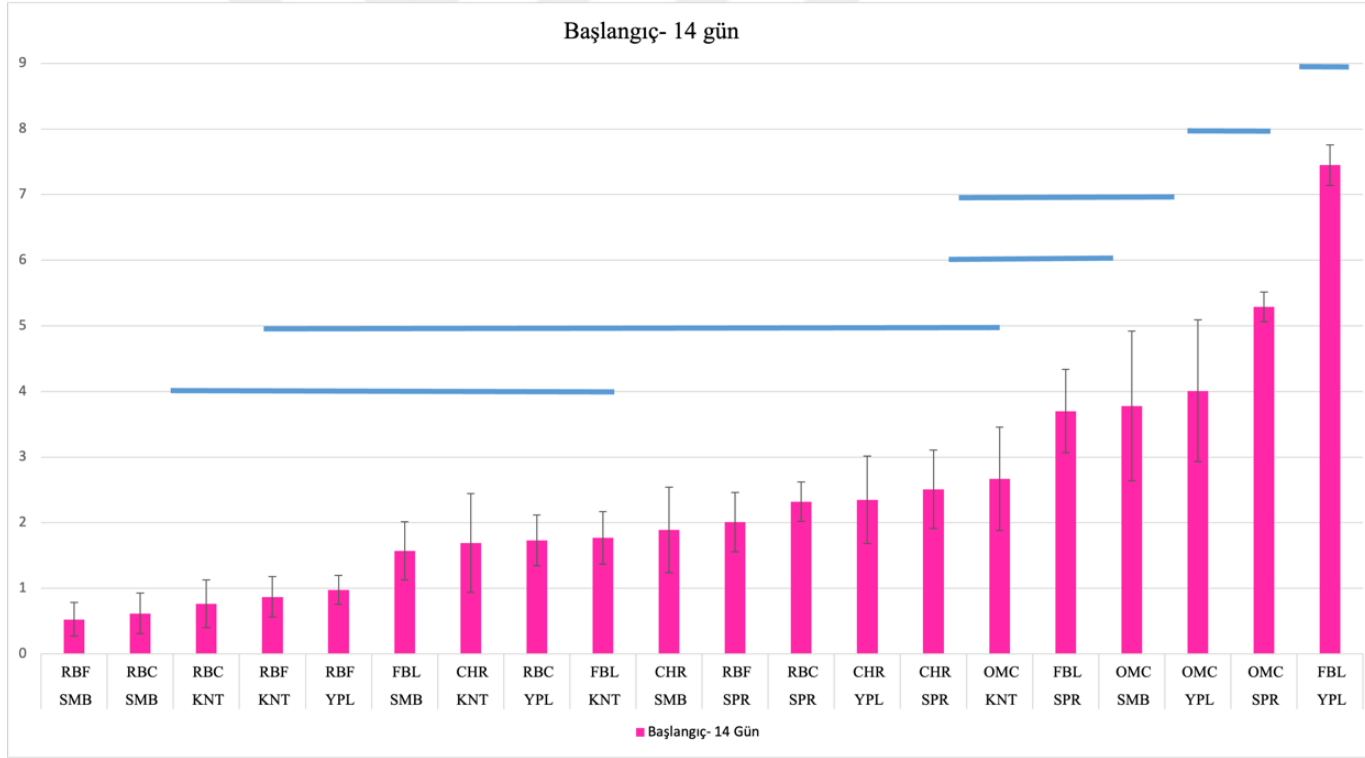
28 günlük renklendirme sonuçları değerlendirildiğinde kompozitler arasında en fazla renk değişimi FBL grubunda izlenmiş ($\Delta E_{00} = 4,42$) grubunda izlenmiş ve bunu sırasıyla OMC, CHR, RBF ve RBC takip etmiştir (Bkz. Tablo 4.3).

Kompozit örnekler ve vitamin solüsyonları beraber değerlendirildiğinde 14. ve 28. günlerde en fazla renk değişimi FBL- YPL gruplarında izlenirken bunu OMC- SPR grupları takip etmiştir (Bkz. şekil 4.3).

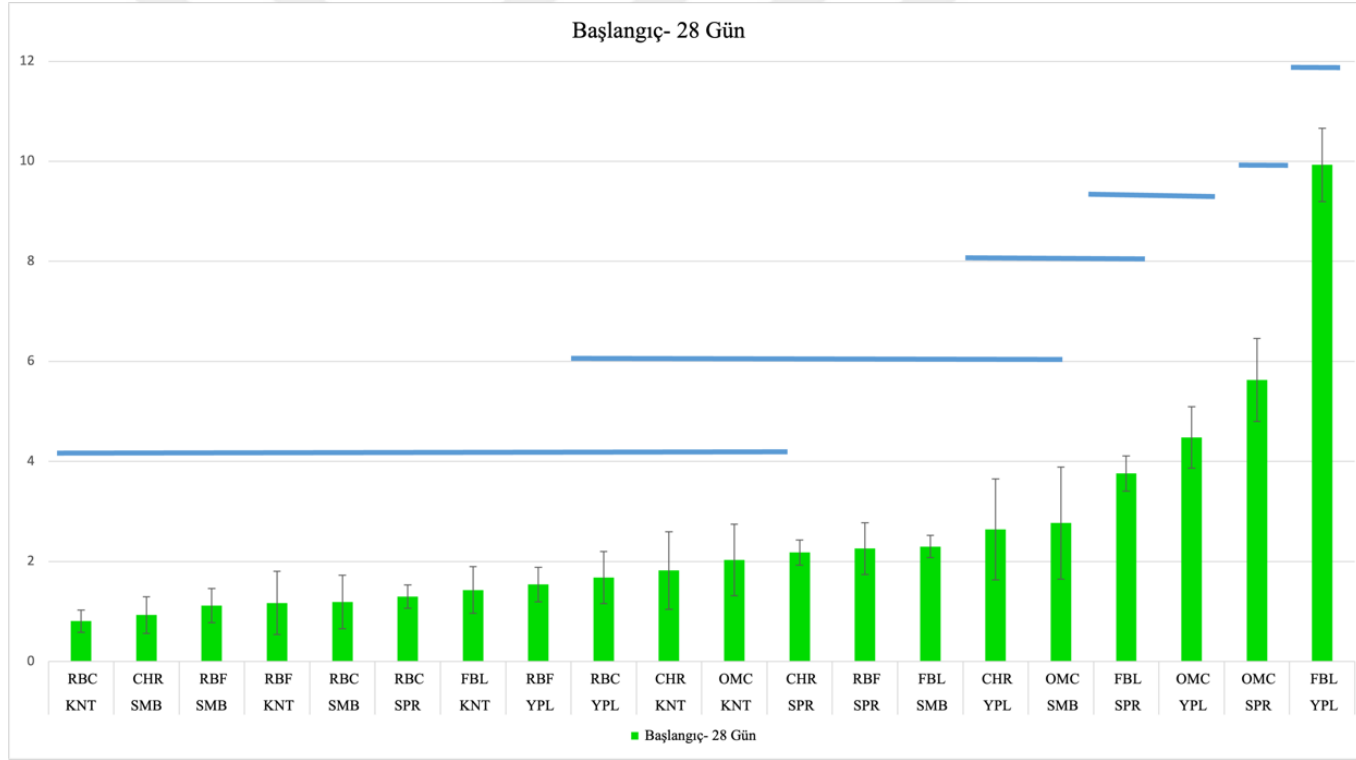
Çalışmamızda test edilen kompozit örneklerinde meydana gelen renk değişimleri incelendiğinde değişimlerin genel olarak klinik olarak fark edilebilir renk değişim

değeri olan 1.8' den küçük olduğu görülmüş ancak YPL de bekletilen tüm kompozit gruplarında her iki zaman noktasında da klinik olarak fark edilebilir renk değişimlerinin olduğu saptanmıştır. (Bkz. şekil 4.4, şekil 4.5)

