



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ CAD/CAM BLOKLARIN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

UZMANLIK TEZİ

Elif Dişçi GÖKÇE

Samsun
KASIM-2023



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ CAD/CAM BLOKLARIN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

UZMANLIK TEZİ

Elif DİŞCİ GÖKÇE

Danışman: Prof. Dr. Nihan GÖNÜLOL

Samsun
KASIM-2023

T.C
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Uzmanlık öğrencisi Dt. Elif DİŞCİ GÖKÇE tarafından Prof. Dr. Nihan GÖNÜLOL danışmanlığında hazırlanan “BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ CAD/CAM BLOKLARIN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 16/11/2023 tarihinde yapılan sınav ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ertan ERTAŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye: Prof. Dr. Eda GÜLER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Üye: Prof. Dr. Nihan GÖNÜLOL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Bu tez, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalınca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

...../...../2023

Prof. Dr. Nilüfer ÖZKAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca benden bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, sabır ve anlayışla bana destek olan, tezimin her aşamasında beni yönlendiren, kişiliğine ve başarısına hayran olup saygı duyduğum değerli hocam ve tez danışmanım, Sayın **Prof.Dr. Nihan GÖNÜLOL' a**,

Tüm eğitim hayatım boyunca bilgilerini, yardımlarını ve katkılarını benden esirgemeyen imkanlarını her zaman benimle paylaşan başta Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı **Prof. Dr. Ertan ERTAŞ** hocam olmak üzere, diğer bölüm hocalarım **Prof. Dr. Eda GÜLER**, **Doç. Dr. Emel KARAMAN** ve **Doç. Dr. Fikret YILMAZ'a**,

Çalışmalarımızın verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinin yapılmasında değerli bilgilerini bizimle paylaşan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi Spor Yöneticiliği bölümü öğretim üyesi saygıdeğer hocam **Prof. Dr. Soner ÇANKAYA' ya**

Uzmanlık eğitimim süresince desteklerini benden esirgemeyen, beraber çalışmaktan zevk duyduğum başta eş kıdemlilerim **Dt.Hatice BULUT**, **Dt.Meryem Atalay BURUK**, **Dt.Emre KURU** ve **Uzm. Dt. Esra DUMAN KARAKAŞLI'ya** olmak üzere bölümümüzdeki tüm asistan arkadaşlarıma ve bölüm personeline,

Her koşulda arkamda olup bana destek veren, sahip olduğum her şeyi borçlu olduğum, sevgisini her zaman kalbimde hissettiğim, sevgili annem **Safiye DİŞCİ**, babam **Ömer DİŞCİ**, kardeşlerim **Yeliz DİŞCİ** ve **Semanur DİŞCİ 'ye**,

Hayatıma girdiği günden bu yana desteğini hiç esirgemeyen, varlığıyla bana güç veren sevgili eşim **Dt.Gökhan GÖKÇE'ye**,

Teşekkür Ederim

Bu çalışma, PYO.DIS. 1904.22.007 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ CAD/CAM BLOKLARIN RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Amaç: Beyazlatma özelliği bulunan farklı diş macunlarının sigara dumanı ile renklendirilmiş CAD/ CAM blok materyalleri üzerine etkisinin incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmamızda, 3 farklı CAD/CAM blok; Gc Initial Lisi, Lava Ultimate ve Voco Grandio kullanılmıştır. Bloklar hassas kesit alma cihazı kullanılarak (1.5×7×7mm) şekilde kesitlere ayrılmıştır. Örneklerin başlangıç renk değerleri bir dental spektrofotometre cihazı (VITA Easyshade V) kullanılarak ölçülmüştür. Örnekler sigara dumanına maruz bırakılarak renklendirilmiş ve renk değerleri yeniden ölçülmüştür. Daha sonra örnekler, rastgele 4 gruba ayrılmıştır. Farklı yapıdaki beyazlatıcı diş macunları kullanılarak-Kontrol (Sensodyne Deep Clean), Hidrojen peroksit (Colgate Optic White/Expert White), Aktif kömür (Colgate Optic White/ Charcoal) ve Mikropartikül (Oral B 3D White Luxe/Perfection)-örnekler 4 dakika boyunca fırçalanmıştır. Diş macunlarının dişlerde oluşturduğu renk değişikliğini belirlemek için, örnekler ait renk değerleri tekrar ölçülmüştür ve CIEDE2000 renk sistemine göre renk değişimleri hesaplanmıştır. Örnekler ait renk analizler sigara ile renklendirmeden sonra (ΔE_{001}) ve fırçalamadan sonra (ΔE_{002}) gerçekleştirilmiştir. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü Varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular: Sigara dumanı maruziyeti sonrası gruplar arasında en yüksek renk değişimi Lava Ultimate blok grubunda, en düşük renk değişimi ise Gc Initial Lisi blok grubunda tespit edilmiştir($p<0,05$). Blok materyalleri grup içi değerlendirildiğinde, macun grupları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir($p>0,05$). Tüm blok gruplarına ait renk parametreleri incelendiğinde, renklendirmeden sonra başlangıç değerlerine göre L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise arttığı; fırçalamadan sonra ise L^* değerlerinin arttığı, a^* ve b^* değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Sonuç: Sigara dumanına maruz kalan CAD/CAM blokları farklı oranda renk değişimi gösterebilir de beyazlatıcı diş macunları ile fırçalama sonrasında bütün bloklar kabul edilebilir eşik ($\Delta E_{00}=1,8$) altında değerler göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Beyazlatıcı diş macunu; CAD/CAM blok; sigara dumanı

Elif DİŞCİ GÖKÇE, Uzmanlık Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Samsun, Kasım-2023

ABSTRACT

EFFECT OF WHITENING TOOTHPASTES ON COLOR CHANGE OF CAD/CAM BLOCKS

Aim: It is the examination of the effect of different whitening toothpastes on CAD/CAM block materials that have been discolored by cigarette smoke.

Materials and Methods: Three different CAD/CAM blocks, Gc Initial LiSi, Lava Ultimate, and Voco Grandio, were used in the study. The blocks were sectioned into slices (1.5×7×7mm) using a precision cutting device. The initial color values of the samples were measured using a dental spectrophotometer device (VITA Easyshade V) and then exposed to cigarette smoke for staining. Afterward, the samples were randomly and 4 divided into 4 groups and brushed for 4 minutes using different whitening toothpastes: Control (Sensodyne Deep Clean), Hydrogen peroxide (Colgate Optic White/Expert White), Activated charcoal (Colgate Optic White/Charcoal), and Micro-particle-containing toothpaste (Oral B 3D White Luxe/Perfection). The color values of the samples were measured again and color changes were calculated according to the CIEDE2000 color system. Color analysis of the samples was conducted after staining(ΔE_{001}), and after brushing(ΔE_{002}). One-way analysis of Variance and Tukey multiple comparison test were used for the statistical evaluation of the data.

Results: After exposure to cigarette smoke, the highest color change among the groups was observed in Lava Ultimate block group, while the lowest color change was detected in Gc Initial Lisi block group($p < 0,05$). When the block materials were evaluated within each group, no statistically significant difference was detected in color change values among the toothpaste groups($p > 0,05$). When examining the color parameters of all block groups, it was detected that after staining, L^* value decreased compared to the initial values, while a^* and b^* values increased. After brushing, it was observed that L^* values increased, and a^* and b^* values decreased.

Conclusion: While CAD/CAM blocks exposed to cigarette smoke exhibited varying degrees of color change, all blocks ΔE_{002} values were below the acceptable threshold ($\Delta E_{00}=1.8$) after brushing with whitening toothpaste.

Keywords: CAD/CAM block; cigarette smoke; whitening toothpaste

Elif DİŞCİ GÖKÇE, Expertise Thesis

Ondokuz Mayıs University – Samsun, November-2023

SİMGELER VE KISALTMALAR

<	: Küçüktür
%	: Yüzde
=	: Eşittir
>	: Büyüktür
°C	: Derece Santigrat
ΔE_{00}	: CIEDE2000 Renk değişimi formülü
CAD	: Bilgisayar destekli tasarım
CAM	: Bilgisayar destekli üretim
HT	: High Translucency
LT	: Low Translucency
Al_2O_3	: Alüminyum oksit
CaO	: Kalsiyum oksit
ISO	: International Organization for Standardization
M	: Monoklinik faz
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mW/cm^2	: Miliwatt / santimetre kare
Bis-EMA	: Etoksile bisfenol A dimetakrilat
Bis-GMA	: Bisfenol A glisidil metakrilat
Bis-MA	: 2,2 bis[4-(2-metakriloksietoksi)fenil]propan
TEGDMA	: Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	: Üretan dimetakrilat
CHX	: Klorheksidin
MgO	: Magnezyum oksit
MPa	: Megapaskal
N	: Newton
Nm	: Nanometre
SiO_4	: Silikat
T	: Tetragonal faz
Y_2O_3	: Yttrium oksit

Zr	: Zirkonyum
ZrO₂	: Zirkonyum dioksit
ZrSiO₄	: Zirkonyum silikat
g	: Gram
G	: Grup
g/mol	: Gram/mol



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dental CAD/CAM Sistemler.....	3
2.1.1. Tarihçe	3
2.1.2. CAD/CAM bileşenleri	3
2.1.3. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları.....	5
2.1.4. CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları	6
2.2. CAD/CAM Sisteminde Kullanılan Materyaller	6
2.2.1. Cam Matriks Seramikler	7
2.2.2. Polikristalin Seramikler.....	11
2.2.3. Resin -Matriks Seramikler	12
2.3. Diş Macunları	15
2.3.1. Diş Macunlarının İçeriklerinde Bulunan Maddeler	16
2.3.2. Beyazlatıcı Diş Macunları.....	17
2.3.3. Diş fırçası.....	22
2.3.4. Diş fırçalama simülatörü.....	22
2.4. Diş Hekimliğinde Renk	23
2.4.1. Işık	23
2.4.2. Renk.....	23
2.4.3. Renk Sistemleri.....	24
2.4.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü.....	28
3. MATERYAL VE METOT	32
3.1. Örneklerin Hazırlanması.....	34
3.2. Örneklerin Başlangıç Renk Ölçümlerinin Yapılması	37
3.3. Örneklerin Renklendirilmesi	38
3.4. Diş Macunlarının Uygulanması	40

3.5. Renk Değişiminin Değerlendirilmesi	43
3.6. İstatistiksel Değerlendirme	43
4. BULGULAR.....	44
4.1. Örneklerin Renk Analiz Bulguları.....	44
4.1.1. Örneklere Ait Renk Analizinin ΔE_{00} Parametresine Ait Bulgular.....	44
4.1.2. Örneklere Ait Renk Analizinin L^* Parametresine Ait Bulgular	47
4.1.3. Örneklere Ait Renk Analizinin a^* Parametresine Ait Bulgular.....	50
4.1.4. Örneklere Ait Renk Analizinin b^* Parametresine Ait Bulgular.....	52
5. TARTIŞMA	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	81



1. GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğindeki temel hedefler, fonksiyon ve fonasyonun geri kazandırılması, kaybedilmiş olan doku bütünlüğünün yeniden sağlanması ve bunlarla birlikte estetiğin elde edilmesidir.

CAD/CAM terimi bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Desing-Computer Aided Manufacturing) anlamına gelmektedir.¹ Endüstri sektöründe kullanılan CAD/CAM teknolojisi, diş hekimliği alanında 1971 yılında Francois Duret, Bruce Altschuker, Werner Moermann ve Marco Brandestini öncülük edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojinin diş hekimliğinde kullanım amacı, restorasyonların üretim aşamalarındaki ölçü transferi hatalarını azaltmak, üretim maliyetlerini düşürmek ve harcanan eforu azaltmaktır.²

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojilerindeki gelişmeler, indirekt estetik restorasyonların oluşturulmasını kolaylaştırmıştır.³ Protetik diş hekimliğinde, seramikler ve kompozitler sıklıkla kullanılan materyallerdir. Bunlardan dental seramikler, üstün biyouyumlulukları, kimyasal yapısının stabilitesi, doğal ve estetik görünümleri, düşük ısı iletimi ve aşınmaya karşı yüksek dirence sahip olması gibi özellikleri nedeniyle popüler restorasyon materyallerinden biridir. Bu özelliklerine rağmen, dental seramiklerin kırılabilirliğinin yüksek olması, düşük bükülme dayanımı göstermesi ve antagonist doğal dişte aşındırma eğilimi gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Rezin içerikli seramik hibrit materyaller, seramik malzemelerin basınç altındaki kırılabilirliğini önlemek amacıyla üretilmiştir. Bu CAD/CAM hibrit blokların bileşimindeki rezin, materyallerin işlenebilirliğini arttırmakla kalmaz aynı zamanda ağız içerisinde tamir edilebilirliğini de sağlar. Bu özellikleri sayesinde, restorasyonların klinik kullanımı daha uzun ömürlü hale gelmektedir.⁴

Hibrit seramik materyallerin glaze işlemine ihtiyaç duymaması, kolay cilalanabilmesi ve yüzey pürüzsüzlüğünü uzun süre koruması bu materyalin en önemli avantajları olarak belirtilmektedir.⁵ Pürüzsüz ve cilalı yüzeyler dental restorasyonların estetik görünümünü artırır, bakteriyel adezyonu en aza indirir.⁶

Restorasyonların klinik başarısı, mekanik özelliklerinin yanı sıra renk stabilitesi ve yaşlanmaya karşı gösterdikleri direnç açısından da önemlidir. Zamanla materyalin

renginde meydana gelen değişimler, restorasyonun dayanıklılığını ve kalitesini etkiler.^{7, 8} Restoratif materyallerin renklenmesi, dışsal veya içsel faktörlere bağlı olabilir.⁹ Restoratif materyallerin dışsal renk değiştirmesinin nedeni, renklendiricilerin eksojen kaynaklardan adsorpsiyonu veya absorpsiyonudur.¹⁰ Kahve, ay, spor içecekleri, klorheksidin ve sigara dumanını gibi çeşitli ajanların restorasyonların renk stabilitesini olumsuz etkilediği bildirilmiştir.¹¹ Sigara dumanı diş ve restorasyonlarla temas ettiğinde, tüm restorasyonların klinik başarısı için önemli özellikler olarak kabul edilen renk bozulmasına ve yüzey pürüzlülüğüne neden olmaktadır.

Beyazlatma tedavisi, çeşitli teknikler ve sistemler kullanılarak dişlerdeki renk değişikliğini gidermek için uygulanan etkili ve yaygın bir yöntemdir.¹² Temel olarak, vital diş beyazlatma teknikleri ev tipi ve ofis tipi beyazlatma olarak sınıflandırılabilir. Ofis tipi beyazlatma diş hekimi tarafından uygulanan beyazlatma ajanlarıyla gerçekleştirilirken, ev tipi beyazlatma ise hastaların kendilerinin uygulayabileceği beyazlatıcı diş macunları ve özel olarak hazırlanmış beyazlatma setleriyle yapılır. Bu ürünler bireyler tarafından kolayca temin edilebilmektedir.

Literatürde beyazlatıcı diş macunlarının CAD/CAM sisteminde kullanılan bloklarlar üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, yakın zamanda geliştirilen beyazlatma özelliği bulunan farklı diş macunlarının sigara dumanı ile renk değişikliğine uğramış CAD/ CAM blok materyallerine etkisini incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dental CAD/CAM Sistemler

2.1.1. Tarihçe

CAD/CAM'in diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanması Dr. Duret'in çalışmalarıyla olmuştur. 1971 yılında dayanak dişin kesiminden sonra optik ölçüsünü almış ve bu ölçünün yardımıyla sayısal kontrol makinesini kullanarak bir kuron üretmiştir.¹³

Daha sonra Dr. Duret, ekip arkadaşlarıyla birlikte Sopha sistemi üzerinde çalışmış ve bu sistemi tanıtmıştır, ancak birkaç nedenden dolayı bu sistem halk tarafından genel olarak kabul görmemiştir.¹⁴

Mormann, 1985 yılında ticari olarak tasarlanmış ilk CAD/CAM sistemini tanıtan ve bu sisteme CEREC adını veren kişiydi.¹⁵ Ağız içi kameradan dijital ölçü aldıktan sonra seramik bloktan frezleme yöntemiyle kuron restorasyonu hazırladı. Bu, hazırlanmış bir destek dişte geleneksel ölçü yöntemiyle ölçü almaya kıyasla çok daha kolay bir prosedürdür. Artık bu sistem tüm dünyada kuron, inley, onley gibi restorasyonların üretiminde başarıyla kullanılmaktadır.

1980'lerin ortalarında Dr. Andersson, yüksek hassasiyetli diş kuronlarının üretiminde kullanılan Procera sistemini geliştirdi. Dr. Andersson aynı zamanda, kompozit veneer restorasyonların üretiminde CAD/CAM cihazını kullanan ilk kişidir.¹⁶

CEREC 2, 1994 yılında Siemens tarafından tanıtılmıştır. Bu sistem iki boyutlu prensiplere dayanmakta ve inley, onlay, veneer ve parsiyel & full kuron üretebilmektedir. Şu anda, inley, onley, kısmi ve tam kuronlar, kopingler ve ayrıca sanal otomatik oklüzal planlama üretebilen 3. nesil CEREC kullanılmaktadır. Bu sistem 2005 yılında Sirona tarafından tanıtılmıştır.¹⁷ Son on yılda bu sistemlerdeki teknolojik gelişmeler, farklı materyaller kullanılarak alternatif restorasyonlar sağlamıştır.

2.1.2. CAD/CAM bileşenleri

Dental CAD/CAM sistemleri, günümüzde üç temel bileşen üzerine kurulmuştur. Bunlar, geometriyi dijital verilere dönüştüren tarayıcılar, bu verileri işleyen yazılımlar ve veri setini istenen ürüne dönüştüren üretim teknolojileridir.¹⁸

Kavite preparasyonunun ardından, verileri bir bilgisayara aktaran bir görüntü elde edilir ve program için özel bir yazılım kullanılır ve esasen sanal bir restorasyon

oluşturulur. Yazılım daha sonra bu verileri, diş restorasyonunun bir porselen veya rezin kompozit bloğunun kullanıldığı frezlemenin yapılacağı üniteye gönderir. Ortaya çıkan restorasyon daha sonra düzenlenebilmektedir. Ardından simantasyonu gerçekleştirilir.

Tarayıcı

'Tarayıcı' terimi altında, diş hekimliği alanında, çene ve diş yapılarını üç boyutlu olarak ölçen ve bunları dijital veri setlerine dönüştüren veri toplama araçları anlaşılmaktadır.¹⁹ Temel olarak iki farklı tarama tipi vardır:

- Optik tarayıcılar
- Mekanik tarayıcılar

Optik tarayıcılar

Bu tarayıcının temeli, üç boyutlu yapıların toplanması için kullanılan 'üçgenleştirme prosedürü'ne dayanmaktadır. Bu prosedürde, ışık kaynağı ve alıcı birim belirli bir açı içinde yerleştirilir. Bu açı sayesinde bilgisayar, alıcı birim üzerindeki görüntüden üç boyutlu bir veri seti hesaplayabilmektedir.¹⁹ Beyaz ışık projeksiyonları veya bir lazer ışını aydınlatma kaynağı olarak kullanılabilir. Aşağıdakiler, dental pazardaki optik tarayıcılarına örnek olarak verilebilir:

- Lava Scan ST (3M ESPE)
- Everest Scan (KaVo)
- Etkon Es1 scanner (Etkon)

Dental uygulamalarda lazer ve optik tarayıcılar hem ağız içi hem ağız dışı taramalarda kullanılabilmektedir. Mekanik tarayıcılar ise, sadece ağız dışı taramalarda kullanılmaktadır.

Mekanik Tarayıcılar

Bu tarayıcı tipinde, ana ölçü, yakutlu bir top ile mekanik olarak sıralı bir şekilde okunur ve üç boyutlu yapıyı ölçer. Diş hekimliğindeki mekanik tarayıcıların tek örneği, Nobel Biocare'den (Göteborg) Procera tarayıcıdır. Bu tarayıcı türü yüksek bir tarama hassasiyetine sahiptir; bu sayede yakut bilyenin çapı frezeleme sistemindeki en küçük öğütücüye ayarlanır ve bunun sonucunda sistem tarafından toplanan tüm veriler freze edilir.^{20, 21} Bu veri ölçüm tekniğinin dezavantajları, optik sistemlere göre işlem

sürelerinin uzun olması, cihazın diğer sistemlere göre pahalı olması ve sistemin çok karmaşık mekanik işlemler ile yürütülmesidir.¹⁸

Bilgisayar destekli tasarım (CAD):

Dijital modeller elde edildikten sonra verileri işleyen ve verileri noktalardan oluşan sanal bir modele dönüştürerek üretilecek ürünler için bir veri seti oluşturan yazılımlardır.¹⁸ Bu yazılımlar sayesinde, oluşturulan sanal model üzerinde çeşitli işlemler gerçekleştirilir. Restorasyonun marjin sınırları ve kaviteye giriş açısı belirlenir. Ayrıca diş morfolojisi, proksimal ve okluzal temaslar ayarlanır. Diş ile restorasyonun siman aralığı da bu aşamada ayarlanarak restorasyon tasarımı tamamlanır.²²

Bilgisayar destekli üretim ünitesi (CAM):

CAD/CAM sistemleri, CAD yazılımında oluşturulan veri dosyalarını üretim teknolojisi aracılığıyla tasarlanan ürüne dönüştürür.¹⁸ Bu üretim teknolojisi, restorasyon üretiminde kullanılan frezin ve materyalin hareket edebildiği yönlerin sayısına göre 3,4 veya 5 akslı CAM cihazlarıdır. Örneğin, Sirona MC 3 akslı, Zeno, Wieland-Imes gibi cihazlar 4 akslı, Everest Engine ve Sirona MCX5 ise 5 akslı cihazlardır.²³

2.1.3. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları

- CAD/CAM sistemleri, geleneksel ölçü alma yöntemlerini ortadan kaldırmasıyla teknisyen işlemleri elimine edilmiş böylece klinik olarak harcanan süre kısalmıştır.² Ayrıca bu durum hasta konforunu da arttırmıştır.
- İndirekt restorasyonlar tek seansta sonuçlanabilmektedir ve bu sayede laboratuvar işlemleri için gereken zaman kaybının önüne geçilmiş, hastaların geçici restorasyonlara olan ihtiyacı ortadan kalkmıştır.¹⁵
- Geçici restorasyonlara gerek duyulmadığından çapraz enfeksiyon riski ortadan kalkmaktadır.²⁴
- CAD/CAM sistemlerin kullanılması ile seramik materyallerin kondensasyon, wax-up ve fırınlama gibi birçok işlem ortadan kalkmaktadır. Geleneksel yöntemlere göre tasarımı daha hızlı ve kolay yapılmaktadır.^{15, 25}
- CAD/CAM sistemleri ile tüm taramalar bilgisayar ortamında saklanabilmektedir. Standart alçı modellerin uzun süre korunması zordur, yer kaplar ve uygun şekilde saklanmadığı durumda kırılma ihtimalleri vardır.²⁶

- Dental CAD/CAM için özel olarak üretilmiş rezin kompozit blokları kullanmanın avantajları arasında, örneğin proksimal temasların veya bir marjın ayarlanması gerektiğinde yüzeye eklenebilme özelliği yer alır. Ek bir avantaj ise, ağız içi cilalamanın kolaylığıdır.²⁷

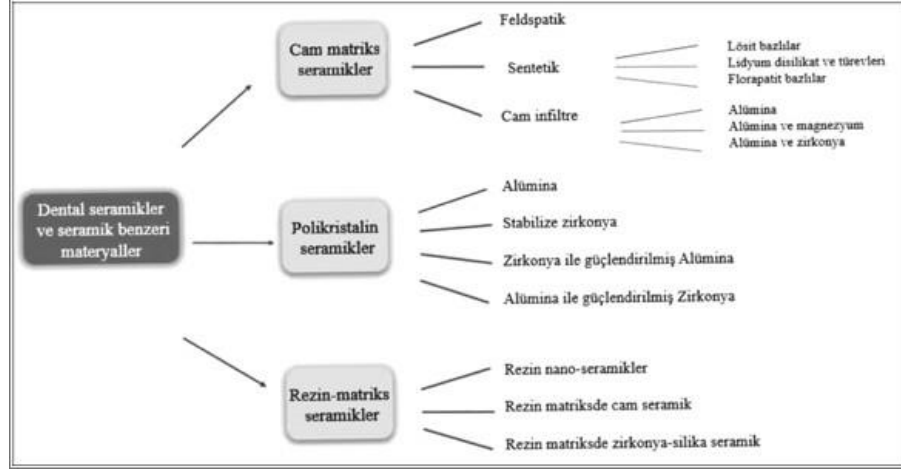
2.1.4. CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları

- CAD/CAM sistemlerinin başlangıç maliyeti yüksek olup, ekipman ve yazılım gereksinimlerinin karşılanması pahalıdır. Bunun yanı sıra, bu sistemleri kullanacak kişilerin eğitimine hem zaman hem de maddi kaynaklar ayırması gerekir.¹⁵
- Subgingival olarak bitirilen preparasyon marjın sınırları, tarayıcılar tarafından tam algılanamamaktadır. Bu durumda; diş eti dokuları, kan veya tükürük gibi oral sıvılar ölçümün kalitesini olumsuz etkileyebilir.²⁸
- Monokromatik olarak üretilen bloklarda beklenen ideal estetik sağlanamayabilir ancak günümüzde üretilen polikromatik bloklarla bunun önüne geçilmeye başlanmıştır.²⁹

2.2. CAD/CAM Sisteminde Kullanılan Materyaller

CAD/CAM ekipmanları, farklı materyallerin işlenmesine uygun olarak tasarlanmaktadır. Örneğin, bazı frezeleme cihazları ZrO_2 alt yapının üretimi için özel olarak tasarlanırken, diğerleri ise rezinlerden cam seramiklere ve yüksek performanslı seramiklere kadar geniş bir yelpazede materyalleri kapsayabilmektedir.¹⁸

Günümüzde, CAD/CAM sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, estetik ve fonksiyonel beklentilerin yanı sıra dayanıklılık gereksinimleri karşılamak için farklı yapısal ve fiziksel özelliklere sahip materyaller geliştirilmektedir. Bu sistemlerde kullanılan materyaller arasında CAD/CAM sistemlerinde çeşitli seramikler, metal alaşımları ve kompozitler yer almaktadır. Dental seramikler ve seramik benzeri materyallerin sınıflandırılması Şekil 1' de gösterilmiştir.³⁰



Şekil 1: Dental seramikler ve seramik benzeri materyallerin sınıflandırılması (Gracis ve ark,2015)

2.2.1. Cam Matriks Seramikler

Feldspatik Seramikler

Feldspatik seramikler dental CAD/CAM sistemleri ile kullanılan ilk bloklar olmuştur ve bu bloklarla oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.³¹ Materyal, feldspar (potasyum ve sodyum aluminasilikatın bir karışımı), kuartz (silika) ve kaolin (hidrate aluminasilika) birleşiminden oluşmaktadır.