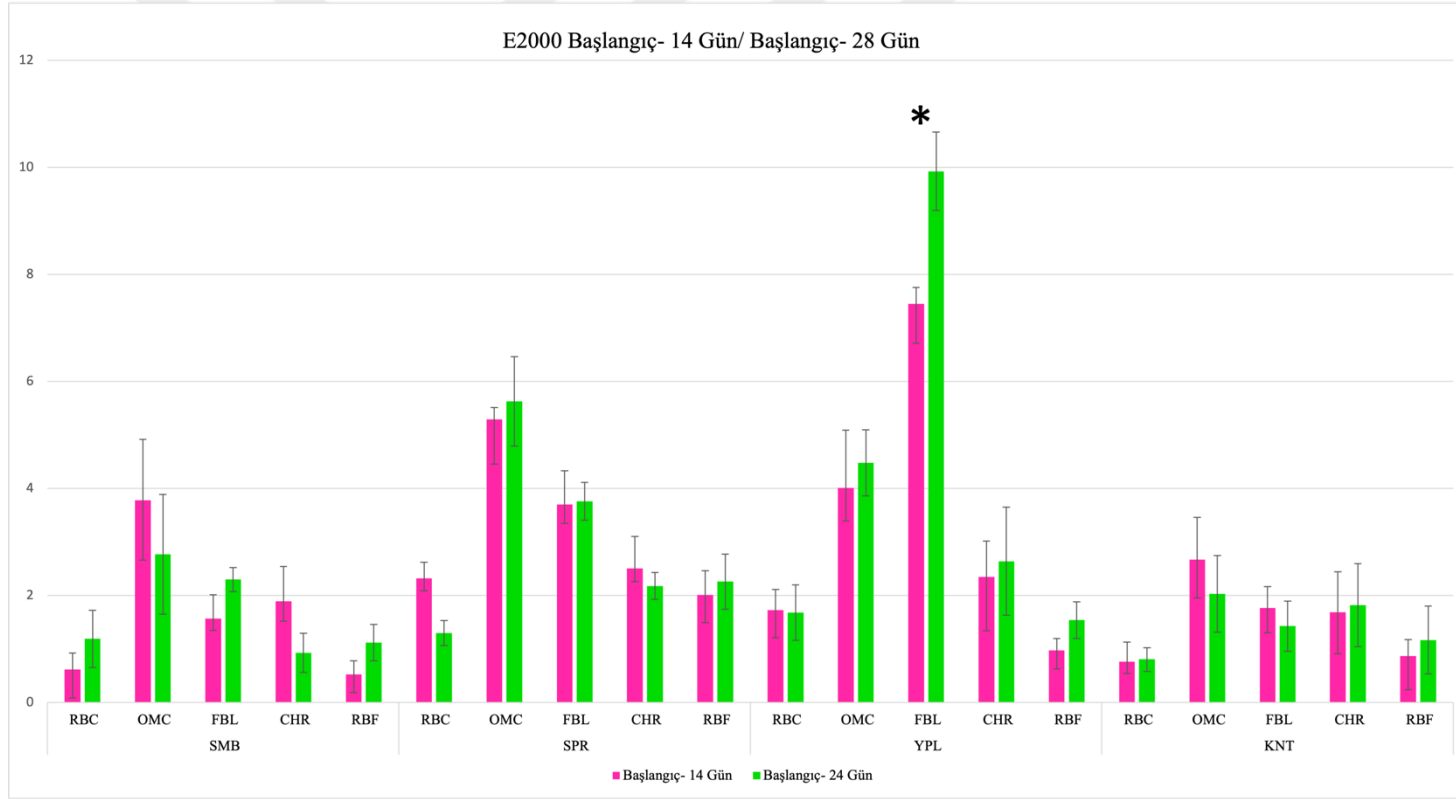




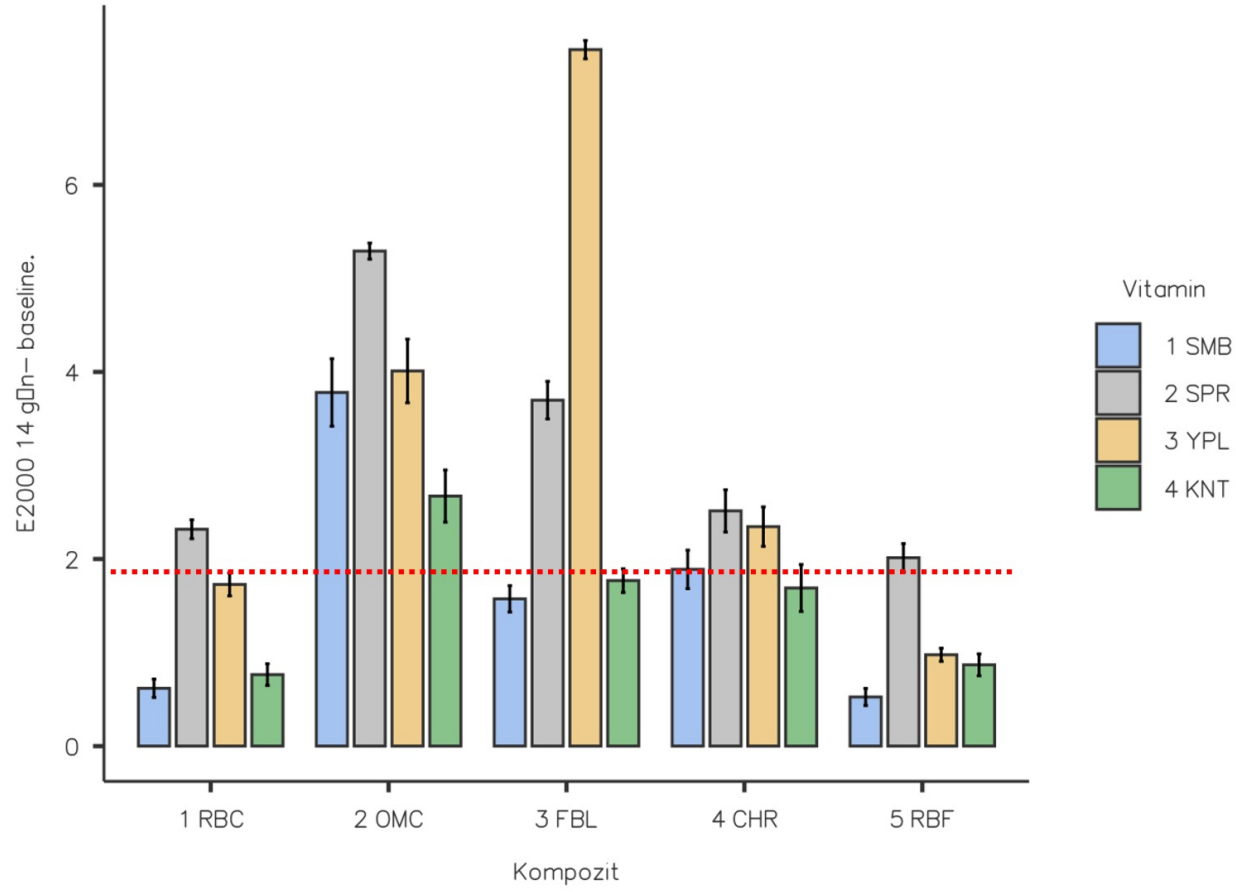
Şekil 4.1: 14 Günlük solüsyonda bekletme sonrası kompozit örneklerde meydana gelen renk değişimi. Aynı mavi çizgi altında kalan tüm gruplar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir.



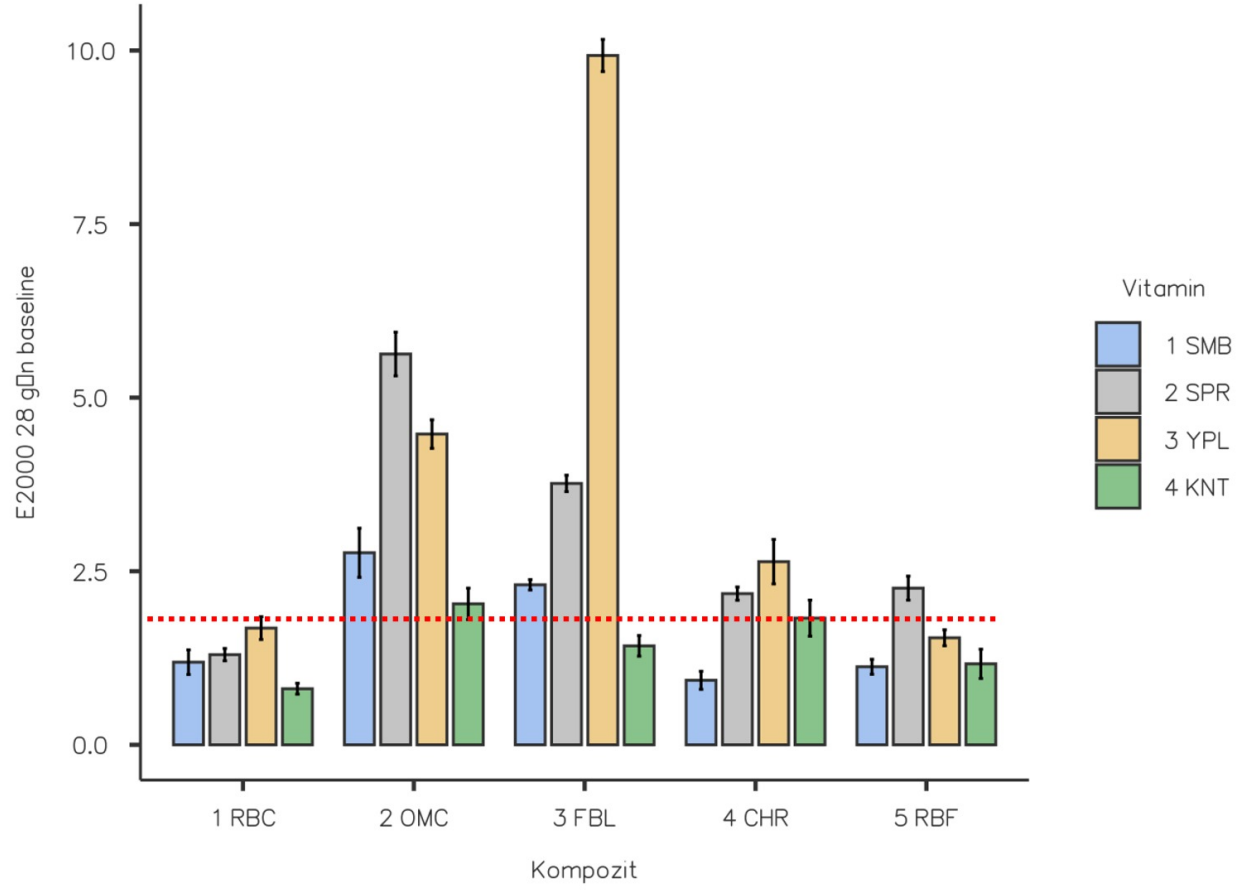
Şekil 4.2: 28 günlük solüsyonda bekletme sonrası kompozit örneklerde meydana gelen renk değişimi. Aynı mavi çizgi altında kalan tüm gruplar istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir.



Şekil 4.3: 14. ve 28. günlerde saptanan renk değişimlerinin karşılaştırılmalı grafiği



Şekil 4. 4: 14 günlük ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4. 5: 28 günlük ΔE_{00} değerlerinin karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Başarılı ve uzun klinik ömürlü estetik restorasyonlar için renk uyumu ve renk stabilitesi en önemli parametrelerdendir (171). Yapılan çalışmalar özellikle ön bölge restorasyonlarda meydana gelen renk değişimlerinin kompozit rezin restorasyonların değiştirilmesindeki en önemli nedenlerden birisi olduğunu göstermiştir (172). Kompozit rezin materyalin organik matriksi, partiküllerinin yapısı ve boyutu, uygulanan bitirme ve cila işlemleri, pürüzsüzlük derecesi, su emilim özellikleri, renklenmeye neden olan solüsyonun türü ve kompozit materyalle olan temas süresi gibi pek çok faktör renk değişimi üzerinde etkilidir (173).

Bu tez çalışmasında multivitamin efervesan tabletlerin güncel kompozit rezinlerin renk değişimleri üzerindeki etkileri in vitro olarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar renk değişimlerinin materyal ve efervesan tablete bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda test edilen zaman aralıklarının renk değişimleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür.

Kompozit rezinlerin polimerizasyonu sonucu örnek yüzeylerinde meydana gelen oksijen inhibisyon tabakasının oluşması engellenmez veya oluşan tabaka uzaklaştırılmazsa önemli renk değişimlerine sebebiyet verebilir. Bu nedenle çalışmamızda polimerizasyondan sonra renk stabilitesini olumsuz etkilediği bilinen oksijen inhibisyon tabakasının oluşmasını engellemek ve düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla her iki yüzeyde de mylar strip bant kullanılarak, klinik senaryoyu tam olarak yansıtabilmek adına tek bir yüzeyden polimerize edilmiştir.

Çalışmamızda standardizasyonu sağlamak amacıyla ilave polimerizasyon yapılmamış ve her materyal üreticinin talimatları doğrultusunda yüksek ışık çıkış gücüne sahip bir LED ışık cihazı ile 20 sn. polimerize edilmiştir. Kompozit rezin materyallerde yapılan tam polimerizasyonun daha sonra meydana gelebilecek renklenmelerin önüne geçtiği ve ilave polimerizasyonun renklenmeleri azalttığı belirtilmiştir (140, 141, 174). Yetersiz polimerizasyonun meydana getirebileceği olası etkileri önlemek amacıyla çalışmamızda ışık çıkış gücü düzenli olarak kontrol edilmiştir.

Kompozit rezin materyallerin yüzeyi bitim ve cila işlemlerinde kullanılan malzemelerin aşındırıcı partiküllerinden etkilenir (175). Çalışmamızda bitirme ve cila işlemlerinin sonuçlar üzerindeki etkisini engellemek için örneklerin yüzeyine bitirme ve cila işlemleri yapılmamış sadece mylar strip kullanılarak ışıkla polimerize edilmiştir (176). Tavangar ve ark. distile suda beklettikleri bitime ve cila işlemi uygulanan ve uygulanmayan kompozit rezin örnekleri arasında pürüzlülük yönünden anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir (177). Farklı sistemlerle yapılan bitirme ve cila işlemlerine kıyasla mylar strip kullanılarak bitirilen yüzeylerde daha düşük pürüzlülük değerleri görülmüştür (178).

2 mm kalınlığındaki kompozit rezinlerin etkili bir şekilde polimerize olduğu ve 2 mm' den fazla kalınlığın yetersiz polimerizasyona neden olabileceği literatürde yer almaktadır (39). Bu sebeple çalışmada kullandığımız örnekler 2 mm kalınlığında ve renk ölçüm cihazının uç çapına uyacak şekilde 5 mm çapında hazırlanmıştır.

Rezin materyallerin, aynı koşullar altındaki polimerizasyon derinlikleri farklı renk tonlarında kullanıldıklarında farklılık göstermektedir. Polimerizasyon derinliğindeki değişiklik, restorasyonun bitim özelliklerini etkilemektedir. Omnichroma yapısı gereği tek renk bir materyaldir. Restoratif diş tedavisi uygulamalarında A2 kompozit renk tonu en çok kullanılan renk çeşitlerinden bir tanesidir. Restoratif materyallerin renk değişikliğine bağlı oluşabilecek farkları en aza indirmek için Omnichroma dışındaki materyallerimizin tamamı A2 renk tonunda seçilmiştir (179).

Çalışmamızda renk değişimi ölçümü için klinik bir spektrofotometre olan Vita Easyshade V (Vita Easyshade V, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) kullanılmıştır. Materyallerde meydana gelen renk değişimlerinin ölçümü için spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihazların kullanımının renk değişiminin tespitinde başarılı sonuçlar verdiği daha önce yapılan çalışmalarla gösterilmiş olsa da (180) spektrofotometrenin kolorimetreye göre daha güvenilir bir ölçüm aracı olduğu belirtilmektedir (122).

Renk ölçümü yapılan arka plan yüzey renginin ve ortam aydınlatmasının ölçümler üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir (181). Bu sebeple çalışmamızda renk ölçümleri gün ışığı almayan bir odada standart aydınlatma koşulları altında ve koyu bir zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Literatürde renk ölçüm sistemleri içinde diş hekimliği alanında en çok tercih edilen sistemler Munsell ve CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) L*a*b* renk sistemleri olarak belirtilmiş ve renk farkı (ΔE) değerlerinin tespiti için birçok araştırmada kullanılmıştır (182). Renk farklılıklarının tespit edilmesinde ΔE_{ab} veya ΔE_{00} formülleri kullanılabilir. Diş hekimliği alanındaki renk değişimlerinin incelenmesinde ΔE_{00} formülünün kullanılmasının daha başarılı olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle güncel literatürde CIEL_{ab} koordinatlarını kullanan CIEDE200 sistemi sıklıkla kullanılmaktadır. Sistemde ΔE_{00} eşik değerleri ΔE_{ab} 'ye göre daha düşüktür ve sonuçlar insan gözü değerlerine daha yakın olarak bulunmuştur (114, 183). Mevcut çalışmada renk analizinde CIEDE200 sistemi kullanılmıştır.

Renklenmiş bir restorasyondaki renk farkının tespit edilebilmesi algılanabilirlik, bu renk farkının klinik olarak kabul edilebilir seviyede olması da kabul edilebilirlik olarak tanımlanır (184, 185). Paravina ve ark. (170) ISO/TR 28642:2016 standartlarına göre renk değişimi için eşik değerleri algılanabilirlik değeri için 0.8; kabul edilebilirlik değeri için ise 1.8 olarak saptamışlardır.

Literatürde çay, kahve, kola, kırmızı şarap gibi dünya genelinde tüketimi yaygın olan ve renklenmeye neden olabilecek içeceklerin kompozit rezin materyaller üzerindeki renk değişimi etkilerini inceleyen birçok araştırma mevcuttur (186, 187). Bazı çalışmalarda kahvenin daha fazla renklenmeye neden olduğu belirtilirken (141, 151, 188, 189), aksine çayın kahveden daha fazla renklenme yapabileceğini belirten çalışmalar da mevcuttur (190, 191).

Llena ve ark., farklı restoratif materyallerin renk değişimi üzerine kırmızı şarap, kahve, kola ve distile suyun etkilerini araştırdıkları çalışmalarında tüm içeceklerin test edilen materyallerde klinik olarak kabul edilebilir sınırın üzerinde renklenmeye neden olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre en fazla renklenmeye neden olan içecek kırmızı şarap olurken bunu kahve ve kola takip etmiştir (192).

Ertaş ve ark. kahve ve çayda bekletilen kompozit rezin örneklerin klinik olarak kabul edilemez renk değişimi sergilediklerini bulmuşlardır (151). Çelik ve ark. kompozit rezin örnekleri 7 gün boyunca günde üç saat olacak şekilde çay ve kahvede

bekletmişler ve 7.günden itibaren klinik olarak kabul edilemez renk değişimi görüldüğünü söylemişlerdir (193).

Falkensammer ve ark. kırmızı şarabın en fazla renklenme yaptığını ve bunu siyah çayın takip ettiğini söylemişlerdir. Kırmızı şarapta bekletilen kompozit rezinde meydana gelen değişikliğin fazla olmasının nedenini kırmızı şarabın asit yapısının yanında içerisindeki pigmentlerde zamanla meydana gelen değişimlere bağlamışlardır (142).

Barutcugil ve ark. çalışmalarında renklenmeye en fazla neden olan solüsyonun kırmızı şarap olduğunu ve bunu sırasıyla kahve, çay, kola ve distile suyun izlediğini bildirilmişlerdir (140).

Literatürde yukarda belirtilen renklendirici ajanlarla ilgili çok sayıda çalışma yapılmış olsa da sağlığa verilen önemin her geçen gün arttığı günümüzde günlük hayatta sıkça ve düzenli olarak kullanılan efervesan vitaminlerin kompozit rezinler üzerindeki olası renklendirici özellikleri yeterince araştırılmamıştır.

Yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde efervesan formunda kullanılan gıda takviyelerinin kullanım şekli ve sıklığına bağlı olarak diş erozyonuna yol açabileceği görülmüştür (194, 195). Bunun yanında bazı efervesan tabletlerin düşük pH seviyeleri ve yüksek titre edilebilir asitlikleri nedeniyle rezin bazlı materyaller üzerinde bazı yüzey değişikliklerine neden olabilecekleri de bildirilmiştir (196). Bu tez çalışmasında efervesan formundaki multivitamin tabletlerin farklı rezin bazlı kompozit materyallerde meydana getirdikleri renk değişimleri incelenmiştir.

Ağız ortamı, şartların karmaşıklığı ve birçok parametrenin etkili olması nedeniyle taklit edilmesi zor bir test ortamıdır. Ağız ortamının taklit edildiği in vitro modeller, biyolojik bozulmanın mekanizmasını anlamak için oldukça önemlidirler (197). Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin ağız içerisinde uzun süre ve etkin şekilde fonksiyon görmeleri beklenmektedir. Ancak restoratif materyaller bunları negatif yönde etkileyebilecek çeşitli kimyasal ajanlar, ilaçlar, pH değişimleri, sıcaklık değişimleri gibi faktörlerle temas halindedir (198). Bunların sebep oldukları etkileri simule eden in vitro modeller, kompozitlerin FDA tarafından gıdaları taklit eden solüsyonlar olarak belirlenen, belli çözücüler içinde bekletilmesi yoluyla oluşturulabilir (199). Sitrik asit, heptan, etanol-su ve distile su bu solüsyonlar

arasındadır (200). Literatürde yaygın olarak yer aldığı gibi bu tez çalışmasında da standardizasyonu sağlamak amacıyla kontrol grubu olarak distile su kullanılmıştır (172, 201).