Cam matriks içerisinde, 3-4 μm boyutlarında %30 oranında feldspar partikülleri bulunmaktadır. 150 Mpa kırılma direncine, 45-63 Gpa elastite modülüne sahiptir. Feldspatik seramik blokların standart kontrol altında ve vakum altında sinterlenerek endüstriyel üretimi, laboratuvarında sinterlenmiş seramiklere kıyasla daha homojen ve kararlı bir mikroyapıya sahip olmasını sağlar.³²

Feldspatik seramik bloklar monokromatik, dikromatik ve polikromatik olarak üç farklı özellikte üretilmektedir. Polikromatik bloklar farklı ışık geçirgenliklerine sahip olması sebebiyle doğal dişlerin optik özelliklerini taklit edebilirler. Bu nedenle, doğal dentisyonla uyumlu ve estetik restorasyonlara olanak sağlayan bloklardır.³³

Feldspatik cam seramik restorasyonlar, simante edilmeden önce kumlama (50 mm Al_2O_3) işlemine tabi tutulmalıdır. Daha sonra hidroflorik veya hidrofosforik asit kullanılarak pürüzlendirme işlemi yapılmalı ve ardından silan uygulanarak adeziv rezin ile simante edilmesi tavsiye edilmektedir.^{34, 35}

Sentetik Seramikler

Seramik endüstrisi, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini ve doğal varyasyonların etkisini azaltmak amacıyla sentetik malzemeler kullanmaya başlamıştır. Bu sentetik malzemeler, üretici firmalara bağlı olarak farklılık gösterebilir, ancak genellikle silikon dioksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), sodyum oksit (Na_2O) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) gibi bileşenleri içermektedir. Seramik ürünlerin özelliklerini geliştirmek ve metallerle termal genleşme uyumluluğunu artırmak için apatit kristalleri ve lösit gibi malzemelerle cam fazları birleştirilebilmektedir. Bu, seramiklerin daha fazla dayanıklılık kazanmasına ve özel amaçlar için uyarlanmasına yardımcı olur.³⁰ Bu grupta lösit, lityum disilikat ve florapatit bazlı seramikler bulunmaktadır.

Lösitle Güçlendirilmiş Cam Seramikler:

Seramik içerisinde lösit kristalleri vardır. Bunlar birden fazla işlemleri fabrikasyon aşamalarından geçerler ve böylece camsı matriks içinde kontrollü bir şekilde kristalize edilerek üretimleri gerçekleşir. Bu sistemlerdeki lösit bazlı camsı seramik partiküllerinin üç bileşeni vardır. Silisyumoksitten (SiO_2), alüminyumoksitten (Al_2O_3) ve potasyumoksitten (K_2O) oluşmuşlardır. Bu bloklar hacimlerinin %30-40 oranında, 1-5 mikrometre büyüklüğünde lösit kristalleri bulundurulur.³⁶ Lösitlerin kristal gren boyutları 0,5 nanometredir. Kırılma dirençleri 160 MPa ve termal genleşme katsayıları 100-500 °C arasındadır. Elastik modülü 62 GPa ve sertlik değeri yaklaşık 6200 MPa olarak belirtilmiştir. Bükülme direnci ise 160 Mpa'dır. Lösitle güçlendirilmiş cam seramik materyallerinin translusensliği doğal diğ yapısına benzemektedir.

Lösit kristallerinin seramik materyaline sağladığı direnç iki temel mekanizma ile açıklanır.³⁷ Birincisi, seramik içinde bir çatlak oluştuğunda, lösit kristalleri çatlağın ilerleme yönünü değiştirerek çatlağın ilerlemesini durdurur. İkincisi, seramik materyalinin soğuma aşamasında, camsı matriksin içinde bir baskılama gerilimi meydana getirir.³⁸ Seramikte % 40 hacim oranına sahip lösit kristallerinin genleşme katsayısı cam matriksin genleşme katsayısından daha yüksektir. Bu nedenle seramik ısıtıldıktan sonra soğutulduğunda lösit kristalleri büzülür. Bu büzülme kristallerin, camsı matriks yapısını çekmesine neden olur ve bu yapı içerisinde internal basınç kuvveti oluşturur. Bu internal basıncın materyalde çatlak oluşması durumunda mikro çatlakları ilerlediği yönün tersine bir etki oluşturarak durdurma etkisi vardır. Lösit içeren cam seramiklerin renk,

transluserlik, floresans, opalesans, aşındırıcı etkisi ve abrazyon oluşumuna karşı olan direnci gibi özellikleri nedeniyle mevcut diş yapısına benzemektedirler.

Bunlarla yapılan restorasyonlarda direnç, doğal diş dokuları ile olan ideal bir adezyon kuvvetine bağlı olarak değişiklik gösterir. Simantasyonları adeziv olarak yapılmaktadır.³⁹ Endikasyonları; laminate veneerler, anterior bölge kuron restorasyonları, inley ve onleyler ile sınırlıdır.⁴⁰⁻⁴² Löstle güçlendirilmiş cam seramik bloklara; IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtensteyn) ve Paradigm™ C (3M/ESPE, Saint Paul, MN, Amerika) örnek verilebilir.²⁷

Lityum Disilikatla Güçlendirilmiş Cam Seramikler:

Lityum disilikat bloklar; quartz, lityum dioksit, fosfor oksit, alümina oksit, potasyum oksit ve diğer bileşenleri içermektedir.⁴³ Lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramikler, löstle güçlendirilmiş cam seramiklere kıyasla daha fazla kristal yapısı içermektedir. Materyaldeki %70 oranındaki lityum disilikat kristalleri, daha sıkı ve kenetli bir yapı oluşturarak kırılma direncini artırır. Bu özellik, feldspatik seramiklere göre daha yüksek bir kırılma direnci sağlar.⁴⁴

CAD/CAM sistemleriyle kullanılan lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramiklerin üretiminde, seramik kısmi kristalize olmaktadır. Bu başlangıç kristalizasyonu, materyalin daha kolay freze edilebilmesini sağlamak için <600 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Başlangıç kristal fazı lityum metasilikat içerir ve bu kristal yapı düşük kimyasal ve mekanik dayanıklılığa sahiptir. 800 °C'de gerçekleşen kristalizasyon işlemi sonrasında, materyal %70 oranında lityum disilikat içeren, estetik olarak diş ile uyumlu ve daha dayanıklı bir yapı haline gelir.⁴⁵

Lityum disilikat bloklar, ışık geçirgenliklerine göre 3 grupta incelenir: Yüksek transluserliye (HT-high translucency) sahip bloklar, düşük transluserliye (LT-low translucency) sahip bloklar ve orta opasiteli (MO-medium opacity) bloklardır. Yüksek transluserliye sahip bloklar çevre dokuların rengini absorbe edebilme özelliklerinden dolayı estetik beklentiler karşılamak için inley ve onley restorasyonlarda kullanılır. Medium opasiteli blokların birkaç rengi aynı anda barındırması sebebiyle genellikle renklenmiş dişlerin restorasyonlarında kullanılmaktadırlar. Düşük transluserliye sahip bloklar ise anatomik kuron üretiminde tercih edilirler.⁴⁶

Bu materyallerin klinik endikasyonları; inley, onley, laminate veneer, implant destekli kuron ve 2. premolar diş kadar olan 3 üyeli köprüler ile tek kuron

restorasyonlardır.⁴⁷ Lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramik bloklara ; IPS Empress II, IPS e.max Press, IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtensteyn) ve GC Initial Lisi blok (GC Dental Products, Aichi, Japonya) örnek verilebilir.

GC Initial Lisi Blok: Özellikle aynı gün içinde teslim edilmek üzere tasarlanmış yeni bir lityum disilikat içerikli bloktur. Tamamen kristalize bir lityum disilikat içermektedir ve materyalin fırınlanmasına gerek kalmadan optimum fiziksel özellikler sunar. Bu durum indirekt restorasyonlarda işlem süresini önemli ölçüde kısaltır. GC Initial LiSi Blok tamamen kristalize lityum disilikat içerdiğinden sorunsuz ve doğru bir şekilde millenebilir. Bu blok, GC'nin daha yüksek aşınma direnci, pürüzsüz marjinal kenarlar ve estetik bir sonuç sağlayan HDM (yüksek yoğunluklu mikronizasyon) teknolojisine sahiptir. CAD/CAM için HDM teknolojisi ile elde edilen çok ince kristal boyutu sayesinde, GC Initial Lisi Blok'un polisajı çok az adımda gerçekleştirilebilir. İyi bir klinik sonuca sahip olmak için, GC Initial Lisi Blok için doğru grendeki polisaj materyalini seçmek önemlidir. Çeşitli üreticilerin polisaj sistemleri kullanılabilir. Yüzeye bağlı olarak kaba, orta ve ince gren kombinasyonları sırasıyla kullanılmalıdır.

Işık geçirgenliğine göre yüksek translusensi (HT) ve düşük translusensi (LT) seçenekleri vardır. Veneer, inley, onley, parsiyel kuronlar, tam kuron, implant üstü kuron veya splint kuronlar kullanım endikasyonları bulunmaktadır.

Cam İnfiltrat Seramikler

Cam infiltrat seramikler, poröz yapıda bir alümina iskelet yapının içerisine cam infiltrasyonu sağlanarak geliştirilen materyallerdir. Cam infiltrat oksit seramiklere lanthan oksit cam infiltrat edilerek restorasyonun direncinin artması sağlanır. Bu işlem ile materyalin dayanıklılığı 20 kat artmaktadır. Blokların 3 çeşidi bulunmaktadır. Bunlar; In-Ceram Alumina, In-Ceram Spinell ve In-Ceram Zirconia'dır.⁴⁸

In-Ceram Alumina, 1989 yılında yüksek oranda sinterlenmiş poröz alümina altyapı materyali içine, düşük viskoziteli sodyum lanthan oksit camın infiltrasyonu ile elde edilen seramik bir materyaldir.⁴⁹ In-Ceram Alümina yapısında bulunan alümina nedeniyle %80 oranında translusensliğe ve 450-600 MPa dirence sahip olan bir bloktur. Anterior-posterior bölge tek kuronlarda ve 3 üyeli anterior bölge köprü yapımında kullanılacak bir seramik materyaldir.⁵⁰

In-Ceram Spinell, 1994 yılında piyasaya sürülmüş, alümina ve magnezyumdan oluşan bir materyaldir. In-Ceram Alumina materyaline göre bükülme direnci %25

oranında daha düşük, translusensliği ise 2 kat daha yüksektir. Bu özelliğinden dolayı daha estetik restorasyonlar elde edilir. Ön bölgedeki tek kuron restorasyonlarda kullanım endikasyonuna sahiptir.^{48, 51}

In-Ceram Zirconia ise alümina kor yapının zirkonya ile güçlendirilmesi nedeniyle diğer cam infiltre seramik materyallere göre en yüksek bükülme direncine sahiptir. Alüminyum oksite ilaveten %33 oranında seryum stabilize zirkonyum eklenerek In-Ceram Zirconia üretilmiştir.⁵² Düşük translusensliğe sahip olması nedeniyle estetiğin önemli olduğu ön bölge restorasyonlarda tercih edilmez.

2.2.2. Polikristalin Seramikler (Oksit Seramikler)

Alümina

Alüminyum oksit, %99,5 alüminyum oksit kristallerinden oluşan presinterize CAD/CAM bloklardır. Üretim aşamasında presinterize halde olan bloklar, 1520°C de sinterlenerek yüksek dayanımlı hale getirilirler. Bu blokların elastik modülü 380 GPa, bükülme dayanımı 610 MPa ve kırılma dayanımı ise 500 MPa 'dır. Ancak, 380 GPa elastik modülü, materyalin kırılmaya karşı hassas olmasına neden olur ve bu durum kullanımını sınırlandırmıştır. Alüminyum oksit blokların tek renk olması nedeniyle renklendirme likitiyle renk uyumu sağlanır.⁵³

Zirkonya

Zirkonyum materyalleri, yüksek mekanik dirençleri ve kimyasal-boyutsal stabilite ile özellikleri nedeniyle tam seramik restorasyonların alt yapısında yaygın olarak kullanılmaktadır.⁵⁴ Bu materyallerin kırılma dayanımları yaklaşık 1000 MPa'dır. Farklı kompozisyonlarda zirkonyum materyalleri bulunmasına rağmen, üretim yöntemlerine göre 3 grupta incelenirler.

Sinterlenmemiş zirkonyum dioksit bloklara, üretim aşamasında sinterleme işlemi ve basınç uygulanmaz ve bu bloklar preslenerek üretilirler. Kolay aşındırılırlar ve daha sonra sinterlenerek kullanılırlar.¹⁸

Yarı sinterlenmiş bloklar, zirkonyum dioksit tozunun basınçla sıkıştırılması ile elde edilirler ve ön sinterleme işlemi için 1350-1550 °C aralığında bir ısı uygulanır. ⁵⁵Tam sinterlenmiş bloklar ise başlangıçta 1300 °C'de sinterlenirler. %95 yoğunluktaki bu yapı çok serttir ve aşındırma işlemi zaman almaktadır.¹⁸

Yapılan çalışmalar sonucunda alümina içeriği %0,01'e kadar indirilerek monolitik zirkonya bloklar üretilmiştir.⁵⁶ Bu bloklar yüksek dayanıklılık gösterirken, aynı zamanda yüksek translusentlik özelliğine de sahiptirler. Yapısındaki nanopartiküller sayesinde porözite içermemesi ve %0,01'e kadar düşürülen alümina içeriği, ışık geçirgenliğinin artmasına olanak tanır.⁵⁷ Monolitik zirkonya blokların kırılma dirençleri 1200- 1500 MPa arasındadır. Bu yüksek fiziksel özellikleri sayesinde, interokluzal mesafenin sınırlı olduğu durumlarda 0,3 mm'ye kadar inceltilebilir kullanılabilmektedir. Ancak bu restorasyonlarda sinterleme sonrası aşındırma işlemlerinden kaçınılmalıdır. Bu materyaller, anterior ve posterior köprüler, tek kuronlar, implant üstü kuronlar, post-core, abutment yapımı inley ve onleyler gibi klinik endikasyonlar için kullanılabilir.

2.2.3. Rezin -Matriks Seramikler

Rezin matriks sistemleri, yüksek oranda seramik partikülleri ile doldurulmuş organik matriksli materyalleri içermektedir. Geleneksel seramik tanımı, "istenilen özelliklere ulaşmak için yüksek sıcaklıklarda pişirilerek elde edilen inorganik ametalik materyaller" olarak yapılmıştır.⁵⁸ Ancak, bu gruptaki materyaller organik bir matriksi içerirler. Bu nedenle, teorik olarak, bu materyaller klasik seramik tanımından dışlanmış gibi görülsede, "ADA Code on Dental Procedures and Nomenclature" adlı 2017 yılındaki güncel yayın, porselen/seramik terimini "Preslenen, fırınlanan, parlatılan veya milledenen, ağırlıklı olarak ısıya dayanıklı inorganik bileşenler içeren materyaller" olarak tanımlamıştır. Bu tanım sayesinde, ağırlıklı olarak %50'nin üzerinde ısıya dayanıklı inorganik bileşenlerden oluşan seramik benzeri bu materyaller sınıflamaya dahil edilmiştir.³⁰

Rezin Nanoseramik CAD/CAM Kompozit Sistemler

Son zamanlarda silika bazlı seramikler, benzersiz estetik özelliklerinden dolayı CAD/CAM sistemleri ile sıklıkla kullanılmaktadır. Feldspatik seramikler ve lüsit ilaveli cam seramikler yüksek estetik özelliklere sahiptirler ancak aynı zamanda düşük yorulma direncine sahiptir.⁵⁹

Cam seramiklerin mekanik özelliklerinin zayıf olması nedeniyle bunun yerine kompozit esaslı restoratif materyaller tercih edilmektedir.^{60, 61} Kompozit esaslı restoratif materyallerin elastisite modülü değeri dişe yakındır ve her ikisi de benzer okluzal kuvvet

kompanse etme kapasitesine sahiptir. Ancak kompozit materyaller, yetersiz sertlik nedeniyle daha fazla yüzey aşınmasına uğrar.^{27, 62}

Bu nedenle, nanoteknoloji kullanılarak kompozitlerin ve seramiğin olumlu özellikleri entegre edilmiş ve yeni dental restoratif materyallerin üretimindeki gelişmeler dikkate değer bir ilerleme göstermiştir. Maddeyi atomik ve moleküler seviyede kontrol etme bilimine nanoteknoloji denir. Materyallerin partikül büyüklükleri ve kimyasal özellikleri nanoteknoloji ile değiştirilebilmektedir.⁶³ Materyallerin partikül boyutu nano ölçekli boyutlara düşürüldüğünde, malzemenin kimyasal reaktivitesi artar.⁶⁴

Rezin nanoseramikler, nano boyutlu seramik parçacıklar Bis-GMA, UDMA, BisEMA ve TEGDMA içeren rezin matriksinden oluşur. Matriksin yapısı 20 nm çapındaki silika nanomerlerinden ve 4-11 nm çapındaki zirkonya nanomerlerinden oluşur.

Blokların üretimi sırasında yapıya katılan silan molekülü, rezin matriksi ile nano yapı arasında kimyasal bağların oluşmasını sağlar.⁶⁰ Silan iki işlevli bir moleküldür ve organik (rezin bazlı maddeler) ve inorganik (seramik ve oksitlenmiş metal alaşımları) malzemeler arasında kimyasal bağlar oluşturma yeteneğine sahiptir.^{65, 66} Silan molekülünün bileşen parçacığı 3-metakriloksi propiltrimetoksisilan'dır. Silan molekülü, metakrilat ve metoksi grupları olmak üzere iki farklı kimyasal yapı içerir. Metakrilat grubu rezin yapısının organik matrisini bağlarken, metoksi grubu seramik yapı ile kimyasal bağ oluşturur.⁶⁷

Nanoseramikler %80 seramik ve %20 rezin materyallerinden oluşmaktadır. Rezin matriks içerisine yüksek oranda gömülü nanopartiküllerin malzemenin aşınmaya ve kırılmaya karşı dayanıklı olmasını sağladığı belirtilmektedir. Seramiklerin nano boyutlu yapısı, inorganik seramikler ile organik rezin matriksi arasında oluşan kimyasal bağları da güçlendirir. Nanoparçacıkların boyutları 0,6-1 mikrometre arasında değişmektedir.⁶⁸

Elastisite modülü, stres altındaki malzemenin elastik deformasyonunun ölçüsü olarak tanımlanır. Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerin elastisite modülleri diş ile uyumlu olmalıdır. Bu uyum, restorasyonların uzun dönem başarısını olumlu yönde etkiler.^{69, 70}

Dokuların ve nanoseramiklerin uyumlu elastisite modül değerlerinin materyalin kırılmasını önlediği ve yüksek oranda uzun süreli klinik başarı sağladığı belirtilmektedir.

Okluzal kuvvetlere karşı yeterli kırılma direnci gösterebilmek için nanoseramik restorasyonların minimum kalınlığı en az 1 mm olmalıdır.^{60, 71}

Ancak rezin nanoseramiklerin dayanıklılık değeri diş ile uyumludur, bu nedenle karşıt dişlerde oluşan aşınma miktarı oldukça düşüktür. Ayrıca yapısındaki seramik materyal, kompozit materyallere göre yüksek renk stabilitesi sağlamaktadır. Basit yüzey bitirme işlemi ve parlatılmış yüzeylerin uzun süre dayanması, nanoseramik materyallerin önemli bir avantajı olarak bildirilmiştir.⁷² Rezin nanoseramiklere bloklara; Lava Ultimate (3M ESPE, ABD), Grandio (VOCO, Cuxhaven, Almanya) ve Cerasmart (GC, Tokyo, Japonya) örnek verilebilir.

Lava Ultimate blok: Nanoseramikler grubunda yer almakta olup CAD/CAM sistemleri ile kullanılmaktadır. Nanoseramik yapı ile rezin arasında oluşan güçlü kimyasal bağların bir sonucu olarak blok yüksek kırılma direncine sahiptir. Ayrıca materyalin bükülme direnci 200 MPa'dır.

Lauvahutanon ve ark.⁷³ Lava Ultimate'in elastisite modülünü 29,8 GPa olarak bildirmişler ve bu değer dentine çok yakın olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bloğun kuvvet absorbe etme özelliğinin yeterince yüksek olduğu ve bunun posterior restorasyonların yapımına olanak sağladığı düşünülmüştür.^{68, 74}

Lava Ultimate blokları ile inlay, onlay, laminate veneer ve kuron restorasyonları üretilebilir. Bu sistemle yapılan restorasyonların simantasyonunda adeziv bonding sistemleri önerilir. Geleneksel adeziv simantasyon tekniğinin aksine, bu sistemle üretilen restorasyonun iç yüzeyi hidroklorik asitle pürüzlendirme gerektirmez. Restorasyonların iç yüzeylerini pürüzlendirmek için kumlama tekniği daha uygundur.⁷¹

Lava Ultimate yüksek translusens (HT) ve düşük translusens (LT) bloklara sahiptir ve her bloğun 8 farklı renk tonu vardır (A1, A2, A3, A3.5, B1, C2, D2 ve Bleach). Daha büyük restorasyonlar üretmek için 14 L boyutlu bloklar da mevcuttur.⁶⁸

Voco Grandio Blok: 2017 yılının sonlarında piyasaya çıkan Grandio blok (VOCO, Cuxhaven, Almanya) %86 doldurucu oranına sahip bloklardır. Diş dokusuna benzerliği oldukça iyidir. Bükülme direnci 333 MPa, basınç dayanımı 530 MPa ve elastisite modülü 18 MPa 'dır. Elastisite modülü diş dokularına benzerdir. Fırınlama gerektirmemesi ve ince kenarlarda dahi freze edilebilmesi gibi avantajları bulunmaktadır.

Tamir edilebilme ve çok iyi polisaj yapılma imkanı sunar. Işık geçirgenliğine göre yüksek translusensi (HT) ve düşük translusensi (LT) olmak üzere iki farklı seçeneği

mevcuttur. İnley, onley, lamina, diş üstü ve implant üstü tek kuronlar endikasyonları arasındadır.⁷⁵

Grandio blok'un da dahil olduğu 4 farklı CAD/CAM materyalinin termal siklus ve mekanik yükleme ile yaşlandırma yapıldığı *in vitro* bir çalışmada en yüksek kırılma dayanımını Grandio blok göstermiştir.⁷⁶

Rezin Matrikste Cam Seramik Ağ Materyalleri

Bazı araştırmacılar, elastisite modülü açısından mineye benzerlik gösteren kompozitlerin ve mineye yakın elastisite modülüne sahip feldspatik seramiklerin birleştirilmesini önererek, ideal bir restoratif materyal geliştirilmesini araştırmışlardır.⁷⁷ Bu amaçla, 2013 yılında CAD/CAM sistemleri için üretilen "Enamic" (VITA, Bad Säckingen, Almanya) adlı bir "hibrit seramik" öne çıkmıştır. Enamic, ağırlıkça %86' sı alüminyum oksit içeren zenginleştirilmiş feldspatik seramikten oluşurken, organik matriksi UDMA ve TEGDMA monomerlerini içermektedir. Bu özel materyalin yapısında, düşük viskoziteli polimer, kapiller hareketler aracılığıyla kısmen sinterleşmiş seramik partiküllerinin içine infiltre edilmiştir. Bu poröz yapı, bükülme direncini artırırken, elastik modülü ve sertliği azaltmıştır.⁷⁸ Enamic'in bükülme direnci yaklaşık 140 MPa, elastik modülü ise ortalama 28 GPa'dır. Bu materyal, dişlerle benzer sertliğe sahip olduğu için, karşı dişte aşınma sorununu ortadan kaldırırken, düşük sertlik seviyesi materyalin hızlı bir şekilde işlenmesine olanak tanır.⁷⁹ Bu nedenle, diş üstü ve implant üstü kuronlar, inley, onley ve veneer gibi restorasyonlarda kullanım için uygundur.⁷⁸

2.3. Diş Macunları

Diş macunları eski mısırlılar (MÖ 3000-5000) tarafından icat edilen ezilmiş yumurta kabukları ve külleri içeren diş tozu olarak başlamış, modern yapısına ve görünümüne ulaşana kadar farklı kültür ve medeniyetler tarafından modifiye edilerek devam etmiştir.⁸⁰ Yıllar geçtikçe diş macunları gelişerek farklı biçim almış ve birden fazla bileşim eklenmiştir.

Günümüzde diş macunları, bir hidrokolloid vasıtasıyla sulu bir nemlendirici fazda süspanse edilmiş bir aşındırıcı karışımıdır. Bu matriste yüzey aktif maddeler, aktif (terapötik) bileşenler, koruyucular, renklendiriciler, tatlandırıcılar, aroma bileşikleri ve diğer bileşenler bulunmaktadır.⁸⁰ Diş macunları, çürük önleyici araçlar olarak topikal florür iletiminin baskın aracı olarak dünya çapında kabul görmüştür.⁸¹

2.3.1. Diş Macunlarının İçeriklerinde Bulunan Maddeler

Aşındırıcılar:

Aşındırıcılar diş yüzeylerini temizleyen ve parlatan maddelerdir. En yaygın kullanılan aşındırıcılar kalsiyum karbonat, alümina ve dikalsiyum fosfattır. Kalsiyum fosfat ve alümina ucuz bileşenlerdir ancak kalsiyum florür oluşturan serbest florür iyonları ile olumsuz reaksiyona girecekleri için sodyum florür ile kullanılamazlar.⁸²

Bununla birlikte dikalsiyum fosfat, sodyum fosfat veya sodyum monoflorofosfat ile formüle edilebilir. Günümüzde çoğu diş macunu, daha pahalı olan ancak birçok florür tuzu ile birleştirilebilen silika içerir. Kullanımı, diş macunlarına parlaltı ve renklendirici maddeler eklenmesini sağlamıştır. Silika konsantrasyonu %10-20 arasında değişir.

Nemlendiriciler:

Diş macunlarının içerisindeki suyun ayrılmasını ve buharlaşmasını önlemek ve macuna pürüzsüz, parlak bir görünüm sağlamak için kullanılmaktadırlar. Böylece diş macununda oluşacak nem kaybının önüne geçerler. Gliserin ve sorbitol, diğer maddelerle uyumlulukları ve uygun maliyetleri nedeniyle en yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Yüzey aktif maddeler:

Sürfaktanlar sadece diş macunlarının köpürme etkisinden sorumlu değildir, aynı zamanda ağız içi dağılmalarına da yardımcı olurlar. En yaygın kullanılan ajan, genellikle %0,5- 2,0 arasındaki bir konsantrasyonda dahil edilen sodyum lauril sülfattır. Sodyum lauril sülfat (SLS), kararlı yapıdadır.⁸³

Bağlayıcılar:

Diş macunun kıvamını ve stabilitesini düzenlerler. Tüm bileşenlerin homojen bir dağılımını içeren bir jel fazı üretir ve bileşenlerin uzun süreli depolama sırasında ayrılmasını önlemektedir. Ayrıca, diş fırçasına uygulandığında lifli görünümünden ziyade kolay akmasından sorumludurlar. En yaygın olarak kullanılan bağlayıcılar aljinat, sodyum karboksi metilselüloz, magnezyum alüminyum silikat, sodyum magnezyum silikat, kolloidal silikadır.⁸⁴

Tatlandırıcılar:

Öncelikle diş macunun tadını iyileştirmek amacıyla eklenirler, sürfaktanların genellikle hoş olmayan tadını maskelerler. Aromalar en pahalı ve en uçucu yardımcı maddelerdir ve %0,5'in altındaki konsantrasyonlarda kullanılabilirler. Yaygın olarak kullanılan tüm tatlandırıcılar yapaydır. Diş macunu üreticilerinin çoğu sodyum sakkarin veya sukraloz kullanmaktadır. Ksilitol, amacı çürük önleme olmasına rağmen, bir tatlandırıcı olarak da kabul edilebilir.⁸⁵

Renklendiriciler:

Çoğu diş macunu ve gargara, onlara çekici bir görünüm veren renklendirici maddeler içerir. Titanyum dioksit genellikle diş macunlarına beyaz bir renk vermek için eklenir.⁷⁵ Eritrosin kırmızı renk, tartrazin ise sarı renk için kullanılır.⁸⁰

Su:

Diş macunlarının içeriğinde ortalama %20-40 oranında su bulunur. Su, diş macunu içerisindeki inorganik aktif içerikler ve özellikle florür için önemli bir çözücü görevi görür.

Koruyucular:

Diş macunlarında %0,05-0,5 oranında bulunmaktadır. Diş macununun bakteriyel kontaminasyona karşı korunmasını sağlayan ajanlardır. Koruyucular, diş macunları ve gargaralarda mikroorganizmaların büyümesini engeller. Çoğunlukla sodyum benzoat, metilparaben ve etilparaben kullanılmaktadır.⁵⁷

2.3.2. Beyazlatıcı Diş Macunları

Beyazlatıcı diş macunlarının asıl amacı, dışsal renklenmeleri mekanik yollarla gidermek ve tekrar oluşmalarını engellemektir.⁸⁶ Beyazlatıcı diş macunları, abrazyivler, kimyasal maddeler ve optik maddeler dahil olmak üzere gelişmiş fiziksel ve kimyasal temizleme özelliklerine sahip formülasyonlara dayanmaktadır. Hidrojen peroksit (HP) ve karbamit peroksit (KP), sodyum bikarbonat, hidrate silika, alüminyum oksit, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat veya perlit gibi maddeler bu diş macunlarına eklenmişlerdir. Bu formülasyonlarla üretilen beyazlatıcı diş macunları diş minesinin yüzeyinde biriken pigmentli biyofilmleri ve kromoforları mekanik olarak uzaklaştırmaya yardımcı olur.⁸⁷

Aşındırıcıların günlük kullanımı, yüzey renklenmesini önlemeye yardımcı olur, kromoforların yapışmasını engeller, pigmentasyonunu azaltır ve böylece mine yüzeyini değiştirir. Oksitleyici ajanlar veya enzim içeren beyazlatıcı diş macunları ise dişlere yapışan pigmentleri kimyasal olarak değiştirerek, renk değişikliğinin yoğunluğunu ve görünümünü azaltır. Ayrıca diş macunlarında bulunan titanyum dioksit partikülleri, diş yüzeyindeki çukurcuklara dolarak dişin daha beyaz görünmesini sağlayan bir illüzyon yaratır.^{87, 88}

Abraziv Diş Macunları

Beyazlatıcı diş macunlarındaki ana fonksiyonel bileşenlerden biri, dışsal renklenmeleri etkili bir şekilde çıkarabilen ve diş lekelerinin diş sert dokularına aşırı aşındırma olmaksızın yeniden oluşmasını önleyebilen abrazivlerdir.⁸⁸

Diş macunlarında kullanılan abrazivlerin tarihi 2000 yılı aşkın bir süre öncesine kadar dayanmaktadır.⁸⁹ Günümüzde, hidratlı silika, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat, alümina, perlit ve sodyum bikarbonat, lekelerin, plakların ve yemek artıklarının fiziksel olarak giderilmesine yardımcı olmak için diş macunlarında kullanılmaktadır.⁹⁰

Bu abraziv materyaller, fiziksel olarak lekeden daha sert oldukları için diş fırçalama sırasında lekeleri çıkarabilirler. Bu nedenle, abraziv maddelerle beyazlatma dışsal lekeleri etkiler ve altta yatan herhangi bir içsel renk değişikliğini veya dişin doğal rengini büyük ölçüde etkilemezler.⁸⁸

İstenmeyen diş aşınmasını önlerken beyazlatma etkinliğini artırmak için, diş macununun diş sert dokularına zarar vermemesi beyazlatıcı diş macunu tasarımında önemli bir faktör olarak kabul edilir. Relatif Dentin Abrazyonu (RDA) ve Relatif Mine Abrazyonu (REA), diş macunundaki aşındırıcıların diş minesi üzerindeki eroziv etkisini ölçmek için kullanılmaktadır.⁹⁰

Silika, diş macunlarında en çok kullanılan abraziv ajanlardan biridir. Yakın zamanda yumuşak silika geliştirilmiştir. Yumuşak silika, geleneksel silikaya göre daha az sert üretilmiş olup, dentin abrazyonuna daha az neden olmaktadır (geleneksel silika= 110 RDA, yumuşak silika= 87 RDA).⁹¹ Diğer silika bileşenlerine kıyasla leke çıkarma ve önleme özelliklerinde önemli bir gelişme sağladıkları ve mine aşınmasında önemli bir artışa yol açmadıkları bildirilmiştir. Abraziv ajan içeren diş macunlarına; Oral B 3D White Luxe/Perfection (P&G,Brezilya), Parodontax Beyazlatıcı Tam Koruma (Gsk

Group of Companies, İngiltere) ve Clinomyn Taze Nane Tütün Lekesi Karşıtı (Trimb Healthcare Ab, Stockholm, İsviçre) örnek verilebilir.

Kimyasal Ajanlar

Beyazlatıcı diş macunları, diş lekelerin çıkarılmasına veya önlenmesine yardımcı olarak ağartmayı arttıran ek kimyasal maddeler içerebilir. Daha önce çalışılan bileşenler arasında yüzey aktif maddeler, peroksit, enzim, sitrat, pirofosfat ve heksametafosfat bulunur.

Hidrojen peroksit veya kalsiyum peroksit gibi ajanlar, kimyasal mekanizma ile ağartma sağlayan diş macunlarına eklenmektedir. Bu peroksitler, diş dokusuna nüfuz eder ve diş yüzeyinde renklenmeye neden olan moleküler yapıların bağlarını kırarak ağartma etkisi gösterir. Ancak, peroksitler diş macununa eklenirken konsantrasyonuna dikkat edilmelidir. Macun içindeki konsantrasyonlarının düşük olması, peroksit içeren ağartma etkili diş macunlarının içsel diş lekelerini uzaklaştırma etkinliği ile ilgili tereddütleri beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte, peroksit içeren diş macunlarının dışsal diş lekelerini etkin bir şekilde giderdiği bildirilmiştir.⁸⁸

Bu macunlara eklenen HP konsantrasyonu %5,3- 6,5 arasında değişmekle birlikte, bu macunların 14 gün boyunca günde 2 kez kullanımları önerilmektedir.⁹² Fırçalama sırasında peroksit bazlı beyazlatıcı macunların ofiste ya da evde hekim kontrolünde uygulanan peroksit jellere kıyasla (ortalama 2 dakikalık fırçalama süresi göz önüne alındığında) daha kısa uygulama süreleri vardır. Bu durum macunların beyazlatma etkinliğini azaltmaktadır.⁹³ Yapılan çalışmalarda %2,8 HP içeren beyazlatıcı bir diş macununun yaklaşık 7 hafta boyunca günde üç kez (her seferinde 3 dakika diş fırçalama), %0,7 HP içeren diş macununun ise 9-10 hafta boyunca kullanılması önerilmektedir.⁹⁴ Peroksit içeren diş macunlarının özellikle hekim kontrolü altında kullanılması ve hekim tarafından reçete edilmesi önerilmektedir.

Oksidan enzim içeren beyazlatıcı diş macunları, diş yüzeylerindeki pigmentleri kimyasal olarak değiştirir ve aynı kimyasal etkiyle renk değişikliğinin yoğunluğunu azaltır.⁹⁵ Pelikula dahil olan boya moleküllerinin çoğu protein içerdiği için proteaz ve papain gibi enzimler, beyazlatıcı bir etkiye sahip olabilmektedir. Son dönemlerde diş macunlarına, plazdon ya da povidon bazlı olan krospovidon polimeri eklenmiştir, ancak dışsal lekelerin çıkarılmasındaki yeteneği henüz net olarak değerlendirilmemiştir. Mavi kovarin ile plazdon içerikli macunlar fırçalama ile kıyaslandığında ise, leke çıkarma ve

renk değişiminde zamanın önemli bir faktör olduğu ancak diş macununun önemli bir faktör olmadığı sonucuna varılmıştır.⁹⁶

Pirofosfat, tripolifosfat ve heksametafosfat gibi fosfat türevleri, mine, dentin ve diştaşı için güçlü bir bağlanma afinitesine sahip olma eğilimindedir ve adsorpsiyon sırasında leke bileşenlerini desorbe ettikleri gösterilmiştir.^{94, 97} Beyazlatıcı diş macunlarında tek başına sodyum pirofosfat kullanılmıştır, ancak esas olarak diştaşı önleyici aktivitelere sahiptirler.⁹⁸ Sodyum tripolifosfat (STP), beyazlatıcı diş macunlarına tek başına veya pirofosfat ile kombinasyon halinde dahil edilmiştir.⁹⁹

Yapılan bir çalışmada, STP ve pirofosfatın bir kombinasyonunu içeren beyazlatıcı bir diş macunu, yalnızca STP içeren bir beyazlatıcı diş macununa göre önceden var olan diş kaynaklı lekede önemli ölçüde daha fazla azalma sağlamıştır ve her iki ürün de normal bir silika içeren diş macunundan önemli ölçüde daha iyi sonuç göstermiştir.^{100, 101}

Diğer klinik çalışmalarda, STP/pirofosfat içeren beyazlatıcı diş macununun, silika içeren macun kontrol grubuna göre önceden var olan dişsal lekeleri önemli ölçüde daha fazla giderdiği gösterilmiştir.^{99, 102}

Sodyum heksametafosfat (HMP), tekrar eden pirofosfat alt birimlerini içeren daha uzun zincirli bir pirofosfat çeşididir. Pirofosfata kıyasla diş yüzeylerinde tutma ve kalıcılığını artırma ve diş yüzeyine leke-kromojen adsorpsiyonunu potansiyel olarak azaltma potansiyeline sahip çoklu bağlanma bölgelerine sahiptir.⁹³ Klinik çalışmalarda, %5 HMP içeren bir diş macununun, 3 ve 6 haftalık ürün kullanımından sonra kontrol diş macunlarına kıyasla klorheksidin/çay kaynaklı lekeyi önemli ölçüde giderdiği gösterilmiştir.^{103, 104} Ek olarak, HMP diğer beyazlatıcı diş macunu formülasyonlarına dahil edilmiştir ve klinik çalışmalarda gelişmiş leke çıkarma faydaları sağladığı da gösterilmiştir.¹⁰⁵

Hidrojen peroksit içeren diş macunlarına; Colgate Optic White Expert, (Colgate-Palmolive, ABD) ve Rembrandt® Deeply White® + Peroxide Toothpaste (Johnson&Johnson, ABD) örnek olarak verilebilir.

Yüzey Aktif Maddeler

Son dönemde, aktif karbonlar dişlerin renklenmesinden sorumlu lekeleri, kromoforları ve pigmentleri absorbe etme yetenekleri nedeniyle dikkat çekmektedir.¹⁰⁶ Piyasada bulunan kömür tozu içeren diş macunlarının tipik bir özelliği, kontrollü bir

şekilde ısıtılmış ve oksitlenmiş toz aktif karbon içermesidir. Bu tür macunların içeriğinde bentonit kilinin ve aktif karbonun girintili yapıdaki plak, bakteri ve lekeli materyali tutma özelliği sayesinde daha temiz bir diş yüzeyi elde edilir. Ayrıca, profesyonel bir diş temizliği sonrasında aktif karbonlu diş macununun kullanımının lekelenmeyi geciktirdiği bildirilmiştir. Ancak, karbon iyonlarının flor emme yeteneği nedeniyle, flor içeriği sınırlı olan veya düzenli olarak flor içermeyen aktif karbonlu diş macunu kullanan kişilerde çürük riskinin artabileceği belirtilmektedir.¹⁰⁷

Bununla birlikte, biyomimetik bir aktif bileşen olan hidroksiapatit partiküllerinin ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$), insan mine kristallerine mekanik olarak benzediği ve aşındırıcı olmadığı düşünülmektedir.¹⁰⁸ Bu, beyazlatıcı ajanlar olarak kullanılan alümina ve perlit gibi maddelere göre avantajlı bir seçenek olarak görülmektedir. Biyomimetik hidroksiapatitin beyazlatma etkisi, mine yüzeyinde beyaz bir mineral tabakanın oluşumunu, mine lezyonlarının remineralizasyonunu, daha pürüzsüz bir mine yüzeyini, plak oluşumunun ve dışsal lekelerin azalmasını içerir.¹⁰⁹

Aktif kömür içeren diş macunlarına; Signal White Now Detox Kil Minerali & Aktif Karbon (Unilever, ABD) ve Colgate Optic White Charcoal (Colgate-Palmolive, ABD) örnek olarak verilebilir. Flash White Smile Beyazlatıcı Onarıcı Diş Macunu (Whitesmile Gmbh Weinheimer Birkenau/Almanya) ise hidroksiapatit içeren diş macunlarına örnek olarak verilebilir.

Optik Modifiye Edici Diş Macunları

Beyazlatıcı diş macunlarındaki başka bir mekanizma ise; beyazlık algısında değişim yaratmak için sarıdan maviye renk geçişinin kullanılmaktadır. Optik modifiye edici diş macunları, mavi kovanin gibi pigmentlerle diş yüzeyinde yarı saydam bir tabaka oluşturmaktadır. Bu yarı saydam tabaka, ışığın diş yüzeyiyle etkileşimini değiştirir böylece yüzey anında daha parlak ve beyaz görünür.⁸⁸ Mavi kovanin içerikli diş macunlarının içermeyen macunlara göre önemli fark gösterdiği belirtilmekle beraber, macundaki mavi kovanin miktarının da fırçalama sonrasındaki renk değişimi üzerinde etkili olduğu gözlenmektedir.¹¹⁰ Bazı beyazlatıcı diş macunları, beyazlatıcı bir etki elde etmek için titanyum dioksit adlı beyaz pigmenti içerirler. Titanyum dioksit, diş yüzeyindeki düzensizliklere nüfuz ederek, dişlerin daha beyaz görünmesine yol açan optik illüzyonlar oluşturur.¹¹¹

Yapılan bir *in vitro* çalışmada, çekilmiş dişlerin fırçalanmasının ardından, mavi kovarin içerikli diş macununun diş yüzeyinde algılanabilir şekilde sarıdan maviye bir renk değişimi gösterdiği rapor edilmiştir.¹¹² Bu diş macununun ayrıca klinik olarak kanıtlanmış diğer silika bazlı beyazlatıcı diş macunlarına kıyasla diş lekelerin çıkarılması için etkili bir aşındırıcı sisteme sahip olduğu da gösterilmiştir.¹¹³

Ayrıca, Collins ve ark. klinik bir çalışmada, mavi kovarin içeren diş macunu ile bir kez fırçalamanın, diş sarılığında önemli bir azalma (b^*) ve diş beyazlığında (WIO İndeksi) bir artış sağlayabildiğini göstermiştir.¹¹⁴ Bu nedenle, mavi kovarin içeren silika bazlı diş macunu, yalnızca diş lekelerin giderilmesinde değil, aynı zamanda dişlerin içsel renginin önemli ölçüde beyazlatılmasında da etkilidir. Mavi kovarin içeren diş macunlarına; Signal White Now Ekstra Ferahlık, (Unilever, İngiltere) İpana 3d Beyazlık, Tütün Lekesi Karşıtı (P&G, Cincinnati, Ohio, ABD) örnek olarak verilebilir.