Restorasyonlarda gözlenen renk değişimlerinin en önemli sebeplerinden biri de restorasyonun renklendirici solüsyona maruz kalma süresidir. Bir fincan kahvenin ortalama 15 dakikada tüketileceği ve bir kişinin günde ortalama 3,2 fincan kahve içtiği düşünülerek örnekleri 24 saat, bir hafta ve bir ay solüsyonlarda bekletmenin sırasıyla bir aylık, 7 aylık ve iki buçuk yıllık tüketime karşılık geleceği belirtilmiştir (151, 181, 188, 202). Uzun vadeli simüle edilmiş protokoller ile kompozit rezin materyallerin renk ve yüzey özelliklerinin değişimi tespit edilebilir. Bunun yanında literatürde kompozit materyallerin vitamin takviyeleri ile işleme tabi tutulmasıyla ilgili standart bir protokol bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında multivitamin efervesan tabletlerin günlük kullanımını taklit etmek amacıyla kompozit rezin örnekler 28 gün boyunca günde 2 dakika süreyle üretici firmanın önerdiği şekilde hazırlanan taze solüsyonlara daldırıldı (203).

Test edilen efervesan tabletler piyasada kolaylıkla bulunabilen reçetesiz alınabilen, günlük kullanıma uygun ürünler arasından seçilmiştir. Kullanılan multivitaminlerden YPL (204); L-askorbik asit, çeşitli asitlik düzenleyiciler, saf propolis, tatlandırıcı olarak izomalt, aspartam, asesülfam K, renklendirici olarak karotenler ve limon aroması içermektedir. SPR (205); L- askorbik asit, asitlik düzenleyiciler, renklendirici olarak karotenler, pancar kökü kırmızısı, tatlandırıcı olarak aspartam, çarkıfelek meyvesi ve portakal aroması içerir. SMB (206) ise L Askorbik asit, asitlik düzenleyiciler, renklendirici olarak pancar kökü kırmızısı, tatlandırıcı olarak sukraloz, çilek ve ahududu aroması, kara mürver ekstresi (meyve) içermektedir.

Çalışmamızın H₀₁ hipotezi olan farklı efervesan multivitamin tabletlerin kompozit rezinlerin renk değişimi üzerinde etkisi yoktur şeklindeki önermesi reddedilmiştir. 14. ve 28. günlerdeki renk değişimleri incelendiğinde en fazla renk değişimi YPL gruplarında izlenmiş (p<0,001) ve bunları sırasıyla SPR ve SMB grupları izlemiştir.

YPL' nin daha fazla renklenmeye neden olması bu multivitaminin daha düşük pH seviyesine sahip olmasına bağlanabilir. Bekletme solüsyonlarının pH seviyesi restoratif materyallerin yüzey yapısına zarar verebilir. Test edilen multivitaminlerin

pH bilgileri üreticiler tarafından belirtilmemiştir. Bu nedenle, her çözeltinin pH değeri Mettler Toledo T50 pH metre kullanılarak ölçülmüş, solüsyonların pH değerleri SMB için 4,4; SPR için 4,5; YPL için 3,9 olarak kaydedilmiştir. En düşük pH değerine sahip YPL grubunun en fazla renklenmeye sebep olduğu yönündeki bu bulgu başka asidik renklendirici solüsyonlarla gerçekleştirilmiş daha önceki çalışmaları da destekler niteliktedir (197, 207-209). YPL ve SPR multivitamin solüsyonlarında kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir renk farkı gözlenirken OMC multivitamin solüsyonunda kontrol grubuyla benzer bir renk farklılığının oluşması multivitamin solüsyonlarının içeriğinde yer alan farklı renklendirici ajanlardan kaynaklanıyor olabilir.

Asidik solüsyonlar kompozit rezin materyaller üzerinde yüzey bozulmasına neden olarak yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadırlar (208). Düşük pH ve alkole bağlı olarak kompozit restorasyonların yüzeylerinde bozulma meydana gelebileceği ve dolayısıyla renklenmeye neden olabileceği de belirtilmektedir (152). Daha pürüzlü ve bozunmuş bir yüzey, pigmentlerin emilimine daha uygundur ve bu durum daha fazla renklenmeye neden olmaktadır (210-212). Çelik ve ark. yaptıkları çalışmada kırmızı şarabın (pH: 3,28) yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olduğunu bulmuşlardır. Ancak kola daha düşük pH'a sahip olmasına rağmen daha düşük yüzey pürüzlülüğü göstermiştir (193). Bir solüsyonun aşındırıcı etkisinin sadece düşük pH değerine bağlı olmadığı; aynı zamanda mineral içeriği ve tamponlama kapasitesine bağlı olarak değiştiği literatürde mevcuttur (213, 214).

H₂O₂ hipotezi olan farklı efervesan multivitamin tabletlerin oluşturacağı renk değişiminin test edilen kompozit tipinden etkilenmeyeceği yönündeki önerme reddedilmiştir. Çalışmanın sonucunda en fazla renk değişimi FBL ve OMC gruplarında izlenmiş (p<0,001) ve bunları CHR, RBF ve RBC grupları takip etmiştir.

Çalışmamızda beş farklı kompozit rezin test edilmiştir. Supra- nanofil Omnichoroma, nanohibrit Ruby CompNano, submikrohibrit Charisma Smart, akıcı kompozit Ruby Flow ve bulk- fill kompozit Filtek One Bulkfill Restorative kompozit rezin materyalleri kullanılmıştır. Omnichroma UDMA ve TEGDMA, Ruby CompNano Bis-GMA, Charisma Smart, TEGDMA, Ruby Flow metakrilat polimerleri, Filtek One Bulkfill AUDMA ve UDMA monomerlerini içermektedir.

En fazla renk değişikliği FBL de meydana ($\Delta E_{000}= 3,62$; $\Delta E_{001}= 4,42$) gelmiştir. FBL esas olarak posterior bölgedeki derin kavitelerde kullanılmak üzere tasarlanmış bir bulk fill kompozittir. FBL grubundaki bu yüksek renklenme değeri materyalin beş mm kalınlığa kadar polimerize olmasına imkân tanıyan farklı organik yapısına bağlı olabilir. Bu nedenle meydana gelen renk değişiminin klinik sonuçları anterior bölgede sıkça kullanılan test ettiğimiz diğer kompozitler kadar estetik problemler kaynaklı restorasyon yenilenmelerine neden olmayabilir.

Cabadağ ve ark. 4 farklı bulk-fill kompoziti (Tetric EvoCeram Bulk Fill, SonicFill, Filtek Bulk Fill Posterior, Beautifil Bulk Restorative) ve geleneksel bir mikrohibrit kompozit rezini (Filtek Z250) kullandıkları çalışmalarında, kompozitleri önce 7 gün gıdaları taklit eden solüsyonda ardından 6 gün kahve solüsyonunda bekletmişlerdir. En yüksek ΔE değeri Beautifil Bulk Restorative grubunda bulmuşlardır. Diğer yandan nanodoldurucu yapısındaki kompozit materyallerin (Tetric EvoCeram Bulk Fill, Filtek Bulk Fill ve Sonic Fill) daha düşük renk değişimi göstermesi, küçük partikül yapısından kaynaklı daha pürüzsüz yüzey yapısı nedeniyle dışsal renklenmelere daha az duyarlı oluşuyla açıklanabilir (215).

Rezin içeriği ve aktivatör sisteminin renk stabilitesinde etkili olduğu, organik matriks oranındaki artışın daha fazla renklenmeye neden olduğu, makropartikll rezinlerde, mikropartikll rezinlere göre daha çok i renklenmeye rastlanıldığı, inorganik kısmın fazla, resin içeriğinin az olduğu durumlarda daha az renklenme izlendiği bildirilmiştir (135).

Kompozit materyallerdeki doldurucu partiküllerin boyut ve bileşimleri yüzey pürüzlülüğünü etkileyerek dışsal renklenmelerde belirleyici bir faktör haline gelebilirler. Kompozit rezinin yüzeyinde çeşitli nedenlerle uzaklaşmış olan büyük doldurucu partiküller geniş retansiyon alanları oluşturarak kromojen ajanların birikebileceği alanlar oluştururlar. Bu nedenle nano boyuttaki dolduruculara sahip kompozitlerde daha düzgün yüzeyler ve daha az yüzey renklenmesi beklenir (7). Nanodolduruculu resin kompozitlerde partikül boyutunun küçülmesi yüksek yüzey parlaklığı ve polisajlanabilirlik elde edilmesini sağlayarak restorasyonların estetik özelliklerinde olumlu etkiler sağlamaktadır (216).

Supra-nano dolduruculara sahip, UDMA ve TEGDMA monomerlerini içeren güncel bir tek renkli restoratif materyal olan OMC renk uyumu bakımından diğer tek renkli üniversal kompozit rezinlerden daha başarılı bulunmuştur (217). Akrilik dişler üzerinde çok renkli bir kompozit rezinle karşılaştırıldığında OMC' nin daha düşük bir renk uyumu gösterdiği tespit edilmiş ve renklenmeye daha yatkın olduğu bildirilmiştir (218). Yüksek su absorpsiyonu değerine sahip olan OMC' nin renklendirici solüsyonlarda bekletilmesinin karşılaştırıldığı diğer bir kompozite göre daha fazla renklendiği rapor edilmiştir (219). Ayrıca OMC' de reaksiyona girmemiş çift bağ metil gruplarının oksidasyonu ile ışık yansımasının zayıflamasına yol açan farklı OH-CH fonksiyonel gruplarının ortaya çıkabileceği gösterilmiştir (219). Bizim çalışmamızla da uyumlu olan bu veriler OMC matrisinde bulunan hidrofilik yapıdaki TEGDMA kimyasal bileşiminden kaynaklanmış olabilir.

Rezin kompozitlerin özellikleri monomer yapılarından etkilenmektedir. Bu materyallerin organik matrikslerinde en yaygın olarak yer alan monomer Bis-GMA'dır. Bu monomer yüksek moleküler ağırlık gösterir, akışkanlığı az, monomer dönüşüm derecesi düşüktür (220). Kompozit rezin materyaller içerisinde bulunan Bis-GMA, rijit ağ oluşumuna neden olur ve rezin materyallerin iskeletini oluşturur. Özellikle yüksek viskozitesinden dolayı kompozit rezin sistemlerinde matriks içerisine daha düşük molekül ağırlıklı TEGDMA ilavesi yapılmaktadır. Böylece rezin kompozitlerin monomer dönüşüm dereceleri ve akışkanlık özelliklerinde gelişme kaydedilmiş ancak su emilimlerinde de artış meydana gelmiştir (24). Kullanılan bir diğer monomer ise UDMA'dır. UDMA hidrofobiktir ve moleküler ağırlığı yüksektir. UDMA' nın daha az su emilimi gösterdiği bildirilmiştir (221). Bis- GMA içeren kompozit rezinlerin su emilimleri TEGDMA içeren kompozit rezinlerden daha az, UDMA ve Bis-EMA içeren kompozit rezinlerden daha yüksektir (222). Bis- GMA'nın viskozitesini düzenlemek için ilave edilen TEGDMA su emilimini artırır. %1'lik TEGDMA ilavesi Bis- GMA'nın su emilimini %6 oranında arttırmaktadır (141). TEGDMA'daki etoksi gibi hidrofilik gruplar su moleküllerine afinite gösterirler. Daha az TEGDMA, daha az renklenmeye neden olur (223).

Kompozit rezinlerin renk değişimlerini inceleyen bir çalışmada, mikrohibrit ve nanohibrit kompozit rezinlerin su, kola, hazır kahve, çay ve kırmızı şarap gibi

renklendirici solüsyonlardan etkilenmelerinde hidrofilik TEGDMA içeriklerinin belirleyici olduğu bildirilmiştir (151).

Çalışmamızda TEGDMA içermeyen RBF ve RBC materyallerinin daha az renk değişimi gösterdiği izlenmiştir (Bkz. Tablo 4.3). Güncel bir in vitro çalışmada TEGDMA monomeri içeren tek renkli kompozit OMC nin gruplar arasında en fazla renk değişikliği gösteren kompozit rezin olduğu ve bu sonucun TEGDMA monomeri kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (224). Çalışmamızda kullandığımız kompozitlerden OMC ve CHR kompozitleri TEGDMA içermektedir. Solüsyonlarda bekletme sonucunda OMC daha yüksek renk değişimi göstermesine rağmen CHR daha düşük değerlerde renklenme göstermiştir. Bu durum renk değişiminde sadece monomer yapısının değil aynı zamanda doldurucu oranları ve içeriğin de etkisinin olduğunu göstermektedir.

H03 hipotezi olan farklı multivitamin efervesan tabletlerin kompozit rezin örneklerde oluşturacağı renk değişimi üzerinde test edilen solüsyonlarda bekletme sürelerinin etkisi yoktur şeklindeki önerme reddedilmiştir.

Geraldo ve ark. nın farklı renklendirici gıdaların aynı kompozit rezinler üzerindeki renklendirici etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, distile suda bekletilen örneklerde renklenme açısından başlangıç ile 14. gün arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulmuşlardır (225). Çalışmamızda da kompozit rezin örneklerin 14 gün solüsyonlarda bekletme sonrası renk değişim değerleri ΔE_{000} ve 28 gün solüsyonlarda bekletme sonrası renk değişim değerleri ΔE_{001} olarak kaydedilmiştir. Renklendirme süresinin 28 güne çıkarılması materyallerdeki renklenmeleri artırmıştır ($p= 0,019$). Bu sonuç aynı etkene daha uzun süre maruz kalmanın materyal üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin de artmasına bağlanabilir.

Bu tez çalışmasında beş farklı kompozit rezinin üç farklı multivitamin efervesan tablet solüsyonu içerisinde bekletilmesi sonucunda oluşan renk değişimleri in vitro olarak araştırılmıştır. Klinik çalışmalar in vitro çalışmalara göre gerçek renklenme senaryosunu daha iyi yansıtabilir. Ancak bu süreçte tüm renklendirici faktörlerin arasında multivitamin efervesan tabletlerin meydana getirebileceği renk değişimlerinin tek başlarına incelenilmesi mümkün değildir. Bu süreçte ağız ortamındaki birçok faktör sonuçlar üzerinde etkili olabilir. Çalışma döngüsünün uygulanması ile bireylerin günlük hayatlarında restorasyonlarının maruz kaldığı

faktörler taklit edilmek istense de bunun tam olarak ağız ortamını yansıtamayacağını kabul etmek gerekmektedir.

Çalışmamızın bir diğer limitasyonu sınırlı sayıda kompozit rezinin ve sınırlı sayıda multivitamin efervesan tabletin kullanılmasıdır. Farklı içeriklere sahip kompozit rezin ve renklendirici vitamin solüsyonlarının kullanılması daha farklı sonuçlara neden olabilir.

Materyallerin yüzey özelliklerinde meydana gelen değişimlerin farklı metodlarla değerlendirilmesi efervesan tabletlerin meydana getirdiği renklenmelerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Sağlık ve estetik alanındaki güncel gelişmeler göz önünde bulundurulduğunda doğal koşulları yansıtabilecek, farklı materyallerle yapılmış yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

6.SONUÇ

Çalışmanın sınırlamaları dahilinde şu sonuçlar çıkarılabilir;

1. Günümüzde yaygın olarak tüketilen multivitamin efervesan tabletler kompozit rezinler üzerinde renklenmeye neden olabilmektedir. Test edilen vitaminler içerisinde en fazla renklenme yapan multivitamin efervesan tabletin YPL olduğu bulunmuştur. Hem 14. hem de 28. günler değerlendirildiğinde en fazla renk değişikliği YPL ($\Delta E_{000} = 3.30$, $\Delta E_{001} = 4.10$) gruplarında izlenmiş ve bunları sırasıyla SPR ve SMB grupları izlemiştir.
3. FBL ve OMC kompozit rezinlerinin multivitamin efervesan tabletlere maruz kaldıklarında renklenmeye daha yatkın oldukları bulunmuştur.
4. Solüsyonlarda bekletme süresinden bağımsız olarak kompozitlerin renk değişimleri kendi aralarında değerlendirildiğinde RBC; OMC, FBL ve CHR grupları ile anlamlı bir farklılık gösterirken ($p < 0,001$), RBF ile arasında anlamlı bir farklılık izlenmemiştir ($p = 1.000$). Ayrıca OMC ve FBL arasında da anlamlı bir farklılık ($p = 0,858$) izlenmezken diğer tüm kompozit örnekler arasında anlamlı farklılık izlenmiştir ($p < 0,001$).
5. 14 günlük renklendirme sonuçları incelendiğinde kompozitler arasında en fazla renk değişimi OMC grubunda izlenmiş ($\Delta E_{000} = 3.89$) ve bunu sırasıyla FBL, CHR, RBC ve RBF grupları takip etmiştir.
6. 28 günlük renklendirme sonuçları değerlendirildiğinde kompozitler arasında en fazla renk değişimi FBL (incelendiğinde kompozitler arasında en fazla renk değişimi OMC grubunda izlenmiş ($\Delta E_{001} = 4,42$) grubunda izlenmiş ve bunu sırasıyla OMC, CHR, RBF ve RBC takip etmiştir.
7. Kompozit örnekler ve vitamin solüsyonları beraber değerlendirildiğinde 14. ve 28. günlerde en fazla renk değişimi FBL- YPL gruplarında izlenirken bunu OMC- SPR grupları takip etmiştir.
- 8- 28 günlük renklendirme süreci, 14 günlük renklendirme periyodundan daha fazla renk değişimine neden olmuştur ($p < 0.019$)

KAYNAKLAR

1. Dayangaç B. Kompozit Rezin Restorasyonlar, Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara p. 2000:1-20.
2. Sulieman M, Addy M, Rees J. Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching. *Journal of dentistry*. 2003;31(6):415-22.
3. Roberson TM, Heymann H, Swift EJ. Art and science of operative dentistry. Mosby-Year Book; 1994.
4. Evran B, Bakır EP. Farklı estetik kompozit rezinlerin renk stabilitesi ve su emilimlerinin incelenmesi. *7tepe Klinik Dergisi*. 2023;19(1):46-52.
5. Fontes ST, Fernández MR, Moura CMd, Meireles SS. Color stability of a nanofill composite: effect of different immersion media. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17:388-91.
6. Evran UDB, Bakır ÖÜEP. Farklı estetik kompozit rezinlerin renk stabilitesi ve su emilimlerinin incelenmesi The investigation of color stability and water absorption.
7. Nasim I, Neelakantan P, Sujeer R, Subbarao C. Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of Dentistry*. 2010;38:e137-e42.
8. Genç G, Toz T. Rezin kompozitlerin renk stabilitesi ile ilgili bir derleme: Kompozit renklenmelerinin etyolojisi, sınıflandırılması ve tedavisi. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;38(2):68-79.
9. Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 1995;6(4):302-18.
10. Sturdevant CM, Barton RE, Brauer JC. The art and science of operative dentistry. (No Title). 1968.
11. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of dental research*. 1955;34(6):849-53.
12. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental materials*. 2011;27(1):29-38.
13. Cook WD. Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. *Journal of Dental Research*. 1980;59(5):800-8.
14. Forsten L. Curing depth of visible light-activated composites. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1984;42(1):23-8.
15. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *European journal of oral sciences*. 1997;105(2):97-116.
16. Bayne SC, Heymann HO, Swift Jr EJ. Update on dental composite restorations. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 1994;125(6):687-701.
17. Summitt J, Robbins J, Hilton T, Schwartz R, Dos Santos Jr J. Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach: Quintessence Pub. Chicago; 2006.
18. Uluakay M, Hüseyin İ, Yamanel K, Arhun N. Kompozit rezinler ve polimerizasyon büzülmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*. 2011;5(2):895-902.
19. Hervás García A, Lozano M, Cabanes Vila J, Barjau Escribano A, Fos Galve P. Composite resins: a review of the materials and clinical indications. 2006.
20. Moszner N, Klapdohr S. Nanotechnology for dental composites. *International Journal of Nanotechnology*. 2004;1(1-2):130-56.
21. Skinner E. Phillips RW Skinner's Science of dental materials. Saunders; 1982.