2.3.3. Diş fırçası

ADA'nın kabul ettiği kriterlere göre ideal diş fırçası boyutları 25.4-31.8 mm uzunluklarında, 7.9-9.5 mm genişliklerinde olması, 2-3 ya da 4 sıra kıl kümesi içermesi ve her sırada 5 ile 12 küme bulunması gerekmektedir. Ayrıca kullanılan kılın çapı da 0.2 ile 0.4 mm arasında değişiklik gösterir. Günümüzde üretilen diş fırçalarında kullanılan naylon kılların çoğunluğu yuvarlatılmış uca sahip olup son yıllarda uca doğru incelecek tarz da üretilmiş olanlar da mevcuttur. Diş fırçasında kullanılan kılın çapı arttıkça sertliği de artar. Diş fırçalarında genellikle kullanılan kılların çapı; yumuşak olanlar için ortalama 0,2 mm, orta sertlikteki kıllar için 0,3 mm ve sert kıllar için 0,4 mm'dir. Yumuşak kıllar daha esnek bir yapıya sahiptir; bu nedenle diş-dişeti birleşimini, dişeti oluşunu daha iyi temizlerken ve interproksimal bölgelere daha iyi erişim sağlar. Sert kılların kullanımı ise dişeti çekilmelerine yol açabilecek daha fazla baskıya neden olabilir.¹¹⁵

2.3.4. Diş fırçalama simülatörü

Fırçalama simülatörü, bir diş yüzeyinin veya restoratif materyalin belirli bir süre boyunca sabit bir kuvvetle fırçalanması nedeniyle yüzey özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikleri değerlendirmek için kullanılan bir cihazdır. Numunelere uygulanan diş fırçalama işlemi, ağız ortamında diş fırçalamanın neden olduğu aşınmayı taklit eder.¹¹⁶

Bir restorasyonun uzun vadeli klinik başarısı her zaman diş hekiminin ana hedeflerinden biridir. Restorasyonlar, ağız boşluğunda yüzey kalitesini değiştirebilen termal, kimyasal ve mekanik süreçler dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir. Restorasyonların optik özellikleriyle ilgili yapılan araştırmalarda, fırça aşınmasının renk faktörü üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir. Ancak, rezin içeren CAD/CAM bloklarının renk ve parlaklık özelliklerine fırça abrazyonunun etkisi ve bu etkilerin zaman içinde nasıl değiştiği konusunda sınırlı bilgi mevcuttur.

2.4. Diş Hekimliğinde Renk

2.4.1. Işık

Işık, üç elementin arayüzündeki elektromanyetik dalgaların psiko-duyusal bir olgusudur: ışık kaynağı, nesne ve gözlemci.¹¹⁷

Enerjisi nedeniyle, nesne pigmentleri insan gözüyle görünür hale gelir. Işık olmadan renk olmaz. Newton, bugün hala kabul edilen bir ilke oluşturmuştur: Işık renktir.¹¹⁸

2.4.2. Renk

Renk genel olarak bir sanat formu olarak algılandığında, renk teorisinin arkasında gerçek bir bilim vardır. Isaac Newton, renk fiziğini ilk yıkan kişidir. Renk, Newton tarafından bir spektrum olarak tanımlanmıştır. Bu spesifik spektrumda, kızılötesi ve ultraviyole ışıklar arasındaki 400-700nm dalga boyları aralığı, 'görünür ışık spektrumu' olarak tanımlanır.

Gözler, ışığın yalnızca bu belirli dalga boylarını algılayabilir. Bu dalga boyları kırmızı, turuncu, sarı, mavi, indigo, mor olarak isimlendirilmiştir. İnsan gözü bu renkleri, üç tip renk reseptörünün varlığından dolayı yeşil, kırmızı ve mavinin varyasyonları olarak algılayabilir. Her ton, dalga boyuyla tam olarak tanımlanır.^{58, 118, 119}

Newton'un renk bilimiyle ilgili çığır açan çalışmasıyla ışığa dikkat çekilmiştir. Newton, beyaz ışığın tüm renkleri içerdiğini söylemiştir. Bir nesne belirli bir renkte görünüyorsa, bu, ışığın belirli bir dalga boyunun yansıtıldığı ve geri kalanının nesne tarafından emildiği anlamına gelir. İnsan gözünün algısı, nesne ve ışığın etkileşimi ile gelişir. Nesne diğer renkleri emer ve insan gözünün algıladığı belirli rengi yansıtır. Bu nedenle ışık olmadan renk olmaz. Algılanan renk, bireysel renk algısı, yaş, cinsiyet, retina

yorgunluğu, ışık durumu, arka plan etkisi, iki göz arasındaki fark ve bazı psikolojik faktörlerle ilişkilidir.¹²⁰⁻¹²²

Renk algısı süreci iyi tanımlandıktan sonra, özellikle renk eşleştirme teknikleri açısından diş hekimliğine uygulanabilir. Bir ortam oluşturmak için görüntülerin yakalanma süreci (örneğin, bir dijital kamera tarafından alınan görüntüler), insan gözünün renk algısı prosedürüne benzemektedir.

Chu ve arkadaşlarına göre, bir dijital kameranın insan gözü gibi subjektif değerlendirmeleri olduğunu ve hastanın diş rengini tam olarak değerlendiremeyeceğini düşünmek önemlidir.¹¹⁸ Ancak son zamanlarda bu ifadelerle çelişen çeşitli çalışmalar olduğu için bu bağlam tartışmalıdır.

Tamamlayıcı renklerin eklemeye ilkesi, bir restorasyonun değerini (parlaklığını) değiştirmek için kullanılabilir.^{123, 124} Restorasyonun parlaklığının düşürülmesi gerekiyorsa, restorasyonu daha gri ve dolayısıyla parlaklığının azaltılması için bu restorasyona tamamlayıcı renk eklenebilir.

2.4.3. Renk Sistemleri

Yirminci yüzyılın başlarından günümüze, renkleri matematiksel olarak ölçmek için birçok farklı sistem geliştirilmiştir. Bir renk düzenleme sistemi, renklerin üç boyutlu uzaydaki konumlarını sistematik olarak düzenlemek için kullanılır. Bu sistemler eğitim amaçlı renk tanıma için kullanılmaktadır. Ayrıca endüstride renk tayini için de kullanılmaktadır.

Yaygın kullanımdaki sistemlerin çoğu yirminci yüzyılda geliştirilmiştir. Birçok farklı prensibe göre tasarlanmış renk sistemleri olmasına rağmen hiçbirisi tam anlamıyla etkili sayılmaz. Munsell ve CIE renk düzenleme sistemleri, hem geliştirme ilkeleri hem de nitelikler açısından bunlardan en çok kullanılanlarıdır.¹²⁵

Munsell Renk Sistemi

Munsell renk sistemi tutarlı olması, kullanım kolaylığı gibi nedenlerle diş hekimliğinde renk seçiminde sıklıkla tercih edilen ve dünya çapında bilinen bir sistemdir.¹²⁶ Bu sistemde renkler; “hue”, “value” ve “chroma” terimleri ile açıklanmaktadır.¹²⁷

Hue: Bir rengi diğerinden ayıran renk kalitesi hue olarak tanımlanmaktadır¹²⁸. Munsell'in sözleriyle, "Bir renk ailesini diğerinden, kırmızıyı sarıdan, yeşili maviden veya

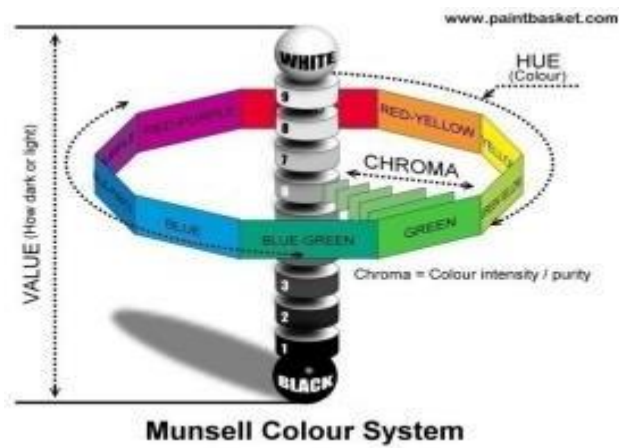
mordan ayırmamızı sağlayan niteliktir. Munsell renk sisteminde saat yönünde sıralanmış olan 5 ana renk tanımlanmaktadır.

Value: Parlaklık derecesini yani tonun açıklığını veya koyuluğunu tanımlamaktadır. Yansıtılan ışığın oranı ne kadar yüksek olursa, parlaklık o kadar yüksek olur. Değer ölçeği 0 (tamamen siyah) ile 10 (tamamen beyaz) arasında değişir.¹²⁹

Chroma: Bir rengin doygunluğu, yoğunluğu veya gücü olarak adlandırılır. Chroma ve value ters bir ilişkiye sahiptir; chroma artarsa parlaklık azalır.¹²⁷

Munsell Renk Sistemi Atlası, 1915 yılında yayınlanmıştır ve renklerin üç boyutlu düzende sıralandığı bir renk ağacı sunmaktadır.¹³⁰ Bu sistemde, içi dolu bir küre veya silindir şeklinde temsil edilen üç boyutlu figürün merkezinde renksiz veya akromatik eksen yer alır. Saf beyaz renk en üstte, saf siyah renk ise en altta bulunur (Şekil 2).

Renklerin belirlenmesinde kullanılan üç boyutlu sistemde, hue boyutu merkez ekseninde yer alan 10 renk arasında sıralanırken, chroma boyutu tekerlek parmağı üzerinde yer alır. Renkler periferde en saf halleriyle temsil edilirken, merkezdeki akromatik value eksenine yaklaştıkça soluklaşırlar. Bu sistemde value boyutu, renklerin açıklık ve koyuluğunu belirler ve renk ağacındaki dokuz tekerlek ile sembolize edilir. En koyu renkler en alttaki tekerlekte yer alırken, en açık renkler ise en üstteki tekerlekte bulunur. Ayrıca, noktalar sarı ve mor-mavi hue değerlerini yansıtmak için silindir üzerindeki değişimi gösterir.^{131, 132}

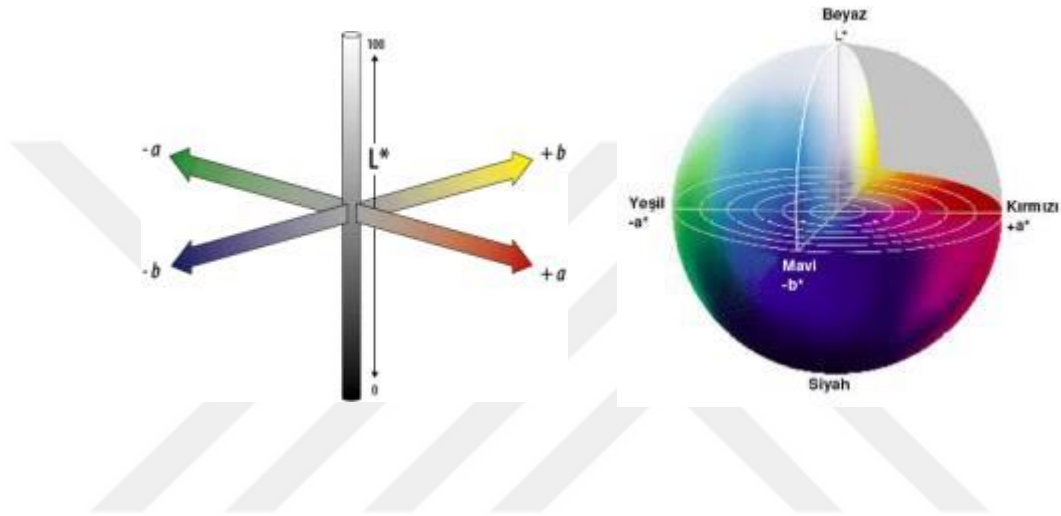


Şekil 2: Munsell'in üç boyutlu renk sistemi

CIE Lab (Commission Internationale de l'Eclairage):

CIE (International Commission on Illumination) tarafından 1976 yılında yapılan bir renk tanımlaması olan. CIE Lab, renk algılamasının insan gözündeki üç ayrı renk reseptörüne (kırmızı, yeşil ve mavi) dayandığını kabul eden bir teoriyi desteklemektedir. Bugün en popüler renk sistemlerinden biri olarak kabul edilmektedir.^{133, 134}

CIE Lab renk sisteminin avantajı, görsel renk algılanması dayalı olarak renk aralıklarının eşit mesafelerle ve düzenli bir şekilde sıralanmış olmasıdır.^{134, 135} Bu üç boyutlu renk sisteminin üç eksenine ise L^* , a^* ve b^* şeklindedir (Şekil 3).



Şekil 3. CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemi

L^* eksenine, renklerin açıklık ve koyuluk koordinatlarını belirler. Mükemmel siyah rengin L^* değeri 0 iken, mükemmel beyaz rengin L^* değeri 100'dür.¹³³ L^* değeri cismin parlaklığını tanımlar ve Munsell sistemindeki value değerine benzerdir. a^* eksenine; renkteki kırmızılığı (pozitif a^*) veya yeşillik (negatif a^*) miktarını belirtirken, b^* eksenine ise sarılık (pozitif b^*) veya mavilik (negatif b^*) miktarını gösterir. a^* ve b^* değerleri renk algısının yoğunluk (chroma) bölümünü belirleyen koordinatlardır.^{136, 137} Ancak, Munsell sistemindeki hue ve chroma ile tam olarak örtüşmezler. CIE Lab 3 boyutlu renk sistemi, düzenli bir yapıya sahip olup renkleri ölçmeye yöneliktir. ΔE_{ab} ise renk çalışmalarında iki örneğin renk farkını ölçmek için kullanılan bir değerdir.¹³⁸

ΔE aşağıdaki formülle elde edilebilir:

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

Ortaya çıkan ΔE_{ab} , a ve b noktası arasındaki en kısa mesafedir.¹¹⁸ Dijital renk analizlerinde amaç, dişin servikal, koronal ve insizal bölgeleri için mümkün olan en

hassas ΔE değerine ulaşmaktır. ΔE değerlerinin doğrusal olmadığını, bir gölgenin diğerinden daha koyu veya daha açık olduğunu karşılaştırmadıklarını belirtmek önemlidir. ΔL (değer değişimi) en önemli parametredir, çünkü insan gözü değerdeki küçük değişiklikleri bile hue veya chroma göre daha kolay algılayabilir.¹³⁹ ΔL değerinin 2,0 birimden daha azının klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmektedir.¹⁴⁰

CIEDE 2000 Renk Sistemi

Renk farklılıklarını değerlendirebilmek için CIELab formülünü alt yapı olarak kullanan çeşitli formüller geliştirilmiştir. Bu formüller arasında en yaygın olarak önerilen CIEDE2000 formülüdür. Bu formül diğer formüllere kıyasla daha karmaşık yapıya sahip olmasına rağmen, dış renkleri arasındaki farklılıkları değerlendirebilmek için daha etkili bir yol sunmaktadır. Dış renkleri arasındaki algılanabilir ve kabul edilebilir renk farklılıklarını daha hassas bir şekilde belirlemek için etkili göstergeler sağlar ve renk farkı hesaplamaları için daha iyi bir uyum göstermektedir.

CIEDE2000 formülünde, $\Delta L'$ açıklığı, $\Delta C'$ parlaklığı, $\Delta H'$ renk tonunu ifade eder. RT rotasyon fonksiyonu (genel döndürme fonksiyonu), mavi bölgedeki renkler ve renk tonları arasındaki farklılıkları hesaplar. Ağırlıklandırma fonksiyonu (S_l , S_c , S_h), L' , a' , b' koordinatlarındaki çiftler arasındaki toplam renk farklılıklarının varyasyonlarını belirtir. Parametrik faktörler (K_l , K_c , K_h) deneysel şartlar için düzeltme terimleridir.

Literatürde, CIELab ve CIEDE2000 formüllerini karşılaştıran çeşitli çalışmalar ve polimerizasyon ve termal siklus döngüsünden sonra ΔE_{ab} ve ΔE_{00} arasında anlamlı korelasyon olduğunu göstermiştir.¹⁴¹ Bununla birlikte, bu korelasyon, yalnızca formüllerin sonuçtaki değerlerinin birbiriyle değiştirilemez, orantılı olduğunu ifade eder. Ayrıca CIEDE2000 formülünün görsel algı ile daha uyumlu olduğu¹⁴² ve seramik malzemeler için algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşiklerine daha iyi uyduğu ve özellikle hafif renk farklılıkları için CIELab uyumsuzluğunu arttırdığı teyit edilmiştir.¹⁴³

¹⁴⁴ CIEDE2000 (ΔE_{00}) formülü ise şu şekildedir:

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

Renk farklılıklarını değerlendirmek için iki eşik vardır, algılanabilirlik eşiği (perceptibility: PT) ve kabul edilebilirlik eşiği (acceptability: AT)¹⁴⁵, bu eşikler restoratif materyal seçimi için kılavuz işlevi görebilir, materyallerin renk stabilitesini değerlendirebilir, enstrümantal ve görsel farklılıkları yorumlayabilir.¹⁴⁶ %50:50

algılanabilirlik eşiği, gözlemcilerin %50'sinin renk farkını algılayabildiği, geri kalan %50'nin ise iki nesne arasındaki renk farkını algılayamadığı bir durumu tanımlar. Benzer şekilde gözlemcinin %50'si renk değişimini kabul edilebilir, diğerinin kabul edilemez bulunduğu durumda bu durum %50:50 kabul edilebilirlik eşiğine karşılık gelmektedir.^{146,}

147

Dişlerin ve restoratif materyallerin görsel eşiklerini değerlendiren birçok çalışma vardır, ancak Paravina ve ark.¹⁴⁷ CIELab $\Delta E_{ab}=1,2$ birim algılanabilirlik eşiğini, $\Delta E_{ab}=2,7$ birim ise kabul edilebilirlik eşiğini ifade eder. CIEDE2000 için ilişkili AT ve PT değerleri sırasıyla $\Delta E_{00}=1,8$ ve $\Delta E_{00}=0,8$ 'dir.¹⁴⁶

2.4.4. Diş Hekimliğinde Renk Ölçümü

Görsel renk analizi, bir nesnenin renginin renk standartları ile karşılaştırılmasıdır. Diş hekimliğinde renk analizi renk skalaları kullanılarak görsel olarak yapılmaktadır. Renk seçimi, önerilen bir sırayla parlaklık derecesi, renk tonu ve doygunluk derecesi seçimi olarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde, diş ve renk skalası aynı ışık kaynağı altında subjektif olarak karşılaştırılır. Renk ölçümü açısından en çok tercih edilen yöntemler görsel ve enstrümantal ölçümlerdir.¹⁴⁸ Klinik durumlarda geleneksel görsel değerlendirme yaygın olarak kullanılsa da yaş, göz yorgunluğu, cinsiyet, ışık şiddeti vb. gibi çeşitli parametreler görsel değerlendirmeyi etkileyebileceğinden bu yöntem öznel ve belirsizdir.^{121, 149}

Konvansiyonel yöntemde bir başka seçenek, diş üzerine yerleştirilen küçük kompozit parçalarının polimerize edilerek denenmesidir. Bu tekniğe "düğme (button)" tekniği de denir. Dişin servikal, orta ve insizal bölgelerine küçük parçalar halinde kompozit materyalin yerleştirilip polimerize edilmesiyle renk değerlendirilmesi yapılır. Diş rengine uygun kompozit seçildikten sonra, küçük parçalar diş yüzeyinden uzaklaştırılır. İstendiğinde, bu yöntem fotoğraflanarak dijital ortama aktararak da uygulanabilir.¹⁵⁰

Renk ölçüm cihazları, görsel değerlendirmeden daha kesin ve doğru sonuçlar verir.¹²¹ Doğruluk ve kesinlik, renk ölçümünün iki farklı gerekliliğidir. Doğruluk, yöntemin doğru renk eşleşmesini sağlama yeteneğini gösterirken; kesinlik, yöntemin zaman içinde tekrarlanabilirliğini veya tüm ölçüm sürecinin tekrarlanabilirliğini gösterir.¹⁵¹

Dijital fotoğrafçılık tekniği

Dijital fotoğrafçılık tekniği klinisyenler tarafından günümüzde yaygın olarak benimsenmiştir. Dijital fotoğrafçılık ağız içi koşullarda dışın sadece rengi hakkında değil, morfolojisi, yüzey dokusu gibi özellikleri hakkında da bilgi sağlar.¹²³ Ayrıca bu teknik, multidisiplinler tedavilerde teknisyenler ve diğer hekimler ile iletişim kurulmasını sağlar. Ancak çözünürlük, ışık kaynağı, pozlama, film hızı ve beyaz dengesi gibi çeşitli parametrelerin standartlaştırılması gerekir.^{152, 153}

Standardizasyonu geliştirmek için farklı araçlar kullanılmıştır, çapraz polarizasyon filtreleri bunlardan biridir. Bu filtreler, dış yüzeyindeki spekül yansımaları ortadan kaldırır ve flaşların dağınık beyaz opasiteleri olmadan doğru renk seçimini sağlar.¹⁵⁴ Beyaz dengesi, kırmızı tonların dış etinden yansımaları gibi gerçekçi olmayan renk atmalarını ortadan kaldırır. Otomatik beyaz dengesi seçimi, dış etinin kırmızı tonlarını nötralize etmek için görüntüye turkuaz renk tonu ekleyerek bu parametreyi standartlaştırabilir.¹⁵⁵

Yapılan bir çalışmada farklı dijital fotoğrafçılık teknikleri karşılaştırılmış ve dijital kamera, çapraz polarizasyon filtresi, yakın çekim flaşları ve gri referans kartıyla beyaz dengeli bir görüntünün optimum sonuç vereceği sonucuna varılmıştır.¹²⁴

Kolorimetreler

Kolorimetreler, standart gözlemci gözünün spektral işlevini tahmin eder ve rengi insan gözü hissi olarak ölçmek üzere tasarlanmıştır.

Bir kolorimetre, bir nesnenin rengini tanımlamak için görünür spektrumun üç veya dört bölgesindeki ışığı sınırlı bir şekilde filtreler. Bu cihazların tasarımı zordur ve eğer yanlış yapılırsa, bir spektrofotometreye kıyasla sonucun doğruluğu daha az olacaktır.

Öte yandan, sınırlı filtreleme ve dolayısıyla belirtilen renk eşlemesi nedeniyle kolorimetreler, spektrofotometrelerle karşılaştırıldığında veri yükleme süresini azaltabilir.^{121, 156} Dış hekimliğinde renk tespiti için kullanılan kolorimetrelere; Chromascan” (Sterngold, Stamford, Conn), ShadeEye NCC, Shade Eye Ex örnek verilebilir.¹⁵⁷

Spektrofotometreler

Spektrofotometreler, son derece doğru ve hassas renk ölçüm araçlarıdır. Cihaz, görsel spektrum boyunca yaklaşık her 10 nm'de bir nesneden yansıyan ışık dalga

boylarının boyutunu ölçer ve bu ölçümler spektral renk verileri oluşturur. Spektrofotometre, ışığı dağıtmak için kullanılan bir araç, optik radyasyon kaynağı, dedektör, optik ölçüm sistemi ve elde edilen ışığı analiz edilebilecek bir sinyale dönüştüren bir mekanizma içerir.

Bir spektrofotometre, tüm görünür spektrumda bulunan her hue, chroma ve value değerleri için görünür ışımaya enerjisi miktarını ölçer ve kaydeder. Bu ölçümler, görsel olarak bir spektral eğri biçiminde yorumlanan, yansıma değerlerinin karmaşık bir veri kümesiyle sonuçlanır. Spektrofotometreler, bir nesnenin yansıtma veya geçirgenlik faktörlerini her seferinde bir dalga boyunda ölçer. Yüzey rengini ölçmede en çok kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. Porselenler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarındaki renk değişiminin tespitinde yaygın olarak kullanılmaktadır.¹⁵⁸

Yüksek maliyetleri ve karmaşıklıkları nedeniyle bu cihazların yaygın kullanımı sınırlandırılmıştır. Kullanımları, görsel renk ölçüm yöntemine göre klinik renk doğruluğunu %33 artırır ve renk belirlemede %93,3 başarı sağlar.¹²¹ Piyasadaki spektrofotometrelere örnek olarak, Easyshade Compact, Easyshade Advance, Shade X, ShadeStar verilebilir.¹⁵⁹

VITA Easyshade V: VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen,Almanya) taşınabilir bir spektrofotometredir ve Easyshade'in yeni beşinci nesil cihazıdır. VITA 3DMaster sisteminde, VITA Classic sisteminde, VITABLOCS renklerinde veya diş beyazlatmada renk bilgilerini yorumlamak için geliştirilmiştir. Ölçülen rengin CIE Lab değerini görüntüler. Küçük ve uygun maliyetli bir spektrofotometredir. 5 mm başlık ölçüsüne sahiptir ve posterior bölgede kullanımı rahattır.¹⁶⁰ (Şekil 4)



Şekil 4: Vita Easyshade V

Çalışmamızın sıfır hipotezleri:

- Üç farklı yapıdaki CAD/CAM blok materyallerinin, sigara dumanı ile renklendirilmesi sonrasında materyallerin renk parametrelerinde farklılık olmayacağı ve
- Renklendirilmiş CAD/CAM blok materyallerinin farklı aktif bileşenlere sahip beyazlatıcı diş macunları ile fırçalanması sonrasında renk değişimlerinde farklılık olmayacağı şeklindedir.



3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan blokların kesitlere ayrılmasında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Laboratuvarında bulunan hassas kesit alma cihazı (Micracut 201.Metkon, Bursa, Türkiye) kullanılmıştır.

Bu çalışmada, farklı ticari marka ve içeriklere sahip 3 adet CAD/CAM blok materyali kullanılmıştır. Gc Initial Lisi Blok (Şekil 5), Lava Ultimate Blok (Şekil 6) ve Voco Grandio Blok (Şekil 7). Kullanılan blokların yapıları, fiziksel özellikleri ve üretici firma bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan CAD/CAM Blok materyalleri

Materyal	Materyal Tipi	Kimyasal Komponent	Renk	Bükülme dayanımı	Elastisite modülü	Üretici Firma
GC Initial Lisi Blok™	Lityum disilikat cam-seramik	Silikon dioksit %81,fosfor oksit %8.1,Potasyum oksit %5.9,Alüminyum oksit %3.8,Titanyum oksit %0.5	A2/LT	408 MPa	-----	GC Dental Products, Aichi, Japonya
Lava™ Ultimate Blok	Nanoseramik	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGDMA, ağırlıkça %80 SiO ₂ (20 nm), ZrO ₂ (4-11nm), ZrO ₂ /SiO ₂ kümeleri	A2/LT	200 MPa	29,8 GPa	3M Espe, Seefeld, Almanya
Voco Grandio Blok	Hibrit-Nanoseramik	BisGMA, UDMA TEGDMA, Dimetakrilat, Barium aluminoborosilikat, silika	A2/LT	333 MPa	18 MPa	VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya



Şekil 5. Gc Initial Lisi, CAD-CAM blok GC, Japonya



Şekil 6. Lava Ultimate, CAD-CAM blok 3M ESPE, ABD

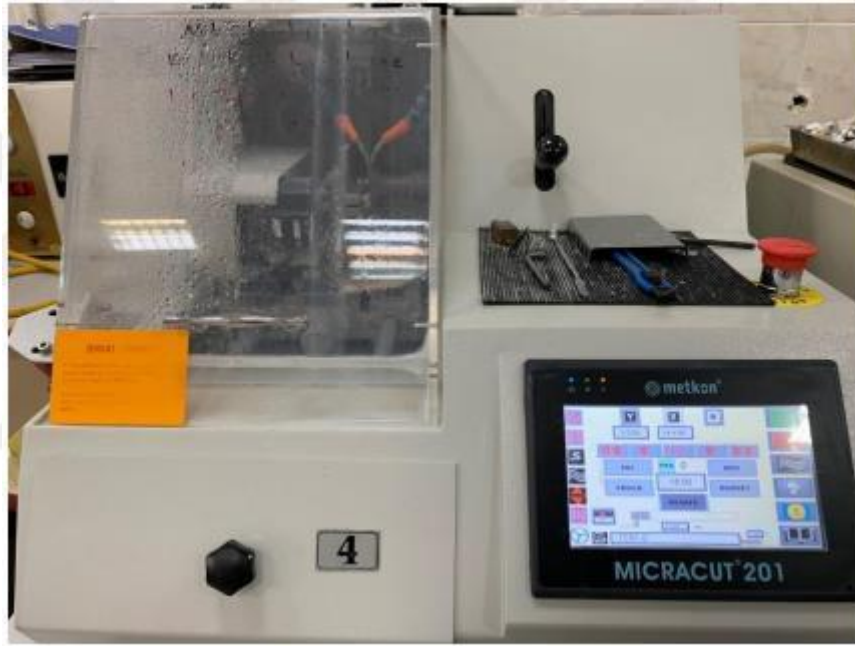


Şekil 7. Grandio, CAD-CAM blok VOCO, Almanya

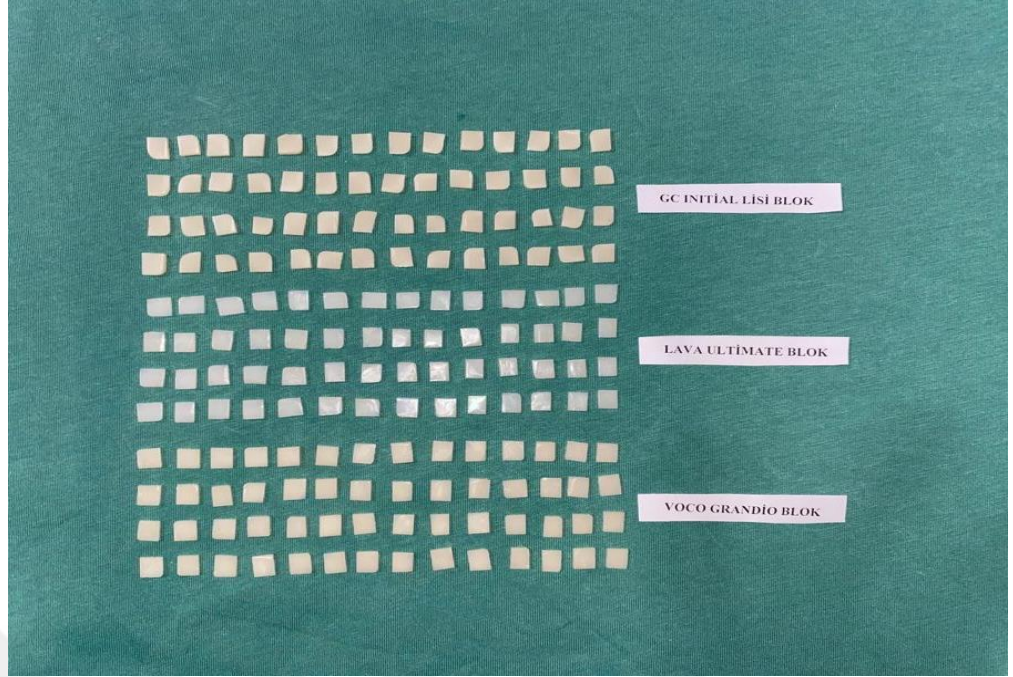
3.1. Örneklerin Hazırlanması

Örneklerin sayısının belirlenmesi için yapılan güç analizinde Aydın ve ark. (2020), çalışması referans alınmıştır.¹⁶¹ Örnek sayısı her grup için %80 güç %5 yanılma düzeyinde her bir grupta minimum örnek sayısı 14 olarak hesaplanmıştır.

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Laboratuvarında bulunan hassas kesit alma cihazı (Micracut 201.Metkon, Bursa, Türkiye) (Şekil 8) kullanılarak bloklar soğutucu su altında, dakikada 400 devirlik hızda, elmas disk ile, boyutları 1.5×7×7 mm olacak şekilde kesitlere ayrılmıştır. Toplam 168 örnek hazırlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 8. Düşük hızlı kesim cihazı.



Şekil 9. Hazırlanan CAD/CAM blok örnekleri

Yüzey standardizasyonu sağlamak amacıyla, hazırlanan örneklerin bir yüzeyi sırasıyla, 600 ve 1200 grit silikon karbid (SiC) zımpara kağıtları ile su altında 20 sn boyunca zımpara cihazı (Phoenix Beta, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) ile zımparalanmıştır. (Şekil 10)



Şekil 10. Örneklerin polisajı için kullanılan cihaz (Phoenix Beta, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD)

Daha sonra tüm örnekler yüzey polisajı için, üreticinin tavsiyesine göre Al_2O_3 ile kaplanmış diskler (Sof-Lex™ XT 3M ESPE, St Paul, MN, ABD) kullanılarak zımparalanan yüzeyleri parlatılmıştır (Şekil 11). Sof-Lex disk sistemi kuru koşullarda, hafif basınç altında 10.000 rpm hızındaki döner aletle, dört farklı kalınlıktaki disklerle sırasıyla (kalın, orta, ince ve ekstra ince) 20'şer sn boyunca uygulanmıştır. Her örnekten sonra polisaj diskleri yenisiyle değiştirilmiştir. Tüm örnekler daha sonra su ile 10 saniye yıkanmıştır. Örnekler distile suda 37°C'de etüvde (EN025, Nüve, Ankara, Türkiye) 24 saat bekletilmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. Sof-Lex™ XT (3M ESPE, St Paul, MN, ABD)



Şekil 12. Örneklerin çalışma sırasında saklandığı etüv. (EN025, Nüve, Ankara, Türkiye)

3.2. Örneklerin Başlangıç Renk Ölçümlerinin Yapılması

Örneklerin renk ölçümü için bir spektrofotometre cihazı olan Vita Easyshade V (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) kullanılarak başlangıç L_0^* , a_0^* , b_0^* değerleri ölçülmüştür. Spektrofotometre cihazının tekrarlanan ölçümler sırasında standardizasyonun sağlanması için cihaz kullanılmaya başlanmadan önce üretici firmanın önerisine uygun olarak kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 13). Kalibrasyondan sonra yapılan ölçümler, kapısı kapalı odada, odanın standart ışığı altında ve masa üzerindeki beyaz zemin kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 13: Spektrofotometre cihazının kalibrasyon ünitesi, kalibrasyon için spektrofotometrenin üniteye yerleştirilmesi.

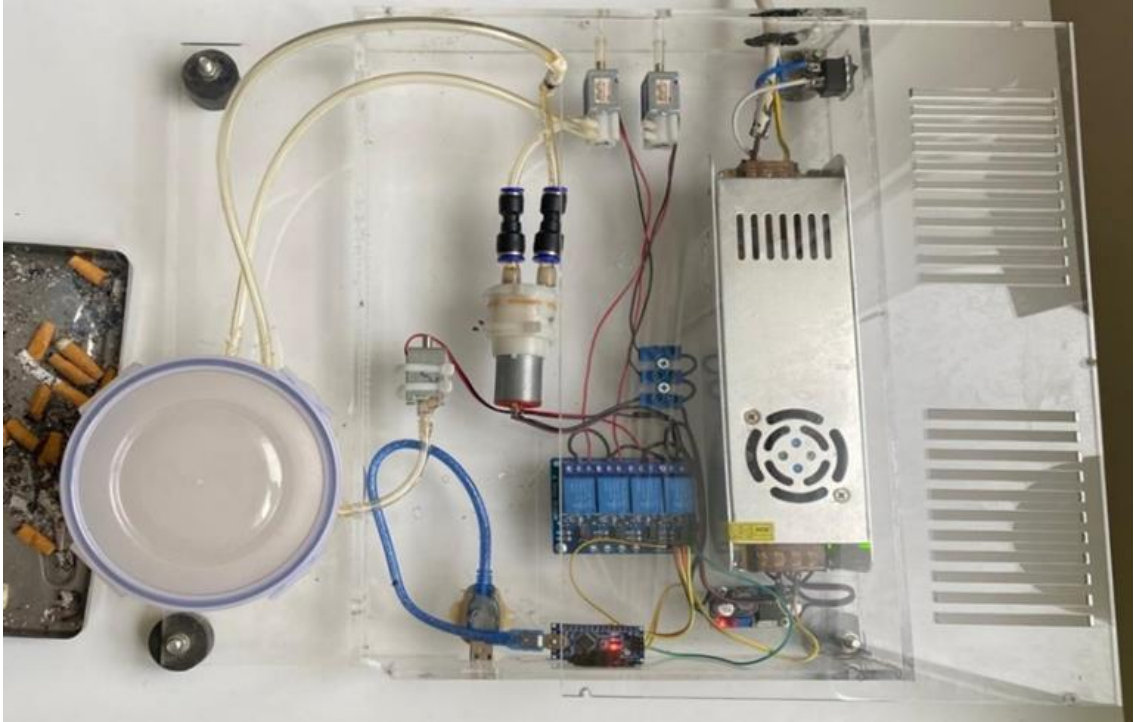
Doğru ölçüm sonuçları elde etmek için cihazın başlığı örnek yüzeylerine hep aynı mesafeden tam dik açıyla yerleşmesini sağlayacak şekilde hazırlanan düzenek ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 14). Her bir örnek için 3'er kez ölçüm yapılmıştır ve L_0^* , a_0^* , b_0^* değerleri kaydedilmiştir. Bu ölçümlerin ortalaması alınıp kaydedilmiştir.



Şekil 14: Spektrofotometre cihazının standardizasyonunu için hazırlanan düzenek ve spektrofotometre cihazı ile renk ölçümü.

3.3. Örneklerin Renklendirilmesi

Başlangıç renk değerleri kaydedilen örnekleri renklendirmek için özel bir sigara içme makinesi kullanılmıştır. Bu amaçla özel olarak yapılmış bir sigara içme makinesi kullanılmıştır (Şekil 15). Bu sigara içme makinesinin dış ünitesi sert akrilik hava geçirmeyen yalıtım materyalinden üretilmiştir. Bu cihaz vakum sistemi, reosta cihazı, zaman kontrol ünitesi ve plastik saklama kabı ile hermetik olarak kapanan bir düzenek şeklinde hazırlanmıştır. Vakum sistemi, çekiş gücünün ayarlanabilmesi için reosta cihazı ile birbirine bağlanmıştır. Vakum sisteminin nefes alma ve nefes verme pompa bölümleri ile plastik saklama kabı hava hortumları ile birbirine bağlanmıştır. Plastik saklama kabının yan tarafına, bir tane delik açılmıştır ve sigarayı yerleştirebilmek için sigara ağızlığı bu deliğe sabitlenmiştir. Akrilik üniteye içeri giren sigara dumanının tahliye olabilmesi için kabın dış kısmına tek yönlü hava sızdırmaz kapak sabitlenmiştir. Vakum makinesinin dışarıya atılacak dumanı verdiği bölüm, akrilik ünitenin dış kısmına hava hortumu ile birbirine bağlanmıştır.



Şekil 15. Çalışmada kullanılan sigara içme makinesi

Örnekler, plastik saklama kabına çift taraflı bant ile polisaj yapılmış yüzeyleri dışarı bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra sigara (Marlboro Red, Philip Morris, ABD), sigara ağızlığına sabitlenip, vakum makinesi çalıştırılmıştır. Sigara, çakmak ile yakılmıştır. Akrilik ünitenin üst kısmında var olan tek yönlü hava sızdırmaz kapak, negatif basınçla (27,5 cm³/s paskal) 2 sn boyunca duman doluşuna izin verdikten sonra, pozitif basınçla (13,75 cm³/s paskal) akrilik üniteye oluşan yüksek basınç dumanın 4 saniyede ortamı terk etmesini sağlamaktadır ve 24 saniye sonra bu döngü tekrarlanmaktadır. Böylece bir siklusun tamamlanması 30 sn'de olmaktadır. Bu döngü 1 adet sigaranın tamamı için 10 siklus olacak şekilde tekrarlanmıştır. Sigaralar filtre kısmına gelene kadar yanma işlemi devam etmiştir. Bir döngü belirli bir süre içerisinde bir sigara içicisi tarafından gerçekleştirilen sigara içme davranışını taklit eden bir zaman aralığında, ortalama 5 dakika sürecek şekilde reosta cihazı ile programlanmıştır. Her örnek 1 paket (20 adet) sigara dumanına maruz bırakılmıştır (Şekil 16).



Şekil 16. Örneklerin renklendirilmesinde kullanılan sigara

Renklendirme periyodundan sonra örnekler distile su ile nazıkçe durulanıp, ardından kurulanmıştır. Daha sonra örnekler etüvde 37°C'de 24 saat distile suda saklanmıştır. Renk parametre değerleri yeniden ölçülmüştür ve başlangıç renk parametreleri kullanılarak ortalama renk değişim değeri (ΔE_{001}) hesaplanmıştır. Renk değişiminin ortalama değerleri CIEDE2000 formülüne (ΔE_{00}) göre hesaplanmıştır:

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

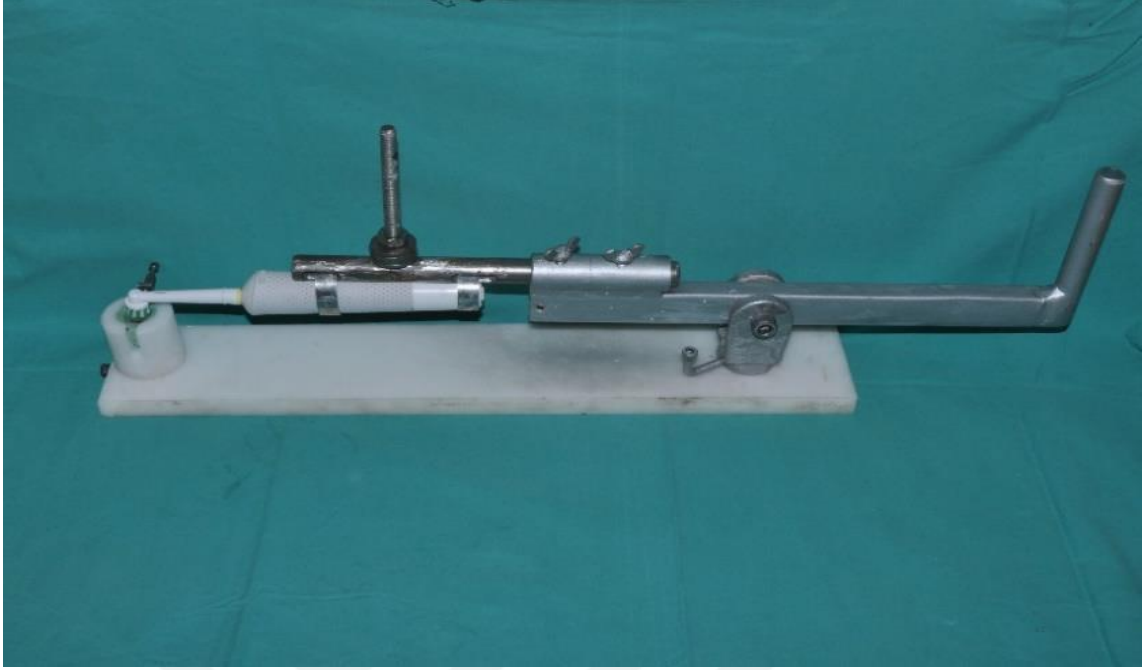
Her bir blok materyalinden 56 adet olmak üzere hazırlanan toplam 168 örnek, kullanılacak diş macununa göre rastgele 4 alt gruba daha ayrılmıştır (n=14).

3.4. Diş Macunlarının Uygulanması

Sigara ile renklendirilen CAD/CAM blokları, 4 farklı diş macunu ile fırçalanmak üzere mekanik bir diş fırçalama makinesine tabi tutulmuştur. Örnekler, dakikada 7600 salınım hareketi yapabilen bir otomatik diş fırçası (Oral B Vitality Plus 2D Cross Action, Almanya) ile fırçalanmıştır. Fırçalama işlemi için Oral B crossAction fırça başlığı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan diş fırçası ve başlığı Şekil 17’de gösterilmiştir. Diş fırçası konumunu ve basıncını standart hale getirmek için diş fırçası, diş fırçasının başı örnek yüzeyine paralel olacak şekilde metal bir apaceyle sabitlenmiştir (Şekil 18). Bu *in vitro* çalışma için örnekler, standartlaştırılmış 2 N kontrollü basınç altında fırçalanmıştır.



Şekil 17. Çalışmada kullanılan diş fırçası ve başlığı



Şekil 18. Çalışmada kullanılan diş fırçalama cihazı.

Bu çalışmada farklı beyazlatma etkinliğine sahip 4 adet diş macunu kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak beyazlatma etkinliği olmayan Sensodyne Deep Clean kullanılmıştır. Diğer gruplarda ise, hidrojen peroksit (Colgate Optic White/Expert White), aktif kömür (Colgate Optic White/Charcoal) ve mikropartikül (Oral B 3D White Luxe Perfection) içerikli diş macunları kullanılmıştır (Şekil 19). Çalışmada kullanılan diş macunlarının yapısı ve içeriği Tablo 3’ te gösterilmiştir.



Şekil 19. Çalışmada kullanılan diş macunları

Tablo 3.Çalışmada kullanılan diş macunları ve içeriği

DİŞ MACUNU VE GRUP ADI	İÇERİK	BEYAZLATICI İÇERİK	ÜRETİCİ FİRMA
Sensodyne Deep Clean - (Grup Kontrol)	Su, hidratlı silika, sorbitol, gliserin, pentasodyum trifosfat, potasyum nitrat, PEG-6, sodyum lauril sülfat, aroma, ksantan, sodyum hidroksit, kokamidopropil betain, sodyum florür, sodyum sakarin, limonen, CI 42090	-	GlaxoSmithKline, Brentford, Middlesex, İngiltere
Colgate Optic White/Expert White - (Grup HP)	Gliserin, kalsiyum pirofosfat, propilen glikol, PEG/PPG-11666 kopolimer, PEG12, PVT, tetrasodyum pirofosfat, sodyum lauril sülfat, silika, aroma, sodyum monofosfat, sodyum sakarin, fosforik asit, hidrojen peroksit, BHT, limonen	Hidrojen peroksit	ColgatePalmolive,Swidnica, Polanya
Colgate Optic White/ Charcoal - (Grup AK)	Aqua, sorbitol, hidratlı silika, PEG-12, tetrasodyum pirofosfat, sodyum lauril sülfat, aroma, potasyum hidroksit, selüloz sakızı, fosforik asit, kokamidopropil betain, sodyum florür, sodyum sakarin, ksantan, kömür tozu, mika, limonen, CI 77891	Aktif kömür	Colgate- Palmolive,Swidnica, Polanya
Oral B 3D White Luxe/ Perfection - (Grup MP)	Gliserin, hidratlı silika, sodyum heksametafosfat, su, EG-6, aroma, silika, sodyum lauril sülfat, kokamidopropil betain, trisodyum fosfat, mika, Chondrus tozu, sodyum sakkarin, PEG-20M, sodyum florür, ksantan, sodyum klorür, CI 77891, sukraloz, limonen, sodyum benzoat, CI 74160	Mikro partikül	Procter & Gamble-Brezilya

Çalışmada kullanılan tüm diş macunları, uygulanma sırasında eşit oranda distile suyla karıştırılmıştır (macun/distile su: 1/1). Her bir fırçalama döngüsü 2 dakika olarak ayarlanarak, örnek yüzeyleri 12 saat ara ile diş macunlarıyla 2 kez fırçalanmıştır. Bu şekilde her örnek 4 dakika boyunca fırçalanmıştır. Farklı gruplara ait örneklerin fırçalanması işlemi, diş macunlarının birbirine karışmasını önlemek için farklı diş fırçası başlıkları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fırçalama işlemi tamamlanan örnekler distile suyla yıkanıp, 37°C etüvde 24 saat saklanmak üzere distile su içerisine yerleştirilmiştir.

Örneklerin diş macunlarıyla fırçalanması işleminden sonra L*, a* ve b* değerleri spektrofotometre cihazı ile kaydedilmiştir. Spektrofotometre cihazı ile merkezi

alanda olacak şekilde örnekler üç defa ölçülmüştür. Ardından ortalama değerleri hesaplanıp kaydedilmiştir.