22. Sawase T, Wennerberg A, Hallgren C, Albrektsson T, Baba K. Chemical and topographical surface analysis of five different implant abutments. *Clinical oral implants research*. 2000;11(1):44-50.
23. Albers H. Placement and finishing. *Tooth-colored restoratives: Principles and Techniques* 9th ed London: BC Decker Inc, Hamilton. 2002:162-81.
24. Gajewski VE, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Brazilian dental journal*. 2012;23:508-14.
25. Monte Alto RV, Guimarães JGA, Poskus LT, Silva Emd. Depth of cure of dental composites submitted to different light-curing modes. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14:71-6.
26. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*. 2002;23(8):1819-29.
27. Davy K, Kalachandra S, Pandain M, Braden M. Relationship between composite matrix molecular structure and properties. *Biomaterials*. 1998;19(22):2007-14.
28. Holter D, Frey H, Mulhaupt R, Klee J. Branched bismethacrylates based on bis-GMA--A systematic route to low shrinkage composites. *Polymer Preprints(USA)*. 1997;38(2):84-5.
29. Culbertson BM, Wan Q, Tong Y. Preparation and evaluation of visible light-cured multi-methacrylates for dental composites. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*. 1997;34(12):2405-21.
30. Boaro LCC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dental Materials*. 2010;26(12):1144-50.
31. Yaman BC, Doğruer I, Gümüştas B, Efes BG. Three-year randomized clinical evaluation of a low-shrinkage silorane-based resin composite in non-carious cervical lesions. *Clinical oral investigations*. 2014;18:1071-9.
32. Sakaguchi R, Powers J. *Restorative materials—composites and polymers*. Restorative dental materials 13th ed Philadelphia. 2012:161-90.
33. Ikemura K, Endo T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dental Materials Journal*. 2010;29(5):481-501.
34. Bayırlı GS, Şirin Ş. *Konservatif diş tedavisi: Yayl y*; 1982.
35. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. *Quintessence international*. 1993;24(9).
36. Anusavice KJ, Sheen C, Rawls H. *Dental Ceramics*. Phillip's Science of Dental Materials. Sounders. 2003.
37. Atalı PY. *Beyazlatma Ajanları ve Beyazlatıcı Diş Macunlarının Kompozit Rezinlerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Mikrosertlik Üzerine Etkilerinin In-Vitro İncelenmesi*: Marmara Üniversitesi (Turkey); 2011.
38. Swift EJ, Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann H. *Sturdevant's art and science of operative dentistry*: Elsevier Health Sciences; 2006.
39. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2011.
40. Ritter AV. *Sturdevant's art & science of operative dentistry-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2017.
41. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences; 2012.

42. Suzuki S, Leinfelder K, Kawai K, Tsuchitani Y. Effect of particle variation on wear rates of posterior composites. *American Journal of Dentistry*. 1995;8(4):173-8.
43. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*: Quintessence Chicago; 2002.
44. Atalı P, Öksüz M, Topbaşı F. Firçalamanın Ve Beyazlatıcılı Diş Macunların Kompozitlerin Yüzey Özelliklerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;24(1):22-32.
45. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*. 2003;134(10):1382-90.
46. Combe E, Burke F. Contemporary resin-based composite materials for direct placement restorations: packables, flowables and others. *Dental update*. 2000;27(7):326-36.
47. Soderholm K-J. Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. *Journal of dental research*. 1984;63(11):1321-6.
48. Kim K, Park J, Imai Y, Kishi T. Microfracture mechanisms of dental resin composites containing spherically-shaped filler particles. *Journal of dental research*. 1994;73(2):499-504.
49. Knezevic A, Ristic M, Demoli N, Tarle Z, Music S, Mandic VN. Composite photopolymerization with diode laser. *Operative dentistry*. 2007;32(3):279-84.
50. Rueggeberg F. Contemporary issues in photocuring. *Compendium of continuing education in dentistry*(Jamesburg, NJ: 1995) Supplement. 1999(25):S4-15; quiz S73.
51. Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Büyükgökçesu S. The effects of halogen and light-emitting diode light curing on the depth of cure and surface microhardness of composite resins. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2011;14(2):136.
52. Power JM, RL S. *Craig's restorative dental materials*. Mosby. 2006:465-74.
53. Brackett WW, Covey D. Resistance to Condensation of Condensable Resin Composites as Evaluated by a Mechanical Test. *Operative dentistry*. 2000;25(5):424-6.
54. Charles W, Kelly R. *Advances in restorative materials*. Dent Clin North Am. 2001;45:7-27.
55. Olmez A, Oztas N, Bodur H. The effect of flowable resin composite on microleakage and internal voids in class II composite restorations. *Oper Dent*. 2004;29(6):713-9.
56. Wolter H, Storch W, Ott H. New inorganic/organic copolymers (Ormocer® s) for dental applications. *MRS Online Proceedings Library (OPL)*. 1994;346:143.
57. Manhart J, Chen HY, Hickel R. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2001;132(5):639-45.
58. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *International dental journal*. 1998;48(1):3-16.
59. Lussi A. Composite materials: Composition, properties and clinical applications. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2010;120(11):972-9.
60. Guggenberger R, Weinmann W. Exploring beyond methacrylates. *American Journal of Dentistry*. 2000;13(Spec No):82D-4D.
61. Schweikl H, Schmalz G, Weinmann W. Mutagenic activity of structurally related oxiranes and siloranes in *Salmonella typhimurium*. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2002;521(1-2):19-27.

62. Schweikl H, Schmalz G, Weinmann W. The induction of gene mutations and micronuclei by oxiranes and siloranes in mammalian cells in vitro. *Journal of dental research*. 2004;83(1):17-21.
63. Kooi T, Tan Q, Yap A, Guo W, Tay K, Soh M. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Operative dentistry*. 2012;37(6):665-71.
64. Ikemura K, Tay F, Kouro Y, Endo T, Yoshiyama M, Miyai K, et al. Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. *Dental Materials*. 2003;19(2):137-46.
65. Vilchis RJS, Yamamoto S, Kitai N, Hotta M, Yamamoto K. Shear bond strength of a new fluoride-releasing orthodontic adhesive. *Dental Materials Journal*. 2007;26(1):45-51.
66. Han L, Cv E, Li M, Niwano K, Ab N, Okamoto A, et al. Effect of fluoride mouth rinse on fluoride releasing and recharging from aesthetic dental materials. *Dental materials journal*. 2002;21(4):285-95.
67. Jyothi K, Annapurna S, Kumar AS, Venugopal P, Jayashankara C. Clinical evaluation of giomer-and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2011;14(4):409.
68. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of a new fluoride-releasing one-step adhesive. *Dental materials journal*. 2006;25(3):509-15.
69. Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dental materials journal*. 2010;29(4):392-7.
70. Saito T, Toyooka H, Ito S, Crenshaw MA. In vitro study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. *Caries research*. 2003;37(6):445-9.
71. Thuy TT, Nakagaki H, Kato K, Hung PA, Inukai J, Tsuboi S, et al. Effect of strontium in combination with fluoride on enamel remineralisation in vitro. *archives of oral biology*. 2008;53(11):1017-22.
72. Murayama R, Furuichi T, Yokokawa M, Takahashi F, Kawamoto R, Takamizawa T, et al. Ultrasonic investigation of the effect of S-PRG filler-containing coating material on bovine tooth demineralization. *Dental materials journal*. 2012;31(6):954-9.
73. Fontana M, Gonzalez-Cabezas C, Wilson M, Appert C. In vitro evaluation of a "smart" dental material for its efficacy in preventing secondary caries using a microbial artificial mouth model. *American journal of dentistry*. 1999;12:S8-S9.
74. Schiffner U. Inhibition of enamel and root dentin demineralization by Ariston pHc: an artificial mouth study. *Am J Dent*. 1999;12:S10-S2.
75. Xu X, Burgess JO. Compressive strength, fluoride release and recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials*. 2003;24(14):2451-61.
76. Kielbassa A, Müller U, García-Godoy F. In situ study on the caries-preventive effects of fluoride-releasing materials. *American journal of dentistry*. 1999;12:S13-S4.
77. Addy M, Thaw M. In vitro studies into the release of chlorhexidine acetate, prednisolone sodium phosphate, and prednisolone alcohol from cold cure denture base acrylic. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1982;16(2):145-57.
78. Hannig M, Hannig C. Nanotechnology and its role in caries therapy. *Advances in dental research*. 2012;24(2):53-7.

79. Jedrychowski JR, Caputo AA, Kerper S. Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidines. *Journal of oral rehabilitation*. 1983;10(5):373-81.
80. Imazato S, Torii M, Tsuchitani Y, McCabe J, Russell R. Incorporation of bacterial inhibitor into resin composite. *Journal of dental research*. 1994;73(8):1437-43.
81. Imazato S, McCabe J. Influence of incorporation of antibacterial monomer on curing behavior of a dental composite. *Journal of Dental Research*. 1994;73(10):1641-5.
82. Imazato S, Tarumi H, Kato S, Ebisu S. Water sorption and colour stability of composites containing the antibacterial monomer MDPB. *Journal of dentistry*. 1999;27(4):279-83.
83. Mine A, De Munck J, Van Ende A, Poitevin A, Matsumoto M, Yoshida Y, et al. Limited interaction of a self-adhesive flowable composite with dentin/enamel characterized by TEM. *Dental Materials*. 2017;33(2):209-17.
84. Wei Y-j, Silikas N, Zhang Z-t, Watts DC. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dental Materials*. 2011;27(3):259-66.
85. Poss SD. Utilization of a new self-adhering flowable composite resin. *Dentistry today*. 2010;29(4):104-5.
86. Ozel Bektas O, Eren D, Akin EG, Akin H. Evaluation of a self-adhering flowable composite in terms of micro-shear bond strength and microleakage. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013;71(3-4):541-6.
87. Specialties KSD. Vertise Flow: Self-Adhering Flowable Composite. Technical Bulletin Orange, CA: Kerr Sybron Dental Specialties. 2010.
88. Waki T, Nakamura T, Wakabayashi K, Mutobe Y, Yatani H. Adhesive strength between fiber-reinforced composites and veneering composites and fracture load of combinations of these materials. *International Journal of Prosthodontics*. 2004;17(3).
89. Vallittu PK. High-aspect ratio fillers: fiber-reinforced composites and their anisotropic properties. *Dental materials*. 2015;31(1):1-7.
90. Keulemans F, Garoushi S, Lassila L. Fillings and core build-ups. *A Clinical Guide to Fibre Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry*: Elsevier; 2017. p. 131-63.
91. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *British dental journal*. 2017;222(5):337-44.
92. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dental materials*. 2014;30(6):688-94.
93. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dental materials*. 2012;28(5):521-8.
94. everX Posterior G. everX Posterior technical manual. GC everX Posterior. 2013.
95. Abed Y, Sabry H, Alrobeigy N. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite. *Tanta Dental Journal*. 2015;12(2):71-80.
96. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck T. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clinical oral investigations*. 2015;19:831-40.

97. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dental materials*. 2011;27(4):348-55.
98. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Operative dentistry*. 2013;38(6):618-25.
99. Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, Lassila L. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. *Odontology*. 2016;104:291-7.
100. Kahramanoğlu E, Özkan YK. Diş hekimliğinde estetik ve renk. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2013;16(4):339-47.
101. Berns R. Principles of Color Technology, Ch. 4 Measuring Colors. John Wiley & Sons, New York, USA; 2000.
102. Russell M, Gulfraz M, Moss B. In vivo measurement of colour changes in natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2000;27(9):786-92.
103. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş Hekimliğinde Madde Bilgisi. *Simanlar, Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları*. 1993:305-48.
104. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi. *Hacettepe Diş hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2009;33.
105. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;87(6):657-66.
106. Klaff D. Achieving the predictable composite resin restoration: the nature of colour. *International Dentistry SA*. 2010;12:64-77.
107. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(6):585-90.
108. Craig RG. *Restorative dental materials*: Mosby; 1980.
109. Pérez MM, Ghinea R, Ugarte-Alván LI, Pulgar R, Paravina RD. Color and translucency in silorane-based resin composite compared to universal and nanofilled composites. *Journal of Dentistry*. 2010;38:e110-e6.
110. Powers JM, Wataha JC. *Dental materials-E-book: properties and manipulation*: Elsevier Health Sciences; 2012.
111. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of dentistry*. 2010;38:e57-e64.
112. Edition T. *Colorimetry*. 2004.
113. del Mar Pérez M, Saleh A, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. *Dental Materials Journal*. 2007;26(1):21-8.
114. Lee Y-K. Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dental Materials*. 2005;21(7):678-82.
115. CIE C. Technical report: Improvement to industrial colordifference evaluation. CIE Publication. 2001;142:67.
116. Kim SH, Lee YK, Lim BS. Influence of porcine liver esterase on the color of dental resin composites by CIEDE2000 system. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2005;72(2):276-83.
117. Paravina RD, Kimura M, Powers JM. Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology*. 2005;93:46-51.

118. Van der Burgt T, Ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmid W. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1990;63(2):155-62.
119. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*. 2010;38:e2-e16.
120. Da Silva JD, Park SE, Weber H-P, Ishikawa-Nagai S. Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2008;99(5):361-8.
121. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2006;34(7):412-9.
122. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(3):193-9.
123. Powers J, Sakaguchi R. *Craig's Restorative dental materials* 12th ed St Louis: Mosby. 2006:236-40.
124. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic color training in dentistry*. (No Title). 2004.
125. SJ P. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2004;24:222-31.
126. Khurana R, Tredwin C, Weisbloom M, Moles D. A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British dental journal*. 2007;203(12):675-80.
127. Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Zantner C. In vitro comparison of visual and computer-aided pre-and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(2):92-100.
128. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(1):40-5.
129. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle C. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research*. 2002;81(8):578-82.
130. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 2006;22(6):553-9.
131. Eroğlu E, Küçükeşmen HC, Uluhan B. SD Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Kliniğine Müracaat Eden Hastaların Diş Rengi Dağılımının Saptanması. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*. 2007;14(2).
132. Seal M, Talukdar P, Srivastav V, Pendharkar K. Colour matching: A review of conventional and contemporary dental colour matching systems. *Int J Oral care Res*. 2014;2:47-53.
133. Ivan R, Rade P. Color Measuring Instruments. *Acta Stomatologica Naissi*. 2009;25(60).
134. Blaes J. Today's technology improves the shade-matching problems of yesterday. *Journal (Indiana Dental Association)*. 2002;81(4):17-9.
135. Inokoshi S, Burrow M, Kataumi M, Yamada T, Takatsu T. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Operative Dentistry*. 1996;21:73-80.
136. Kıvrak TÇ, Gökay O. Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine Etki Eden Faktörler.

137. Albers HF. Tooth-colored restoratives: principles and techniques: PMPH-USA; 2002.
138. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *European journal of oral sciences*. 2004;112(3):280-5.
139. Genç Çalışkan G. Güncel kompozit rezinlerin renk stabiliteilerinin in vitro olarak değerlendirilmesi. 2015.
140. Barutçigil Ç, Yıldız M. Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *Journal of Dentistry*. 2012;40:e57-e63.
141. Bagheri R, Burrow M, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of dentistry*. 2005;33(5):389-98.
142. Falkensammer F, Arnetzl GV, Wildburger A, Freudenthaler J. Color stability of different composite resin materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;109(6):378-83.
143. Jain V, Platt JA, Moore K, Spohr AM, Borges GA. Color stability, gloss, and surface roughness of indirect composite resins. *Journal of oral science*. 2013;55(1):9-15.
144. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dental Materials*. 2003;19(1):12-8.
145. Moharamzadeh K, Van Noort R, Brook I, Scutt A. HPLC analysis of components released from dental composites with different resin compositions using different extraction media. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2007;18:133-7.
146. Kalachandra S, Turner D. Water sorption of polymethacrylate networks: Bis-GMA/TEGDM copolymers. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1987;21(3):329-38.
147. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer J-M. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dental Materials*. 1994;10(6):353-62.
148. Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. *Dental materials*. 2013;29(4):398-404.
149. Aguiar FHB, Lima DANL, Paulillo LAMS, Lovadino JR. Effect of light curing modes and ethanol immersion media on the susceptibility of a microhybrid composite resin to staining. *Journal of Applied Oral Science*. 2007;15:105-9.
150. Ren Y-F, Feng L, Serban D, Malmstrom HS. Effects of common beverage colorants on color stability of dental composite resins: the utility of a thermocycling stain challenge model in vitro. *Journal of dentistry*. 2012;40:e48-e56.
151. Ertas E, Gueler AU, Yucel AC, Köprülü H, Güler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental materials journal*. 2006;25(2):371-6.
152. Samra APB, Pereira SK, Delgado LC, Borges CP. Color stability evaluation of aesthetic restorative materials. *Brazilian oral research*. 2008;22:205-10.
153. Mathias P, Rossi TA, Cavalcanti AN, Lima M, Fontes CM, Nogueira-Filho G. Cigarette smoke combined with staining beverages decreases luminosity and increases pigmentation in composite resin restorations. *Compendium*. 2011;32(2):66-70.

154. Yap AU, Yap S, Teo C, Ng J. Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Operative Dentistry-University Of Washington*. 2004;29:275-9.
155. Roeder L, Tate W, Powers J. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Operative dentistry*. 2000;25(6):534-43.
156. Doray PG, Eldiwany MS, Powers JM. Effect of resin surface sealers on improvement of stain resistance for a composite provisional material. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2003;15(4):244-50.
157. Jones C, Billington R, Pearson G. The in vivo perception of roughness of restorations. *British dental journal*. 2004;196(1):42-5.
158. Mistry P, Batchelor H. Evidence of acceptability of oral paediatric medicines: a review. *Journal of pharmacy and pharmacology*. 2017;69(4):361-76.
159. Maguire A, Baqir W, Nunn JH. Are sugars-free medicines more erosive than sugars-containing medicines? An in vitro study of paediatric medicines with prolonged oral clearance used regularly and long-term by children. *International Journal of Paediatric Dentistry*. 2007;17(4):231-8.
160. Stahl H. Effervescent dosage manufacturing. *Pharmaceutical Technology Europe*. 2003;15(4).
161. Wegehaupt FJ, Lunghi N, Hogger VM, Attin T. Erosive potential of vitamin and vitamin+ mineral effervescent tablets. *Swiss Dental Journal*. 2016;126(5):457-65.
162. Meurman J, Murtomaa H. Effect of effervescent vitamin C preparations on bovine teeth and on some clinical and salivary parameters in man. *European Journal of Oral Sciences*. 1986;94(6):491-9.
163. Nunn JH, Ng SK, Sharkey I, Coulthard M. The dental implications of chronic use of acidic medicines in medically compromised children. *Pharmacy World and Science*. 2001;23:118-9.
164. Lussi A, Megert B, Shellis RP, Wang X. Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications. *British journal of nutrition*. 2012;107(2):252-62.
165. Oğlakçı B, Fazlıoğlu L, Tunç A, Özdoğan ZC, Dalkılıç E. Smoothielerin nano kompozit rezinlerin mikrosertlik ve renk değişimi üzerine etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*. 2021;17(3):159-65.
166. İpci K, Öktemer T, Birdane L, Altıntoprak N, Muluk NB, Passali D, et al. Effervescent tablets: a safe and practical delivery system for drug administration. *ENT updates*. 2016;6(1):46.
167. Tekade BW, Jadhao UT, Thakare VM, Bhortake LR. Formulation and evaluation of diclofenac sodium effervescent tablet. *Infrared Spectroscopy*. 2014;9(10):11.
168. Tian X, Bian B. Development of effervescent tablet of Chinese traditional medicine and its technology study. *Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo Zhongyao Zazhi= China Journal of Chinese Materia Medica*. 2004;29(7):624-7.
169. Lopatin A, Bellussi L, Mladina R, Pawankar R, Cingi C. Effervescent tablets: a safe and practical delivery system for drug administration. *International Scientific Advisory Board*. 2016.
170. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015;27:S1-S9.