3.5. Renk Değişiminin Değerlendirilmesi

Bu aşamada da dış macunu uygulanmasından 24 saat sonra örneklerin renk ölçümü yapılarak ΔE_{002} değeri hesaplanmıştır. Örneklerin renk analizinde yine CIEDE2000 (ΔE_{00}) renk sistemi kullanılmıştır:

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

Her örnek 3 defa spektrofotometre cihazı ile ölçülmüştür ve daha sonra örneklerin ortalama L^* , a^* , ve b^* değerleri kaydedilmiştir. Farklı iki ölçüm aşaması arasındaki ΔE_{00} değerleri hesaplanmıştır. L^* parametresi örneklerdeki aydınlığı (beyaz-siyah aralığı), a^* parametresi örneklerdeki kırmızılığı (kırmızı-yeşil renk aralığı), b^* parametresi örneklerdeki sarılığı (sarı-mavi renk aralığı) ve ΔE_{00} örneklerdeki toplam renk değişimini göstermektedir. Buna göre,

- Renklendirmeden sonra kaydedilen ΔE_{001} değeri ile; örneklerin renklendirilmesinden sonra ve örneklerin başlangıçta elde edilen L^* , a^* , ve b^* değerleri arasındaki renk değişimi,
- Dış macunlarının uygulanmasından 24 saat sonra kaydedilen ΔE_{002} değeri ile; örneklerin dış macunu ile fırçalanmasından 24 saat sonra ve örneklerin başlangıçta elde edilen L^* , a^* , ve b^* değerleri arasındaki renk değişimi hesaplanmıştır.

3.6. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmada elde edilen ΔE_{00} verilerine uygulanacak istatistik analiz yöntemleri öncesinde normallik varsayımı Kolmogrow-Smirnov testi incelenmiştir ($P>0,05$). ΔE_{001} ve ΔE_{002} ölçümlerinin CAD/CAM blok materyalleri ve dış macunu uygulamalarına göre farklılık gösterip göstermediği Tek Yönlü Varyans Analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Bulgular $p<0,05$ önem seviyesinde anlamlı kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS 21.0V istatistik paket programında yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Örneklerin Renk Analiz Bulguları

Tüm çalışma gruplarının, üç farklı aşamada renk ölçümü sonrasındaki renk analiz sonuçlarına ait ΔE_{00} değerlerine ait ortalama, standart sapma değerleri Tablo 4' te ve Tablo 5' te gösterilmiştir.

Farklı ölçüm aşamalarında gruplardan elde edilen, L^* değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerlerine ait sonuçlar Tablo 6' da, a^* değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerlerine ait sonuçlar Tablo 7' de ve b^* değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerlerine ait sonuçlar Tablo 8' de gösterilmiştir.

4.1.1. Örneklere Ait Renk Analizinin ΔE_{00} Parametresine Ait Bulgular

Çalışmada kullanılan CAD/CAM materyallerinin sigara dumanına maruz bırakıldıktan sonra oluşan renk değişimlerinin ölçülmesi ile elde edilen ΔE_{001} değerlerine ait ortalama, standart sapma değerleri Tablo 4' te gösterilmiştir.

Tablo 4. Çalışma gruplarının sigara ile renklendirme sonrası ΔE_{001} değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri ($\pm$)

Blok materyalleri	n	ΔE_{001}
GC Initial Lisi	56	$1,91 \pm 0,80^c$
Lava Ultimate	56	$6,18 \pm 0,90^a$
Voco Grandio	56	$3,18 \pm 0,80^b$
P	<0,001	

a,b harfleri aynı sütun içerisindeki farklılıkları göstermektedir

Çalışmamızda kullanılan blok materyallerinin ΔE_{001} ortalama değerleri açısından incelendiğinde; Gc Initial Lisi blok materyali en düşük ΔE_{001} değeri ($1,91 \pm 0,80$) gösterirken Lava Ultimate blok materyali ise en yüksek ΔE_{001} değeri ($6,18 \pm 0,90$) göstermiştir. Blok materyalleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0,001$). Tablo 5'te örneklerin fırçalandıktan sonraki ΔE_{002} değerleri gösterilmektedir.

Tablo 5. Çalışma gruplarının ΔE_{002} değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri

Gruplar	n	GC Initial Lisi	Lava Ultimate	Voco Grandio	Ortalama	p
Grup Kontrol	14	$0,80 \pm 0,10^b$	$1,40 \pm 0,40^a$	$1,12 \pm 0,50^{ab}$	$1,11 \pm 0,42$	<0,001
Grup HP	14	$0,89 \pm 0,70$	$0,85 \pm 0,60$	$0,98 \pm 0,80$	$0,91 \pm 0,69$	0,886
Grup AK	14	$0,73 \pm 0,66$	$1,01 \pm 0,44$	$1,00 \pm 0,30$	$0,91 \pm 0,50$	0,235
Grup MP	14	$0,78 \pm 0,52$	$1,21 \pm 0,75$	$1,03 \pm 0,75$	$1,01 \pm 0,69$	0,258
Ortalama	56	$0,80 \pm 0,60^b$	$1,12 \pm 0,60^a$	$1,03 \pm 0,60^{ab}$	$0,98 \pm 0,59$	0,011
p		0,893	0,059	0,927	0,340	

a,b harfleri aynı satır içerisindeki farklılıkları göstermektedir

Grup Kontrol: Sensodyne Deep Clean, Grup HP: Colgate Optic White (Expert White), Grup MP: Oral B 3D White Luxe (Perfection), Grup AK: Colgate Optic White (Choarcoal)

Test edilen blok materyallerinin kullanılan diş macunlarından bağımsız olarak ortalama renk değişim (ΔE_{002}) değerleri karşılaştırıldığında en düşük değeri Gc Initial Lisi blok ($0,80 \pm 0,60$) grubu gösterirken, en yüksek değeri Lava Ultimate blok ($1,12 \pm 0,60$) göstermiştir ($p < 0,05$). Voco Grandio blok ($1,03 \pm 0,60$) ise her iki gruba anlamlı farklılık göstermemiştir ($p > 0,05$).

Test edilen diş macunlarının blok materyallerinden bağımsız olarak ortalama renk değişim (ΔE_{002}) değerleri karşılaştırıldığında en düşük değeri Grup AK ($0,91 \pm 0,50$) grubu gösterirken, en yüksek değeri gösteren Grup Kontrol ($1,11 \pm 0,42$) göstermiştir.

Ancak diş macunları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p=0,340$).

Gc Initial Lisi CAD/CAM bloklarının uygulanan diş macunlarına göre gruplar arası karşılaştırılmasında; Grup AK en düşük ΔE_{002} ($0,73 \pm 0,66$) değeri gösterirken, Grup HP en yüksek ΔE_{002} değeri ($0,89 \pm 0,70$) göstermiştir. Ancak diş macunları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. ($p=0.893$)

Lava Ultimate CAD/CAM bloklarının uygulanan diş macunlarına göre gruplar arası karşılaştırılmasında; Grup HP en düşük ΔE_{002} ($0,85 \pm 0,60$) değeri gösterirken, Grup Kontrol en yüksek ΔE_{002} değeri ($1,40 \pm 0,40$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. ($p=0.059$)

Voco Grandio CAD/CAM bloklarının uygulanan diş macunlarına göre gruplar arası karşılaştırılmasında; Grup HP en düşük ΔE_{002} ($0,98 \pm 0,80$) değeri gösterirken, Grup Kontrol en yüksek ΔE_{002} değeri ($1,12 \pm 0,50$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. ($p=0.927$)

Kontrol diş macunun CAD/CAM bloklarına göre ΔE_{002} değerleri incelendiğinde; Gc Initial Lisi blok en düşük ΔE_{002} değeri ($0,80 \pm 0,10$) gösterirken, Lava Ultimate blok grubu en yüksek ΔE_{002} değeri ($1,40 \pm 0,40$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir ($p<0,001$).

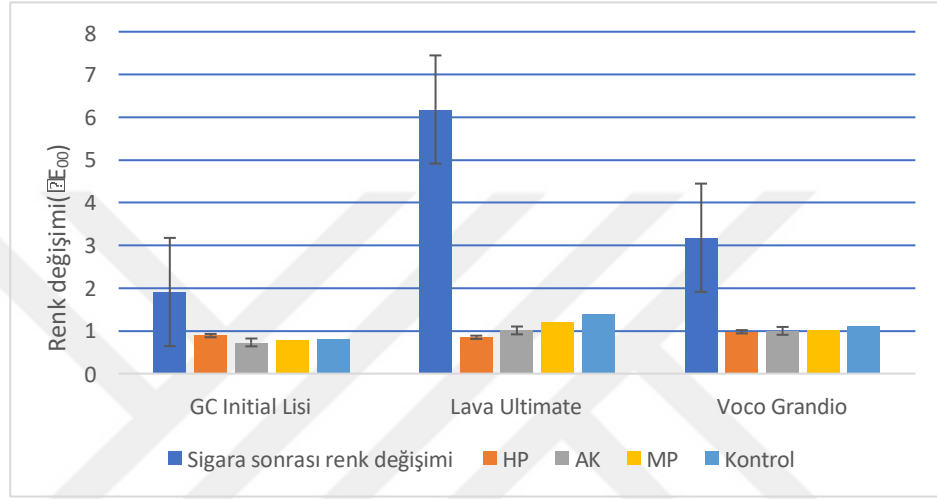
Hidrojen peroksit içeren diş macununun CAD/CAM bloklarına göre ΔE_{002} değerleri incelendiğinde; Lava Ultimate blok en düşük ΔE_{002} değeri ($0,85 \pm 0,60$) gösterirken, Voco Grandio blok grubu en yüksek ΔE_{002} değeri ($0,98 \pm 0,80$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($p=0,886$).

Aktif kömür içeren diş macununun CAD/CAM bloklarına göre ΔE_{002} değerleri incelendiğinde; Gc Initial Lisi blok en düşük ΔE_{002} değeri ($0,73 \pm 0,66$) gösterirken, Lava Ultimate blok grubu en yüksek ΔE_{002} değeri ($1,01 \pm 0,44$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($p=0,235$).

Mikropartikül içeren diş macununun CAD/CAM bloklarına göre ΔE_{002} değerleri incelendiğinde; Gc Initial Lisi blok en düşük ΔE_{002} değeri ($0,78 \pm 0,52$) gösterirken, Lava Ultimate blok grubu en yüksek ΔE_{002} değeri ($1,21 \pm 0,75$) göstermiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiştir ($p=0,258$).

Çalışmada kullanılan CAD/CAM materyallerinin sigara dumanına maruz bırakıldıktan sonra oluşan renk değişimi ΔE_{001} (Sigara ile renklendirmeden sonra-Başlangıç) ve diş macunlarıyla fırçalandıktan sonra oluşan renk değişimi ΔE_{002} (Fırçalamadan sonra-Başlangıç) değerlerine ait ortalama, standart sapma değerleri Grafik 1’ de gösterilmiştir.

Grafik 1. Gruplara göre ΔE_{00} değerlerine ait ortalama ve standart sapma grafiği



Grup Kontrol: Sensodyne Deep Clean, Grup HP: Colgate Optic White (Expert White), Grup MP: Oral B 3D White Luxe (Perfection), Grup AK: Colgate Optic White (Choarcoal)

4.1.2. Örneklerle Ait Renk Analizinin L* Parametresine Ait Bulgular

Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu hidrojen peroksit içeren, aktif kömür içeren, mikropartikül içeren ve kontrol macun gruplarında yer alan örneklerin başlangıç L0* değerleri ile; sigara dumanıyla renklendirmeden sonra L1* ve fırçalamadan sonra elde edilen L2* değerleri Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Çalışma gruplarının üç farklı ölçüm aşamasında elde edilen L*değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri

Materyal		n	Başlangıç (L ₀ *)	Renklendirmeden sonra (L ₁ *)	Fırçalamadan sonra (L ₂ *)	Ortalama	p
Gc Initial Lisi Blok	Grup Kontrol	14	79,99 ± 1,25 ^a	78,15 ± 1,30 ^{Ab}	80,01 ± 1,40 ^a	79,38 ± 1,55	<0,001
	Grup HP	14	79,91 ± 1,30 ^a	76,91 ± 1,30 ^{Bb}	80,33 ± 1,34 ^a	79,05 ± 2,00	<0,001
	Grup AK	14	80,44 ± 1,37 ^a	77,59 ± 1,50 ^{Bb}	80,41 ± 1,55 ^a	79,48 ± 1,97	<0,001
	Grup MP	14	80,28 ± 1,10 ^a	78,19 ± 1,04 ^{Bb}	80,30 ± 1,10 ^a	79,58 ± 1,42	<0,001
	Ortalama	56	80,15 ± 1,20 ^a	77,71 ± 1,40 ^b	80,26 ± 1,30 ^a	79,38 ± 1,76	<0,001
p			0,652	0,039	0,874	0,531	
Lava Ultimate Blok	Grup Kontrol	14	91,54 ± 1,50 ^a	87,69 ± 1,20 ^{Ab}	91,02 ± 1,60 ^a	90,08 ± 2,21 ^A	<0,001
	Grup HP	14	91,01 ± 1,26 ^a	87,78 ± 1,20 ^{Ab}	91,08 ± 0,96 ^a	89,95 ± 1,91 ^A	<0,001
	Grup AK	14	90,99 ± 1,46 ^a	84,69 ± 2,08 ^{Bb}	90,09 ± 1,26 ^a	88,59 ± 3,24 ^B	<0,001
	Grup MP	14	91,20 ± 1,10 ^a	84,13 ± 1,18 ^{Bb}	90,37 ± 1,20 ^a	88,57 ± 3,39 ^B	<0,001
	Ortalama	56	91,18 ± 1,30 ^a	86,07 ± 2,20 ^b	90,64 ± 1,30 ^a	89,30 ± 2,83	<0,001
p			0,675	<0,001	0,118	0,011	
Voco Grandio Blok	Grup Kontrol	14	89,73 ± 1,24 ^a	85,36 ± 1,40 ^b	89,59 ± 0,90 ^a	88,23 ± 2,36	<0,001
	Grup HP	14	89,46 ± 3,16 ^a	84,93 ± 0 30 ^b	89,64 ± 2,40 ^a	88,01 ± 3,58	<0,001
	Grup AK	14	89,95 ± 1,21 ^a	85,30 ± 1,47 ^b	89,04 ± 1,31 ^a	88, 09± 2,42	<0,001
	Grup MP	14	89,03 ± 1,70 ^a	84,96 ± 1,33 ^b	88,87 ± 1,40 ^a	87,62 ± 2,32	<0,001
	Ortalama	56	89,54 ± 2,00 ^a	85,14 ± 1,90 ^b	89,29 ± 1,60 ^a	87,98 ± 2,72	<0,001
p			0,647	0,905	0,486	0,766	

A,B harfleri aynı sütün içerisindeki, a,b harfleri ise aynı satır içerisindeki farklılıkları göstermektedir

Grup Kontrol: Sensodyne Deep Clean, Grup HP: Colgate Optic White (Expert White), Grup MP: Oral B 3D White Luxe (Perfection), Grup AK: Colgate Optic White (Choarcoal)

Gc Initial Lisi blok grubu:

Gc Initial Lisi için, macunlardan bağımsız olarak genel ortalamaya bakıldığında renklendirme sonrası L_1^* değerlerinin ($77,71 \pm 1,40$) anlamlı olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Başlangıç L_0^* değerleri ($80,15 \pm 1,20$) ve macunla fırçalama sonrası L_2^* değerleri ($80,26 \pm 1,30$) arasında ise fark yoktur ($p > 0.05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen L_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki L_2^* değerleri, renklenme sonrası (L_1^*) değerlerine göre anlamlı olarak artış göstermiştir ($p < 0.05$). Ayrıca L_2^* değerleri başlangıç değerleri (L_0^*) ile istatistiksel olarak benzer değerler göstermiştir ($p > 0.05$).

Lava Ultimate blok grubu:

Lava Ultimate için, macunlardan bağımsız olarak genel ortalamaya bakıldığında renklendirme sonrası L_1^* değerlerinin ($86,07 \pm 2,20$) anlamlı olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Başlangıç L_0^* değerleri ($91,18 \pm 1,30$) ve macunla fırçalama sonrası L_2^* değerleri ($90,64 \pm 1,30$) arasında fark yoktur. ($p > 0.05$)

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen L_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki L_2^* değerleri, renklenme sonrası (L_1^*) değerlerine göre anlamlı olarak artış göstermiştir ($p < 0.05$). Ayrıca L_2^* değerleri başlangıç değerleri (L_0^*) ile istatistiksel olarak benzer değerler göstermiştir.

Voco Grandio blok grubu:

Voco Grandio için, macunlardan bağımsız olarak genel ortalamaya bakıldığında renklendirme sonrası L_1^* değerlerinin ($85,14 \pm 1,90$) anlamlı olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Başlangıç L_0^* değerleri ($89,54 \pm 2,00$) ve macunla fırçalama sonrası L_2^* değerleri ($89,29 \pm 1,60$) arasında fark yoktur. ($p > 0.05$)

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen L_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki L_2^* değerleri, renklenme sonrası (L_1^*) değerlerine göre anlamlı olarak artış göstermiştir ($p < 0.05$). Ayrıca L_2^* değerleri başlangıç değerleri (L_0^*) ile istatistiksel olarak benzer değerler göstermiştir.

4.1.3. Örneklere Ait Renk Analizinin a* Parametresine Ait Bulgular

Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu hidrojen peroksit içeren, aktif kömür içeren, mikropartikül içeren ve kontrol macun gruplarında yer alan örneklerin başlangıç a* değerleri ile; sigara dumanıyla renklendirilmesinden a₁* ve fırçalamadan sonra elde edilen a₂* değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Çalışma gruplarının üç farklı ölçüm aşamasında elde edilen a* değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri

Materyal		n	Başlangıç (a ₀ *)	Renklendirmeden sonra (a ₁ *)	Fırçalamadan sonra (a ₂ *)	Ortalama	p
Gc Initial Lisi Blok	Grup Kontrol	14	2,21 ± 0,30 ^{Bb}	2,67 ± 0,40 ^{Ca}	2,44 ± 0,30 ^{ab}	2,44 ± 0,40 ^C	0,006
	Grup HP	14	2,36 ± 0,30 ^{ABb}	3,41 ± 0,39 ^{Aa}	2,56 ± 0,30 ^b	2,78 ± 0,57 ^{AB}	<0,001
	Grup AK	14	2,59 ± 0,34 ^{Ab}	3,31 ± 0,41 ^{ABa}	2,79 ± 0,34 ^b	2,90 ± 0,47 ^A	<0,001
	Grup MP	14	2,34 ± 0,26 ^{ABb}	2,98 ± 0,40 ^{BCa}	2,54 ± 0,38 ^b	2,62 ± 0,44 ^{BC}	<0,001
	Ortalama	56	2,38 ± 0,30 ^b	3,09 ± 0,50 ^a	2,58 ± 0,40 ^b	2,68 ± 0,50	<0,001
p			0,016	<0,001	0,052	<0,001	
Lava Ultimate Blok	Grup Kontrol	14	-1,05 ± 0,40 ^{ABc}	1,73 ± 0,40 ^{Ba}	-0,64 ± 0,30 ^{Ab}	0,01±1,29 ^A	<0,001
	Grup HP	14	-1,24 ± 0,30 ^{Bb}	1,74 ± 0,28 ^{Ba}	-1,31 ± 0,30 ^{Bb}	-0,27±1,47 ^B	<0,001
	Grup AK	14	-0,84 ± 0,37 ^{Ac}	2,08 ± 0,25 ^{Aa}	-0,34 ± 0,39 ^{Ab}	0,30±1,30 ^A	<0,001
	Grup MP	14	-0,82 ± 0,28 ^{Ab}	1,89 ± 0,30 ^{ABa}	-0,54 ± 0,48 ^{Ab}	0,17±1,28 ^A	<0,001
	Ortalama	56	-0,99 ± 0,40 ^b	1,86 ± 0,30 ^a	-0,71 ± 0,50 ^b	0,05±1,35	<0,001
p			0,007	0,008	<0,001	0,001	
Voco Grandio Blok	Grup Kontrol	14	1,01 ± 0,10 ^{ABc}	1,81 ± 0,20 ^a	1,30 ± 0,20 ^b	1,37 ± 0,38	<0,001
	Grup HP	14	1,16 ± 0,20 ^{Ab}	1,90 ± 0,30 ^a	1,24 ± 0,10 ^b	1,43 ± 0,40	<0,001
	Grup AK	14	0,89 ± 0,24 ^{Bc}	1,96 ± 0,32 ^a	1,42 ± 0,24 ^b	1,42 ± 0,52	<0,001
	Grup MP	14	0,94 ± 0,25 ^{Bc}	1,89 ± 0,40 ^a	1,32 ± 0,14 ^b	1,38 ± 0,48	<0,001
	Ortalama	56	1,00± 0,20 ^c	1,89 ± 0,30 ^a	1,32 ± 0,20 ^b	1,40 ± 0,45	<0,001
p			0,009	0,618	0,093	0,917	

A,B harfleri aynı sütün içerisindeki, a,b harfleri ise aynı satır içerisindeki farklılıkları göstermektedir

Grup Kontrol: Sensodyne Deep Clean, Grup HP: Colgate Optic White (Expert White), Grup MP: Oral B 3D White Luxe (Perfection), Grup AK: Colgate Optic White (Choarcoal)

Gc Initial Lisi blok grubu:

Gc Initial Lisi grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası a_1^* değerlerinin ($3,09 \pm 0,50$) anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bununla birlikte, başlangıç a_0^* değerleri ($2,38 \pm 0,30$) ve fırçalama sonrası a_2^* değerleri ($2,58 \pm 0,40$) arasında ise fark yoktur ($p > 0,05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen a_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki a_2^* değerleri, renklendirme sonrası (a_1^*) değerlerine göre belirgin şekilde azalmıştır ve bu azalma Kontrol grubu dışındaki tüm gruplarda anlamlıdır ($p < 0,05$). Ayrıca a_2^* değerleri ile a_0^* değerleri arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Lava Ultimate blok grubu:

Lava Ultimate grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası a_1^* değerlerinin ($1,86 \pm 0,30$) anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bununla birlikte, başlangıç a_0^* değerleri ($-0,99 \pm 0,40$) ve fırçalama sonrası a_2^* değerleri ($-0,71 \pm 0,50$) arasında ise fark yoktur ($p > 0,05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen a_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Grup HP'ye ait a_2^* değeri ($-1,31 \pm 0,30$), diğer macun gruplarından anlamlı olarak daha düşük değer göstermiştir ($p < 0,05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki a_2^* değerleri, renklenme sonrası (a_1^*) değerlerine göre belirgin şekilde azalmıştır ($p < 0,05$).

Voco Grandio blok grubu:

Voco Grandio grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası a_1^* değerlerinin ($1,89 \pm 0,30$) anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bununla birlikte, fırçalama sonrası a_2^* değerlerinde anlamlı bir düşüş olmuştur ($1,32 \pm 0,20$) ve başlangıç a_0^* değerleri ($1,00 \pm 0,20$), renklendirme sonrası a_1^* değerleri ($1,89 \pm 0,30$) ve fırçalama sonrası a_2^* değerleri ($1,32 \pm 0,20$) arasında ise istatistiksel olarak farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen a_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki a_2^* değerleri, renklendirme sonrası (a_1^*) değerlerine göre belirgin şekilde

azalmıştır ($p<0.05$). Ayrıca a_2^* değerleri ile başlangıç a_0^* değerleri arasında Grup HP dışındaki tüm gruplar anlamlı olarak farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

4.1.4. Örneklere Ait Renk Analizinin b^* Parametresine Ait Bulgular

Yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu hidrojen peroksit içeren, aktif kömür içeren, mikropartikül içeren ve kontrol macun gruplarında yer alan örneklerin başlangıç b_0^* değerleri ile; sigara dumanıyla renklendirilmesinden b_1^* ve fırçalamadan sonra elde edilen b_2^* değerleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Çalışma gruplarının üç farklı ölçüm aşamasında elde edilen b^* ölçüm değerlerine ait ortalama ve standart sapma değerleri

Materyal		n	Başlangıç (b ₀ *)	Renklendirmeden sonra (b ₁ *)	Fırçalamadan sonra(b ₂ *)	Ortalama	p
Gc Initial Lisi Blok	Grup Kontrol	14	41,59 ± 1,20	41,66 ± 1,60 ^B	42,58 ± 0,90	41,95±1,32 ^{AB}	0,087
	Grup HP	14	41,32 ± 1,76 ^b	42,83 ± 1,50 ^{ABa}	41,71 ± 1,48 ^{ab}	41,95±1,69 ^{AB}	0,046
	Grup AK	14	42,29 ± 1,38	43,32 ± 1,52 ^A	42,24 ± 0,94	42,62±1,37 ^A	0,057
	Grup MP	14	41,21 ± 1,20	41,90 ± 1,74 ^{AB}	41,46 ± 1,40	41,52±1,47 ^B	0,462
	Ortalama	56	41,6 ± 1,40	42,43 ± 1,70	42,00 ± 1,30	42,01±1,51	0,087
p			0,191	0,026	0,081	0,009	
Lava Ultimate	Grup Kontrol	14	17,82 ± 1,40 ^c	26,05 ± 1,40 ^a	19,65 ± 1,31 ^{Ab}	21,17±3,81	<0,001
	Grup HP	14	17,36 ± 1,35 ^b	26,47 ± 1,30 ^a	16,56 ± 1,13 ^{Bb}	20,13±4,72	<0,001
	Grup AK	14	18,40 ± 1,51 ^b	26,79 ± 1,53 ^a	18,83 ± 1,13 ^{Ab}	21,34±4,14	<0,001
	Grup MP	14	18,32 ± 1,00 ^b	26,09 ± 2,18 ^a	18,21 ± 1,35 ^{Ab}	20,87±4,04	<0,001
	Ortalama	56	17,98 ± 1,30 ^b	26,35 ± 1,60 ^a	18,25 ± 1,39 ^b	20,88±4,18	<0,001
p			0,141	0,594	<0,001	0,562	
Voco Grandio Blok	Grup Kontrol	14	35,01 ± 0,80 ^b	36,95 ± 1,20 ^a	36,81 ± 1,00 ^{Aa}	36,26±1,33	<0,001
	Grup HP	14	35,06 ± 1,56 ^b	36,59 ± 1,60 ^a	34,97 ± 0,80 ^{Bb}	35,54±1,54	0,005
	Grup AK	14	34,44 ± 1,22 ^c	37,92 ± 1,25 ^a	35,72 ± 1,02 ^{Bb}	36,03±1,85	<0,001
	Grup MP	14	34,51 ± 0,70 ^c	37,80 ± 1,47 ^a	35,74 ± 1,00 ^{Bb}	36,02±1,74	<0,001
	Ortalama	56	34,76 ± 1,10 ^c	37,31 ± 1,50 ^a	35,81 ± 1,10 ^b	35,96±,63	<0,001
p			0,327	0,036	<0,001	0,228	

A,B harfleri aynı sütün içerisindeki, a,b harfleri ise aynı satır içerisindeki farklılıkları göstermektedir

Grup Kontrol: Sensodyne Deep Clean, Grup HP: Colgate Optic White (Expert White), Grup MP: Oral B 3D White Luxe (Perfection), Grup AK: Colgate Optic White (Choarcoal)

Gc Initial Lisi blok grubu:

Gc Initial Lisi grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası b_1^* değerlerinin ($42,43 \pm 1,70$) arttığı ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ayrıca, b_0^* , b_1^* ve b_2^* değerleri arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen b_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Lava Ultimate blok grubu:

Lava Ultimate grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası b_1^* değerlerinin ($26,35 \pm 1,60$) anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, başlangıç b_0^* değerleri ($17,98 \pm 1,30$) ve fırçalama sonrası b_2^* değerleri ($18,25 \pm 1,39$) arasında ise fark yoktur ($p>0.05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen b_2^* değerleri incelendiğinde ise macun grupları arasında istatistiksel olarak fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Grup HP' ye ait b_2^* değeri diğer macun gruplarına göre istatistiksel olarak daha düşük tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte bütün gruplardaki b_2^* değerleri, renklendirme sonrası (b_1^*) değerlerine göre belirgin şekilde azalmıştır ($p<0.05$). Ayrıca b_2^* değerleri ile başlangıç değerleri (b_0^*) arasında Grup Kontrol haricinde hiçbir grupta istatistiksel olarak fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Voco Grandio blok grubu:

Voco Grandio grubu için diş macunlarından bağımsız olarak genel ortalamalara bakıldığında renklendirme sonrası b_1^* değerlerinin ($37,31 \pm 1,50$) anlamlı olarak arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Farklı diş macunları ile fırçalama sonrası elde edilen b_2^* değerleri incelendiğinde, Grup Kontrol'e ait b_2^* değeri diğer macun gruplarına göre istatistiksel olarak daha yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte Grup Kontrol' e ait b_2^* değeri, renklendirme sonrası (b_1^*) değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı olmayacak şekilde azalmıştır ($p>0.05$). Diğer gruplardaki b_2^* değerleri, renklendirme sonrası (b_1^*) değerlerine göre belirgin şekilde azalmıştır ($p<0.05$). Ayrıca b_2^* değerleri ile başlangıç

değerleri (b_0^*) arasında Grup HP dışındaki tüm gruplarda anlamlı artış tespit edilmiştir ($p<0.05$).



5. TARTIŞMA

Diş hekimliği alanında kullanılan materyaller ve üretim teknikleri, teknolojinin gelişimiyle birlikte ilerlemiştir. Estetik ve fonksiyonel beklentilerin karşılanabilmesi için CAD/CAM teknolojisinin gelişimiyle birlikte, yüksek estetik özelliklere ve fiziksel dayanıma sahip materyaller üretme imkanı ortaya çıkmıştır. Metal alt yapılı restorasyonlarda görülen metalin dezavantajlarını önlemek amacıyla tam seramik sistemler geliştirilmiştir. Tam seramik restorasyonlar, diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla tercih edilen bir seçenektir; çünkü üstün estetik özelliklere, biyouyumluluğa ve kabul edilebilir mekanik özelliklere sahiptir. Bu restorasyonlar, geleneksel metal destekli restorasyonların yerini almaktadır. Hastaların artan estetik talepleri, tam seramik restorasyonlarla birlikte CAD/CAM sistemleriyle kullanılan metal içermeyen restoratif materyallerin gelişimini teşvik etmiştir. Bu materyaller, farklı mekanik ve estetik özelliklere sahiptir.¹⁶²

CAD/CAM bloklarının üretim ve kullanımının artmasıyla birlikte, diş hekimleri çeşitli konularla ilgili olarak araştırma ve değerlendirme yapma ihtiyacı duymaktadır. Blokların yapıları, kullanılan materyaller, ısıya dayanıklılıkları, translusens özellikleri, bükülme dayanımları, yüzey özellikleri, klinik başarı oranları ve renklendirme dirençleri gibi birçok özellik, yapılan çalışmalarda incelenmiştir.^{163, 164}

CAD/CAM sisteminde tedavinin planlamasından sonra, restorasyon için kullanılacak materyallerin seçimine estetik ve mekanik özelliklerine göre karar verilmektedir. CAD/CAM sisteminde ilk olarak kullanılan feldspatik cam seramikler biyouyumlu olmalarına rağmen okluzal strese karşı düşük dayanıklılığa ve düşük kırılma direncine sahip blok materyalleri olarak bilinmektedir. Daha dayanıklı ve estetik restorasyonlar elde etmek için lösit ile güçlendirilmiş seramikler ve lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramikler geliştirilmiştir. Son yıllarda ise mekanik özellikleri arttırmak için %8-12 oranında zirkonya ilave edilmiş lityum disilikat cam seramikler piyasaya sürülmüştür.

Hibrit seramikler, seramiklerin ve kompozitlerin avantajlarını birleştirme ve dezavantajlarını ortadan kaldırma amacıyla geliştirilmiştir. Della Bona ve ark.¹⁶⁵ hibrit seramik materyallerin seramik ve kompozit rezin arasında bir mekanik özellik sergilediğini belirtmiştir.¹⁶⁵ Bu materyaller, seramik ve polimerden oluşan çift ağ yapısına sahiptir ve daha az kırılğan, kolay işlenebilir ve iyi kenar uyumu sağladığı iddia

edilmektedir. Farklı yapıda hibrit seramikler arasında, polimer infiltre seramik ağ yapılı materyaller ve rezin nanoseramik materyaller gibi seçenekler bulunmaktadır.

Seramik restorasyonların klinik başarısı ve uzun ömürlü kullanımı, sadece estetik ve mekanik özelliklerle değil, aynı zamanda renk stabilitesi ile de yakından ilişkilendirilir. Ağız içi koşullar ve renklendirici içecekler gibi etkenler, restorasyonlardaki ışık geçirgenlik özelliklerini bozabilir ve renk değişimine yol açabilir, bu da hastaların memnuniyetsizliğine neden olabilir.¹⁶⁶

Restorasyonların renklenmesine neden olan durumlar, çoğunlukla hastanın beslenme alışkanlıkları ve içecek tüketimi ile doğrudan ilişkili bulunmuştur. Birçok çalışmada kahve, çay, kırmızı şarap, kola ve sigaranın dental materyallerde renk değişikliğine neden olduğu gösterilmiştir.^{167, 168} Ayrıca, beslenme alışkanlıklarının ötesinde, rezinlerin yetersiz polimerizasyonu, sıvı absorbe etme yetenekleri, kimyasal reaktivite ve restorasyon yüzeylerindeki pürüzlülük gibi özellikler, malzemelerin renkle ilgili özelliklerinde artışa neden olabilir.^{169, 170}

Motro ve ark.¹⁷¹, seramik materyallerin kahve solüsyonuna daldırılmasının önemli bir renk değişikliğine neden olduğunu bildirmiştir. Palla ve ark.¹⁷² çay, kahve ve şarap gibi çeşitli sıvılara daldırıldığında E.max lityum disilikat materyalinin önemli ölçüde renklendiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Das Santos ve ark.¹⁷³ lityum disilikat seramiklerin, yaygın olarak tüketilen içeceklerde bekletilmesinin ardından renk değişimlerini, opasite ve translusent özelliklerini incelemişlerdir. Materyaller, kola, portakal suyu, kahve ve şarap gibi içeceklerle daldırıldığında önemli renk değişikliği görülmüştür. Son olarak, Alandia Roman¹⁷⁴, sigara dumanının kompozitler üzerindeki etkilerine ilişkin çalışması, sigara dumanına maruz kalan tüm kompozit rezinlerde önemli renk farklılıklarının kaydedildiğini bildirmiştir.

Belli ve ark.¹⁷⁵ yaptığı bir çalışmada, iki farklı kompozit rezin (Valux Plus direkt hibrit kompozit rezin ve EOS inlay indirekt 0.4 µm büyüklüğünde mikrodoldurucu rezin) ile bir porselen laminate veneer (Ceramco II) materyali kullanarak, örnekleri distile su, siyah çay, Türk kahvesi ve sigara dumanına maruz bırakmışlardır. Elde edilen sonuçlar, sigara dumanının diğer faktörlere kıyasla en fazla renklenmeye yol açtığını göstermiştir.

Diş yüzeyinde ve restorasyonlarda oluşan renklenmelerin giderilmesi için birçok farklı seçenek mevcuttur.^{176, 177} Bunlar arasında beyazlatıcı diş macunları kullanımı, vital

/devital beyazlatma uygulamaları, polisaj işlemi, diş minesinin mikro-makro abrazyonu veya veneer ve kuron gibi diş restorasyonları yer almaktadır.

Günlük kullanım için tasarlanan beyazlatıcı diş macunları, diş yüzeylerinin temizlenmesi ve renklenmelerin giderilmesinde etkili olabilmektedir.^{178, 179} Beyazlatıcı diş macunları; abrazyon, surfaktanlar, kalsiyum şelatörleri, enzimler ve polimerler gibi çeşitli bileşenler içermektedir. İçerdikleri bileşenlerin etki mekanizmalarına göre diş macunları; fiziksel, kimyasal ya da optik etki göstererek dişlerin daha beyaz görünmesini sağlamaktadır. Beyazlatıcı diş macunlarının içeriğinde yer alan hidratlı silika, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat, alümina, perlit veya sodyum bikarbonat gibi bileşenler, diş minesinin yüzeyinde bulunan pigmentli biyofilmleri ve kromoforları mekanik bir şekilde temizlemektedir.¹⁸⁰ Oksidanlar veya enzimler içeren beyazlatıcı diş macunları, diş yüzeyine yapışmış pigmentleri kimyasal olarak değiştirerek renk değişiminin şiddetini ve görünümünü azaltır.^{88, 180} Optik ajan içeren diş macunu çeşitleri, diş yüzeyinde ince, yarı saydam bir mavimsi pigment filmi oluşturan mavi kovanin gibi pigmentleri içerir. Bu film, gelen ışığın etkileşimini değiştirerek dişlerin daha beyaz ve parlak görünmesini sağlar.^{112, 114} Aktif kömür veya karbon ise, diş lekelerinden sorumlu pigmentleri, kromoforları ve lekeleri adsorbe etme kapasitesi nedeniyle diş macunlarında kullanılmaktadır.¹⁸¹

Joiner^{182, 183} tarafından yapılan çalışmalar, abrazyonun renklenmelerin giderilmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Birçok araştırma, beyazlatıcı diş macunlarının, diş yüzeyindeki lekeleri abrazyon veya peroksitler aracılığıyla fiziksel veya kimyasal olarak uzaklaştırabileceğini bildirmiştir.^{80, 184, 185}

Çelik ve ark.¹⁸⁶, kahve ile renklendirilmiş farklı türde kompozit örneklerin, farklı beyazlatıcı diş macunları (Colgate Optic White, Signal White NOW, Sensodyne Pronamel) ile fırçalanmasının etkinliğini (7.,15.ve 30. gün) araştırdıkları çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek renk değişiminin hidrojen peroksit içeren beyazlatıcı diş macununda (Colgate Optic White) gözlemlediklerini bildirmişlerdir.

Vaz ve ark.¹⁰⁶ tarafından bir yapılan çalışmada, farklı beyazlatıcı ajanları içeren, aktif kömür, mavi kovanin, hidrojen peroksit ve mikropartikül içeren çeşitli beyazlatıcı diş macunlarını karşılaştırmışlardır. Mikropartikül ve mavi kovanin içeren diş macunlarının diş beyazlatmada en etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Literatür taraması yapıldığında, CAD/CAM blok materyallerinin renk değişimleri hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Farklı ajanlara maruz kalma, restoratif materyallerin renklerinde değişikliklere neden olabilir. Özellikle sigara dumanı gibi yaygın olarak kullanılan ajanlar, dental materyallerin renklerinde bozulmalara yol açabileceği bilinmektedir.⁷⁵ CAD/CAM blokların sigara dumanı ile renklendirilmesinden sonra beyazlatıcı diş macunlarıyla fırçalanmasının nasıl sonuçlar vereceğine dair bilgiler sınırlıdır. Bu nedenle, amacımız CAD/CAM ile kullanılabilen çeşitli kimyasal içeriklere sahip blok materyallerinin, sigara ile renklendirilmesinin ardından beyazlatıcı diş macunlarıyla fırçalanması sonrası renk parametrelerini değerlendirmek olmuştur. Bu çalışmanın sonuçları neticesinde, estetik restoratif materyallerin uzun vadeli kullanım özellikleri ve renk stabilitesi hakkında daha kapsamlı bilgi sağlayarak literatürü katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmamızda, 2 adet hibrit-rezin esaslı (Lava Ultimate, Voco Grandio) ve 1 adet lityum disilikat esaslı (Gc Initial Lisi) CAD-CAM blok materyali kullanılmıştır. Firma tarafından güncel olarak tanıtılan ve glaze işlemini ortadan kaldırarak manuel polisaj yapılabilmesi ile her geçen gün popülerliğini arttırmasından dolayı çalışmamızda lityum disilikat seramik grubundan Gc Initial Lisi blok kullanılmıştır. Çalışmamızda hibrit seramik olarak ise rezin nanoseramik grubundan Lava Ultimate blok ve Grandio blok materyalleri kullanılmıştır. Bu materyaller güncel ve popüler seçenekler olup, mekanik ve optik özellikleriyle de dikkat çekmektedir. Lava Ultimate ve Grandio blok materyalleri rezin nanoseramik yapıda olup, Gc Initial Lisi blok gibi üretim sonrası fırınlamaya gerek duyulmadan kolaylıkla polisaj yapılabilir. ¹⁸⁷ Kullanılan tüm bloklar, uygulama aşamasında ağız içinde polisaj işlemine tabi tutulabilmektedir.

GC Initial Lisi blok materyali son yıllarda kullanıma sunulmuştur, bu nedenle klinik başarısını destekleyen yeterli *in vivo* ve *in vitro* çalışma bulunmamaktadır. GC Initial Lisi blok, ısıya maruz bırakılmadan optimum fiziksel özellikleri sunabilen tamamen kristalize lityum disilikat yapıya sahiptir. Bu blok, ağırlıkça %57-80 SiO₂, %11-19 Li₂O, %0-13 K₂O, %0-11 P₂O₅, %0-8 ZrO₂, %0-8 ZnO, %0-5 Al₂O₃, %0-5 MgO ve %0-8 renklendirici oksitlerden oluşmaktadır. Üretici firmaya göre Gc Initial Lisi blok, yüksek aşınma direnci, mükemmel marjinal uyum ve estetik özellikler sunmaktadır. Ayrıca ultra ince kristal yapısı, CAD/CAM sistemlerinde kolayca frezlenmesine olanak tanımaktadır. Yüzey pürüzsüzlüğü için polisaj lastikleri ve diskleri kullanılarak

restorasyon simantasyona hazır hale getirilebilir. Bu blok materyali, anterior ve posterior kuronlar, inleyler, onleyler, laminate veneer restorasyonları gibi çeşitli diş restorasyonlarında kullanılmaktadır.¹⁸⁸

Çalışmamızda kullanılan bir diğer materyal hibrit rezin nanoseramik olan %20 polimer, %80 seramik içeriğe sahip Lava Ultimate blok materyalidir. Lava Ultimate bloklar, içerdikleri zirkonya ve silika nanomerlerle seramik bir yapı oluştururlar. Resin matriks içeriğinde BisGMA, UDMA, Bis-EMA ve TEGDMA bileşenleri mevcuttur. Bu resin içerikler, esneklik ve yüksek kırılma dayanımı sağlarken, aynı zamanda seramik bileşenin optik özelliklerini koruyarak estetik açıdan tercih edilen CAD/CAM bloklarından biri olmasını sağlar. Bu bloklar üretim sonrası fırınlama gerektirmez ve kolayca parlatılabilirler.¹⁸⁷ Ayrıca, içerdikleri resin sayesinde, karşı dişlerde daha az aşınmaya neden olurlar. Bu blokların dikkate değer bir özelliği de karakteristik yapısı sayesinde ekleme ve tamir işlemlerine olanak tanımlar.¹⁸⁹

Çalışmamızda kullanılan bir diğer resin içerikli hibrit blok materyali Voco Grandio blok kullanılmıştır. Voco Grandio blok, %86 doldurucu içeriğine sahiptir. Resin matriks içeriğinde BisGMA, UDMA ve TEGDMA bileşenleri mevcuttur. Bu resin bileşenler, nano partiküller matris içinde ağ benzeri bir etki oluşturarak abrazyon ve gerilme direncini artırır. Ayrıca, restorasyonların yapımı sırasında fırınlama gereksinimi olmadığı için işlemlerin kısa sürede yapılabilmesi, yüzey bitirme işlemlerinin diğer CAD/CAM materyallerine kıyasla daha hızlı gerçekleştirilebileceği ve frezleme, uyumlama ve parlatma işlemlerinin daha kolay olduğu bildirilmiştir.¹⁹⁰

Materyallerin optik özellikleri dikkate alındığında, restorasyon kalınlıkları önemli bir faktördür. Ancak klinik olarak, 1 ile 2 mm arasında bir kalınlığın doğrusal bir ilişki içinde olup olmadığı belirsizdir.¹⁹¹ Ayrıca, toplam kırılma indeksi doğrudan materyal kalınlığına bağlıdır. Kalınlığın artması, translusensin azalmasına neden olur ve bu, klinik açıdan son derece önemlidir.¹⁹²

Niu ve ark.¹⁹³ yaptığı bir çalışmada, seramik restorasyonun kalınlığının 1,5 mm'nin üzerinde olduğunda estetik sonucun, kullanılan çekirdek yapı ve siman renginden bağımsız olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, çalışmamızda tüm örneklerin kalınlığı 1,5 mm olarak standardize edilmiş ve yüzey bitirme işlemi sadece örneklerin bir yüzeyine uygulanmış, tüm renk ölçümleri bu yüzeyden yapılmıştır.

Çalışmamızda örneklerin boyutları, her bir örnek için 7x7 mm olarak standardize edilmiştir. Translulent dental materyallerin renk ölçümleri, spektrofotometrenin veya kolorimetrenin renk ölçüm ucundaki küçük bir açıklıktan yapılır ve bu durum edge-loss olarak adlandırılan ışık kaybına ve sapmaya neden olur.¹⁹⁴ Edge-loss etkisini minimize etmek için, örnekler 5 mm'lik spektrofotometre ölçüm ucundan daha geniş olarak hazırlanmıştır ve boyutları 7x7 mm'dir. Standardizasyonu sağlamak ve edge-loss etkisini minimize etmek amacıyla, tüm ölçümler örneklerin tam ortasından gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ışık saçılmasının önüne geçmek için örneklerin boyutuna uygun olarak bir düzenek hazırlanmış olup tüm ölçümler bu düzenek içerisinde yapılmıştır.

CAD/CAM restorasyonlar, hekimler tarafından yalnızca tek seansta tasarlanabilmekte ve üretilebilmektedir. Frezeleme işlemi sonrasında yüzey pürüzlülüğü giderilmekte ve gerektiğinde okluzal uyum sağlanmaktadır. Daha sonra, intraoral olarak bitim ve polisaj işlemlerine tabi tutularak simante edilmektedir.²⁷

CAD/CAM sistemleriyle üretilen restorasyonların bitirme ve cilalama işlemleri, glaze uygulaması ve hasta başında/intraoral bitirme polisaj işlemi olarak iki şekildedir. CAD/CAM hibrit rezin seramik restorasyonlarında, glaze işlemi gerekli olmadığı için porselen fırını kullanmadan tek seansta tamamlanabilir. Seramik restorasyonlarda, hasta başında/intraoral polisaj yöntemleri, pürüzsüz ve düzgün bir yüzey elde etmek için glaze işleminin alternatifi olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, zaman tasarrufu sağlar ve tekrarlayan fırınlama adımlarının önüne geçerek bazı avantajlar sunmaktadır.¹⁹⁵ Bu nedenle klinik şartları simüle edebilmek için, çalışmamızda zımpara kağıtlarıyla yüzey standardizasyonu sonrasında örneklerle alüminyum oksit kaplı disklerle (Sof-Lex™ XT 3M ESPE, St Paul, MN, ABD) polisaj yapılmıştır.