171. Ozkanoglu S, Akin E. Evaluation of the effect of various beverages on the color stability and microhardness of restorative materials. *Nigerian journal of clinical practice*. 2020;23(3):322-8.
172. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color shift, color stability, and post-polishing surface roughness of esthetic resin composites. *Materials*. 2020;13(6):1376.
173. Garcia PPNS, Rodrigues Neto E, Santos PAd, Campos JÁDB, Dibb RGP. Influence of surface sealant on the translucency of composite resin: effect of immersion time and immersion media. *Materials Research*. 2008;11:193-7.
174. Gaintantzopoulou M, Kakaboura A, Vougiouklakis G. Colour stability of tooth-coloured restorative materials. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. 2005;13(2):51-6.
175. Van Dijken JW, Ruyter IE. Surface characteristics of posterior composites after polishing and toothbrushing. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1987;45(5):337-46.
176. Tanthanuch S, Kukiattrakoon B, Eiam-O-Pas K, Pokawattana K, Pamanee N, Thongkamkaew W, et al. Surface changes of various bulk-fill resin-based composites after exposure to different food-simulating liquid and beverages. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(2):126-35.
177. Tavangar M, Bagheri R, Kwon TY, Mese A, Manton DJ. Influence of beverages and surface roughness on the color change of resin composites. *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2018;9(3):e12333.
178. Erdemir U, Sancakli HS, Yildiz E. The effect of one-step and multi-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of novel resin composites. *European journal of dentistry*. 2012;6(02):198-205.
179. Meniga A, Tarle Z, Ristic M, Sutalo J, Pichler G. Pulsed blue laser curing of hybrid composite resins. *Biomaterials*. 1997;18(20):1349-54.
180. Yamaner İDŞ. Farklı İçecekler İle Renklendirilmiş Rezin Nano Seramikler Ve Nano Hibrit Kompozit Rezinlerin Renk Stabilitesine Beyazlatıcı Ağız Gargaralarının Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2020;30(1):93-100.
181. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;94(2):118-24.
182. Lindsey DT, Wee AG. Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *Journal of dentistry*. 2007;35(7):593-9.
183. Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(2):101-9.
184. del Mar Perez M, Ghinea R, Herrera LJ, Ionescu AM, Pomares H, Pulgar R, et al. Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *Journal of Dentistry*. 2011;39:e37-e44.
185. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-74.
186. Lee YK, Powers JM. Discoloration of dental resin composites after immersion in a series of organic and chemical solutions. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2005;73(2):361-7.
187. Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. *International Journal of Prosthodontics*. 1995;8(1).

188. Darabi F, Seyed-Monir A, Mihandoust S, Maleki D. The effect of preheating of composite resin on its color stability after immersion in tea and coffee solutions: An in-vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2019;11(12):e1151.
189. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(5):533-9.
190. Khokhar Z, Razzoog M, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence International*. 1991;22(9).
191. Yapar Mİ, Pınar G. Farklı içeceklerde bekletilen siloran ve dimetakrilat esaslı kompozitlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*. 2015;32(2):51-6.
192. Llena C, Fernández S, Forner L. Color stability of nanohybrid resin-based composites, ormocers and compomers. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21:1071-7.
193. Çelik N, Sağsöz Ö, Gündoğdu M. Farklı içeceklerin posterior kompozitlerin renk değişikliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;27(1):27-33.
194. Scatena C, Galafassi D, Gomes-Silva JM, Borsatto MC, Serra MC. In vitro erosive effect of pediatric medicines on deciduous tooth enamel. *Brazilian Dental Journal*. 2014;25:22-7.
195. Lussi A, Hellwig E, Ganss C, Jaeggi T. Dental erosion. *Operative dentistry*. 2009;34(3):251-62.
196. Valinoti AC, Neves BG, Silva EMd, Maia LC. Surface degradation of composite resins by acidic medicines and pH-cycling. *Journal of Applied Oral Science*. 2008;16:257-65.
197. Turssi C, Hara A, Serra MC, Rodrigues Jr A. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2002;29(9):864-71.
198. Mortier E, Gerdolle DA, Jacquot B, Panighi MM. Importance of water sorption and solubility studies for couple bonding agent-resin-based filling material. *Oper Dent*. 2004;29(6):669-76.
199. Kao E. Influence of food-simulating solvents on resin composites and glass-ionomer restorative cement. *Dental Materials*. 1989;5(3):201-8.
200. Cabadag ÖG, Gönülol N. The Effects of Food-Simulating Liquids on Surface Roughness, Surface Hardness, and Solubility of Bulk-Fill Composites. *Journal of Advanced Oral Research*. 2021;12(2):245-53.
201. Yap AU, Mah MK, Lye CP, Loh P. Influence of dietary simulating solvents on the hardness of provisional restorative materials. *Dental Materials*. 2004;20(4):370-6.
202. Al-Samadani KH. Color stability of restorative materials in response to Arabic coffee, Turkish coffee and Nescafe. *The journal of contemporary dental practice*. 2013;14(4):681.
203. Valera B, Bhatt R, Patel M, Patel C, Makwani D, Goyal S. Effect of Different Pediatric Medications on Various Tooth Colored Restorative Materials Used in Pediatric Dentistry: A Comparative Study. *International Journal of Health Sciences*. 2022(III):578-91.
204. Youplus. Youplus, içerikler, 2024. 2024.
205. Supradyn. Supradyn, içerikler, 2024. 2024.
206. Sambucol. sambucol, içerikler, 2024 2024 [Available from: <https://www.sambucol.com.tr/Default.aspx>].

207. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *Journal of Dentistry*. 2001;29(1):35-41.
208. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Colombo M, Scribante A. Surface roughness of flowable resin composites eroded by acidic and alcoholic drinks. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2012;15(2):137.
209. Cilli R, Pereira JC, Prakki A. Properties of dental resins submitted to pH catalysed hydrolysis. *Journal of dentistry*. 2012;40(12):1144-50.
210. Mundim FM, Garcia LdFR, Pires-de-Souza FdCP. Effect of staining solutions and repolishing on color stability of direct composites. *Journal of Applied Oral Science*. 2010;18:249-54.
211. Brouillard R, Chassaing S, Fougerousse A. Why are grape/fresh wine anthocyanins so simple and why is it that red wine color lasts so long? *Phytochemistry*. 2003;64(7):1179-86.
212. Azer SS, Hague AL, Johnston WM. Effect of bleaching on tooth discolouration from food colourant in vitro. *Journal of Dentistry*. 2011;39:e52-e6.
213. Lussi A, Jaeggi T. Erosion—diagnosis and risk factors. *Clinical oral investigations*. 2008;12:5-13.
214. Isabel CAC, Dominguet AAS, Santos SGD, Ribeiro JCR, Moysés MR. Surface roughness of a resin composite. *RGO-Revista Gaúcha de Odontologia*. 2016;64:50-5.
215. Cabadağ ÖG, Gönülol N, Almasifar L, Misilli T. Gıdaları taklit eden solüsyonların bulk-fill kompozitlerin renklenmesine etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*. 2020;16(3):198-204.
216. Kaizer MR, de Oliveira-Ogliari A, Cenci MS, Opdam NJ, Moraes RR. Do nanofill or submicron composites show improved smoothness and gloss? A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*. 2014;30(4):e41-e78.
217. Akgül S, Gündoğdu C, Bala O. Effects of storage time and restoration depth on instrumental color adjustment potential of universal resin composites. *Journal of Oral Science*. 2022;64(1):49-52.
218. AlHamdan EM, Bashiri A, Alnashmi F, Al-Saleh S, Al-Shahrani K, Al-Shahrani S, et al. Evaluation of smart chromatic technology for a single-shade dental polymer resin: an in vitro study. *Applied Sciences*. 2021;11(21):10108.
219. Abdelhamed B, Metwally AA-H, Shalaby HA. Rational durability of optical properties of chameleon effect of Omnichroma and Essentia composite thermocycled in black dark drinks (in vitro study). *Bulletin of the National Research Centre*. 2022;46(1):184.
220. Amirouche-Korichi A, Mouzali M, Watts DC. Effects of monomer ratios and highly radiopaque fillers on degree of conversion and shrinkage-strain of dental resin composites. *Dental Materials*. 2009;25(11):1411-8.
221. Guler S, Unal M. The evaluation of color and surface roughness changes in resin based restorative materials with different contents after waiting in various liquids: An SEM and AFM study. *Microscopy research and technique*. 2018;81(12):1422-33.
222. Söderholm K-J, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *Journal of Dental Research*. 1984;63(10):1248-54.
223. Alawjali SS, Lui J. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry*. 2013;41:e53-e61.

224. Aydın N, Karaoğlanoğlu S, Aybala OE, Ersöz B. Investigation of single shade composite resin surface roughness and color stability. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2021;31(2):207-14.
225. Soares-Geraldo D, Scaramucci T, Steagall-Jr W, Braga SRM, Sobral MAP. Interaction between staining and degradation of a composite resin in contact with colored foods. Brazilian oral research. 2011;25:369-75.