Diş hekimliği alanında, renk tespiti çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Bunlar arasında ortamın aydınlatması, materyalin fiziksel özellikleri ve yapılan değerlendirmenin öznel olması yer almaktadır.¹³³ Renk tespiti, görsel yöntemlerle subjektif olarak veya renk tespit cihazlarıyla objektif olarak gerçekleştirilebilir. Günümüzde, renk ölçümünden kaynaklanabilecek hataları en aza indirmek için spektrofotometreler, kolorimetreler ve bilgisayar yazılım programlarıyla görüntü analizleri gibi objektif yöntemler kullanılmaktadır.¹⁹⁶ Kolorimetreler, yansıyan ışığı sadece üç dalga boyunda ölçebilen cihazlardır. Ancak spektrofotometreler, görülebilir spektrumun tamamı içindeki yansıyan ışığı ölçebilme yeteneğine sahiptirler.¹⁹⁷

Yapılan çalışmalarda, diş renginin spektrofotometre ile değerlendirilmesinin, görsel yöntemle değerlendirmeye göre daha güvenilir sonuçlar verdiği bildirilmektedir¹². Renk ölçümü için en çok tercih edilen ve güvenilir yöntemlerden biri, renk ölçüm cihazlarının görsel yöntemlerle birlikte kullanılmasıdır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda, spektrofotometrelerin tercih edildiği gözlemlenirken ^{187, 198, 199} ; bazı çalışmalarda ise spektoradyometrelerin tercih edildiği görülmüştür ^{7, 144, 200}.

Spektrofotometreler, çoklu sensör yönteminin kullanıldığı ve insan gözünün algılayamadığı 51 farklı rengi ayrıştırabilen cihazlardır. Birçok bilimsel çalışmada, numunelerin renk karşılaştırmasında, renk seçiminde ve dolaylı olarak translusens ölçümünde sıklıkla kullanılmışlardır.^{187, 201} Metamerizm olarak adlandırılan bir renk fenomeni, aynı veya benzer görünen iki farklı rengin başka bir ışık kaynağı altında farklılık göstermesi durumunu tanımlar. Bu fenomen, spektrofotometreler ile ayırt edilebilir.

Çalışmamızda renk ölçümleri için, literatürde yaygın olarak kullanılan Vita Easyshade V spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Bu yöntem, Muntean ve ark.²⁰¹, Stankovic ve ark.²¹⁷ ve Conte ve ark.²¹⁸ tarafından da benzer şekilde kullanılmıştır. Vita Easyshade (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya), kablosuz, pille çalışan, oldukça küçük ve kullanımı kolay bir spektrofotometredir. Aynı zamanda ekonomiktir. Bu cihaz, dişlerin insizal, orta üçlü ve servikal bölgelerinde renk analizlerini ayrı ayrı gösterebilme özelliğine sahiptir. Restorasyonların renk uyumunu değerlendirmek için hue, chroma ve value parametrelerini karşılaştırma olanağı sağlar. Cihazın verileri, Vitapan Classical ve Toothguide 3D-Master skalalarıyla uyumludur. Ayrıca, ölçülen rengin CIE Lab değerlerini de gösterebilir. Vita Easyshade V, Easyshade'in beşinci nesil cihazıdır.

Tez çalışmamızda, renk ölçümünde Vita Easyshade V, cihazının kullanılmasının nedenleri arasında numunelerin yüzeyinde daha güvenilir, kolay, hızlı ve tekrarlanabilir ölçüm yapabilme avantajları bulunmaktadır. Çalışma süresi boyunca her numunedeki renk değerlerinin daha doğru bir şekilde belirlenebilmesi için her numunedeki renk ölçümlerinden üç adet yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Ayrıca, daha doğru renk ölçümleri elde etmek için, her 10 numunede bir, cihazın kalibrasyonu, üretici firmanın önerilerine uygun olarak yapılmıştır.

Restoratif materyaller, ağız ortamında tüketilen yiyecekler ve içeceklerde bulunan birçok renklendirici maddeye maruz kalır. Daha önce yapılan çalışmalarda,

dental seramiklerin ağız ortamında yaygın olarak bulunan pigmentlerden dolayı renk değişikliğine uğradığı gösterilmiştir.²⁰²⁻²⁰⁴ Protetik ve restoratif diş hekimliği ürünlerinin renk değişikliğini incelemek için çeşitli teknikler kullanılmıştır. İn vitro simülasyonlarda, farklı solüsyonlara daldırma ve hızlı yaşlandırma yöntemiyle kümülatif renk değişimi araştırılmıştır. Solüsyon türü ve maruz kalma süresinin renk değişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Birçok çalışmada, çay, kahve, meyve suyu, şarap, kola ve sigaranın dental materyallerde renk değişikliğine neden olduğu bulunmuştur.^{168, 205, 206}

Literatürde sigara içmenin sonuçlarını değerlendiren birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak CAD/CAM blok materyali üzerinde renklendirici etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır. İmirzalıoğlu ve ark.²⁰⁷ çay, kahve ve nikotinin akrilik rezin protezlerin renk stabilitesi üzerindeki etkilerini araştırmış ve her boyama çözeltisi ile renk değişiminin insan gözüyle algılanabileceğini bulmuşlardır. Mathias ve ark.²⁰⁸ sigara dumanının kompozit rezinlerde önemli bir renk değişikliğine neden olduğunu tespit etmişlerdir. Zanetti ve ark.²⁰⁹ ise yaptıkları çalışmada diş dokuları ve kompozit restorasyonlar üzerinde üç haftalık sigara dumanı maruziyetinden sonra belirgin renk değişiklikleri oluştuğunu göstermişlerdir. Belli ve ark.¹⁷⁵ laminate materyallerin renk stabilitesini değerlendirmiştir. İki farklı kompozit ve bir porselen materyali kullanarak hazırladıkları örnekleri bir ay boyunca çay, kahve ve sigara dumanına maruz bırakmışlardır. Yaptıkları çalışmada örneklerin en çok sigara dumanından etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Sigara içme alışkanlığı, en büyük halk sağlığı problemlerinden biridir. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2020 yılı verilerine göre, tütün ve tütün ürünleri nedeniyle dünya genelinde her yıl 8 milyondan fazla insan hayatını kaybetmektedir. Sigara kullanıcılarının %80' den fazlası düşük ve orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır ve Türkiye, sigara kullanım oranı açısından dünya genelinde 40. sırada yer almaktadır. Ülkemizde özellikle yetişkinler arasında sigara kullanımının yaygın olduğunu göz önünde bulundurarak, çalışmamızda renklendirici ajan olarak sigara seçilmiştir.

Sigara dumanı, gaz ve partikül olmak üzere karmaşık bir yapıya sahip olup 6000'den fazla kimyasal bileşeni içerir. Gaz fazı, sigara dumanının fiber filtreden geçen kısmını oluştururken, partikül fazı ise fiber filtreye yapışan ve çapı 0.1 µm ile 1 µm arasında değişen partiküllerden oluşan katran olarak da bilinen bir kısımdır. Sigara dumanına maruz kaldıklarında, katran içindeki pigmentli bileşikler cilt, tırnaklar ve dişler

gibi yüzeylerde birikebilir ve renk değişikliğine neden olabilir. Renklendirme derecesinin sigara içilirken üretilen katran miktarıyla ilişkili olduğu ve katran miktarının artmasıyla lekelenmenin arttığı düşünülmektedir. Sigara dumanının partikül fazını uzaklaştırmak veya azaltmak, sigaraya bağlı renklenme riskini büyük ölçüde azaltabilir. Zhao ve ark.²¹⁰ kompozit rezinlerin sigara ve elektronik sigara kullanılarak renk değişim değerlerini incelemişlerdir. Elektronik sigara kullanımının tütünün yanması sonucu açığa çıkan birikintileri azalttığından veya ortadan kaldırdığından dolayı sigaranın geleneksel kullanımına göre kompozit restorasyonların renk değişimi üzerindeki etkisini azalttığını göstermişlerdir. Ayrıca sigara dumanının diş ve restorasyonlarla temas ettiğinde, yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği ve dişe bağlanma gibi önemli mekanik özelliklerde başarısızlığa neden olarak tüm restorasyonların klinik başarısını etkileyebileceği belirtilmektedir.²¹¹

Literatürde, estetik restoratif materyallerin sigara dumanına maruz bırakılma yöntemini standartlaştıran yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmalar genellikle sigara dumanının etkisini, kullanılan ekipman tipini, sigara sayısını, duman akışını ve materyalin sigaraya maruz kalma süresini standartlaştırmadan araştırmışlardır. Mathias ve ark.²⁰⁸ tarafından geliştirilen hermetik olarak kapatılmış iki bölmeden oluşan bir cihaz hava akımı oluşturularak ikinci bölmedeki örneklerin üzerine yönlendirilmiştir. Bu işlem, günde iki kez 10'ar sigara kullanılarak 21 gün boyunca tekrarlanmıştır. Patil ve ark.²¹², vakum cihazı kullanarak çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Tek seferde bir sigara kullanıp örnekleri günde 6 sigara dumanına maruz bırakmışlar ve bu işlemi 21 gün boyunca tekrarlamışlardır.

Wasilewski ve ark.²¹³ ise benzer şekilde geliştirdikleri makinede vantilatör yerine vakum cihazı kullanmışlardır. Yakılan sigaraların dumanı vakum cihazı yardımıyla örnekler üzerine yönlendirilmiştir. Tek seferde beş sigara kullanılmış ve bunu günde dört kez tekrarlamışlardır. Tüm sistemlerde, örneklerin bulunduğu bölgeden sigara dumanının tahliyesi için ayrıca bir delik açılmıştır. Yaptığımız çalışmada ise, Wasilewski ve arkadaşlarının kullandığı cihazdan farklı olarak her seferinde tek bir sigara girişine izin veren cihaz kullanılmıştır. Bu çalışmaya benzer şekilde, örnekler toplamda 1 pakete denk gelen 20 adet sigara dumanına maruz bırakılmıştır.

Son yıllarda, mevcut restorasyon ve diş renklenmeleri dental kliniklere başvuran hastaların en yaygın şikayetlerinden biri haline gelmiştir.²¹⁴ Seramik restorasyonların

uzun vadeli klinik başarısı ve dayanıklı kullanımı, estetik ve mekanik özelliklerinin yanı sıra renk stabilitesi göstermesiyle de ilişkilidir. Ağız içi koşullar ve renklendirici içecekler gibi etkenler, restorasyonlardaki ışık geçirgenliğinin bozulmasına ve renk değişimine neden olabilir, bu da hastaların memnuniyetsizliğine yol açabilir.¹⁶⁶

Dişlerdeki renk değişikliklerinin dışsal veya içsel nedenlere bağlı olarak ortaya çıktığı bilinmektedir. İçsel renklenmeler, mine ve dentin dokusundaki doğal pigmentlerden kaynaklanırken, dışsal renklenmeler diş minesine dışarıdan gelen pigmentlerin birikmesi sonucu oluşur. Ayrıca, beslenme alışkanlıkları da diş minesinin sararmasına ve renklenmesine neden olabilir. Renklenmiş dişlerin tedavisinde, diş hekimleri tarafından mikroabrazyon, makroabrazyon ve ofis veya evde uygulanan beyazlatma gibi birçok profesyonel ağartma yöntemi kullanılmaktadır.^{113, 215} Bununla birlikte, profesyonel tedaviler genellikle birden fazla seansta yapılması gerektiği ve maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, kişileri hekim kontrolü olmadan uygulanabilen ağartma ürünlerine yönlendirebilmektedir.²¹⁶ Reçetesiz satılan ve tezgah üstü ürünler olarak adlandırılan ürünler arasında beyazlatma şeritleri, beyazlatıcı diş macunları, jeller ve ağız gargaraları bulunmaktadır. Farklı konsantrasyonlarda beyazlatma maddesi içeren bu ürünlere, kişiler marketlerden, eczanelerden veya internetten kolaylıkla ulaşabilmektedir. Beyazlatma etkili diş macunları gibi tezgahüstü ürünler, 2-4 hafta süreyle kullanıldığında gözle görülür ve tatmin edici bir beyazlatma göstereceği iddia edilmektedir. Bu tür diş macunları, geleneksel diş macunlarının çürük ve plak oluşumunu önleme gibi terapötik etkilerini korurken, içerisine eklenen aşındırıcılar, peroksitler, enzimler veya optik modifiye edici ajanlarla beyazlatma etkinliği sağlamışlardır.

Diş macunlarına ilave edilen bu kimyasal ajanlar, diş yüzeyindeki artıkları temizlemekte ve aynı zamanda diş renklenmelerinin oluşumunu engellemekte veya mevcut lekeleri azaltmaktadır.^{106, 215, 217} Ayrıca, beyazlatma etkili diş macunlarının geleneksel diş macunlarına kıyasla daha fazla miktarda aşındırıcı partiküller içerdiği ve bu sayede dışsal renklenmeleri giderdiği veya lekelerin birikmesini önlediği belirtilmektedir. Ancak, beyazlatma etkili macunlarda bulunan aşındırıcı partiküllerin sertliği, boyutu ve şekline bağlı olarak, bu macunlarla diş fırçalamanın diş yüzeylerinde aşınmalara neden olduğu ve bunun sonucunda diş renginin değiştiği ve yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirtilmektedir.²¹⁸

Kalsiyum karbonat, hidratlı silika dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat, alümina, perlit veya sodyum bikarbonat içeren formülasyonlara sahip beyazlatıcı diş macunları, diş minesinin yüzeyindeki pigmentli biyofilmleri ve kromoforları mekanik olarak giderir. Ayrıca, bu aşındırıcıların günlük kullanımı diş yüzeyine biyofilmlerin ve kromoforların yapışmasını engelleyerek mine yüzeyini değiştirir ve pigmentasyonu azaltır.^{180, 219} Oksidanlar veya enzimler içeren beyazlatıcı diş macunları, dişlere yapışan pigmentleri kimyasal olarak değiştirerek renk değişikliğinin yoğunluğunu ve görünümünü azaltır.^{88, 180} Son zamanlarda aktif kömür, renk değişiminden sorumlu pigmentleri, kromoforları ve lekeleri adsorbe etme kapasitesine sahip olması nedeniyle sıklıkla diş macunlarında kullanılmaya başlanmıştır.

Mehrgan ve ark.²²⁰, kahve ile renklendirilmiş kompozit örnekler üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı bileşenlere sahip diş beyazlatma macunlarının (Colgate Optik White, Colgate Total Whitening, Perfect White Black ve Bencer Charcoal) 2 hafta boyunca uygulanmasının etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, hidrojen peroksit içeren beyazlatıcı diş macunun (Colgate Optik White), aktif kömür ve abraziv içeren diğer beyazlatıcı macunlara göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Vaz ve ark.¹⁰⁶ 2019 yılında yapmış oldukları çalışmada, farklı beyazlatma mekanizmalarına sahip diş macunlarının sıgır dişleri üzerindeki etkinlikleri değerlendirilmiştir. Siyah çay çözeltisinde bekletilen örnekler, daha sonra kullanılacak diş macunlarına göre rastgele 6 gruba ayrılmıştır: Aktif kömür (Black & White- Curaprox - İsviçre), mavi kovarin (Close Up White Attraction Diamond - Unilever), hidrojen peroksit (Colgate Luminous White Advance - Colgate - Brezilya), mikropartikül (Oral B 3D White Perfection™ - Procter & Gamble - Brezilya), optimize edilmiş abraziv (Sorriso Xtreme White 4D - Colgate - Brezilya) ve beyazlatıcı madde içermeyen geleneksel diş macunu (Colgate Tripla Ação - Colgate - Brezilya). Çalışmanın sonuçları neticesinde mikropartikül ve mavi kovarin içeren diş macunlarının beyazlatmada etkinliğinin en yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Bazı *in vitro* çalışmalarda, kimyasal formülasyonlarında %1 oranında hidrojen peroksit içeren diş macunlarının beyazlatma etkisi geleneksel diş macunlarıyla karşılaştırıldığında, peroksit içeren diş macunlarının diş renginde önemli ölçüde değişiklik oluşturduğu tespit edilmiştir.^{221, 222} Lima ve ark.²²³, beyazlatma etkili diş macunlarının diş yüzeylerindeki leke giderme etkinliğinin, içerdikleri aşındırıcı miktarına

bağlı olarak değişebileceğini belirtmişlerdir. Ancak, bu diş macunlarının leke giderme etkinliğinin abraziv özellikleri ile her zaman doğrudan ilişkilendirilemeyeceğini belirtmişlerdir. Yakın zamanda yapılan sistematik bir inceleme, beyazlatıcı diş macunlarının geleneksel diş macunlarıyla karşılaştırıldığında beyazlatma etkinliklerinin daha iyi olduğunu göstermiştir.²²⁴ Ancak beyazlatıcı etkili ajanlardan hangisinin beyazlatma etkinliğinin daha yüksek olduğunu belirlemek için çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, beyazlatıcı etkisi olmayan ve abraziv partikül içeren kontrol diş macunu, hidrojen peroksit içeren diş macunu, mikropartikül içeren diş macunu ve aktif kömür içeren diş macunun sigara dumanına maruz bırakılarak renklendirilmiş farklı CAD/CAM blok materyallerinin rengi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu *in vitro* çalışmada, kişilerin günlük diş fırçalama rutinini birebir taklit etmek hedeflendiği için test edilen materyaller, reçetesiz temin edilebilen ve bireyler tarafından satın alınabilen diş macunları olmuştur. Seçilen her bir diş macunu, abraziv partikül olarak silika veya hidrate silika içermesine dikkat edilmiştir.

Literatürde, yapılan bazı çalışmalarda, beyazlatma etkili diş macunlarının beyazlatma etkinliğiyle ilgili farklı raporlar bulunmaktadır.¹⁰⁸ Bu nedenle, çalışmamızda, kimyasal beyazlatma etkisine sahip ajan olan hidrojen peroksit içeren Colgate Optic White /Expert White (Colgate-Palmolive, Amerika) ve aktif kömür içeren Colgate Optic White/Charcoal (Colgate-Palmolive, Amerika) diş macunları ile mikropartikül içeren Oral B 3D White Luxe /Perfection (CP-GABA, Brezilya) diş macunları kullanılmıştır. Ayrıca, beyazlatma etkisine sahip diş macunlarının etkinliklerini kontrol grubuyla karşılaştırmak için piyasada kolaylıkla bulunan ve hidrate silika içeren bir diş macunu olan Sensodyne Deep Clean (Colgate-Palmolive, Amerika) tercih edilmiştir.

Araştırmacılar, farklı diş macunlarının çeşitli materyallere olan etkisini araştırmak için yapılan fırçalama işleminde ISO (ISO 11609: 2017) standartlarına uygun olarak distile su ile diş macunu solüsyonunu 1:1 oranında hazırlayarak uygulamışlardır.^{161, 225} Ayrıca, diş macunu solüsyonlarının fırçalama simülatöründe 1:2, 1:3 oranlarında uygulandığı farklı çalışmalar da bulunmaktadır.^{226, 227} Bununla birlikte, literatürde yaygın olarak kullanılan oranın 1:1 olduğu göz önüne alındığından, yürüttüğümüz çalışmada da ISO standartlarına uygun olarak distile su ile diş macunu solüsyonlarının 1:1 oranında hazırlanmıştır.

Fırçalama işlemi sırasında uygulanan kuvvet, fırçalama tekniği, fırça kıllarının sertliği ve yerleşimi gibi faktörler fırçanın temizleme etkinliğini belirleyen önemli unsurlardır. Diş fırçalama işlemi için kullanılan manuel diş fırçasıyla ortalama olarak 140 gr ile 720 gr (ortalama değer olarak 330 gr) arasında bir yük uygulandığı tespit edilmiştir. Mine ve dentin üzerinde yapılan bir çalışmada, 3 ve 5 günlük bir fırçalama süreci simüle edilmiş ve sert ve orta sertlikteki iki farklı diş fırçası kullanılmıştır. Bu çalışmanın verilerine göre, 5 günlük süre boyunca daha fazla yüzey aşınması gözlemlenmiş ve aynı şekilde sert filamentlere sahip diş fırçası kullanımıyla da yüzeyde daha fazla aşınma tespit edilmiştir.⁸⁰

Allocca ve ark.²²⁸ tarafından yürütülen çalışmada, plak indeksi, sondalamada kanama indeksi ve cep derinliği gibi parametreler incelenmiştir. Üç ay süren bu çalışma sonucunda, otomatik diş fırçalarının plak ve kanama indeksi değerleri açısından manuel fırçalardan daha üstün olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde, Erbe ve ark.²²⁹ 2 haftalık bir çalışma ile otomatik ve manuel fırçaların plak birikimine olan etkilerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda, otomatik fırçaların, plak indeks değerlerinde manuel fırça grubuna göre istatistiksel olarak daha fazla azalmaya yol açtığı görülmüştür.

Çalışmanın değişkenlerinden etkilenmemek için, mevcut çalışmada fırçalama simülasyonu kullanılmıştır. ISO (ISO 11609: 2017) standartları, fırçalama simülasyonunda kullanılacak yük miktarını 50 gr ile 250 gr arasında tanımlamaktadır. Fazla yük uygulaması fırçalama etkinliğini azaltabilir.²³⁰ Bu nedenle, yapılan çalışmalarda genellikle araştırmacılar, klinik diş fırçalama işlemini taklit edebilecek en uygun yük miktarını 200 gr olarak tercih etmiştir.^{231, 232} Mevcut çalışmada da fırçalama prosedürünü standardize etmek için, çalışma için özel olarak tasarlanmış bir düzeneğe şarj edilebilir diş fırçası yerleştirilmiş ve fırça başlığına 200 gram ağırlık eklenerek fırça başlığının örneklere 2N (Newton) yük uygulanması sağlanmıştır.

Farklı çalışmalarda yapılan fırçalama simülasyonlarında, fırçalama süresi ve protokolü çeşitlilik göstermektedir. Pamir ve ark.²³³, beyazlatıcı diş macunlarının farklı aşındırıcılık değerlerinin kompozit rezinlerin yüzey özelliklerine etkisini *in vitro* çalışmalarında araştırmışlardır. Bu çalışmada, fırçalama süresi günde 2 kez ve her seferinde 2 dakikalık fırçalama işlemi göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Ağızda 28 diş olduğu varsayılarak, her bir dişe düşen fırçalama süresi günde yaklaşık 10 sn olarak

belirlenmiştir. Buna göre 2 aylık diş fırçalama süresine eşdeğer olacak şekilde örnekler, 10 dakika fırçalanmıştır.

Bizhang ve ark.²³⁴, insan dişlerinde farklı tipte otomatik ve manuel fırçalarla yapılan fırçalamanın dentin abrazyonuna etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, günde 2 kez 2 dakika fırçalama yapıldığında bir diş yüzeyinin fırça ile temas süresinin 5 saniye olduğunu belirlemişlerdir.

Aydın ve ark.¹⁶¹, beyazlatıcı diş macunlarının CAD/CAM blok materyallerinin renk stabilitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bireylerin günde iki kez, her biri 2 dakika olmak üzere günde 240 saniye diş fırçalama yaptıklarını belirlemişlerdir. Toplam 32 dişi olan bir birey, her diş için günde ortalama 8 saniye diş fırçalama yapmaktadır. Bu nedenle 1 aylık fırçalamayı simüle etmek için çalışmalarında örnekleri 4 dakika süreyle fırçalamışlardır.¹⁶¹ Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda, fırçalama simülasyonu yapılan çalışmalarda fırçalama süresi ve protokolü çalışmadan çalışmaya farklılık gösterebilmektedir. Yaptığımız çalışmada örnekler, 1 aylık fırçalamayı simüle etmek için, günde 2 kez 2 dakika olmak üzere toplam 4 dakika diş fırçasıyla fırçalanmıştır.

Renk farklılıkları, 2011 tarihli ISO/TR 28642 standardına göre CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından ΔE (ΔE) olarak adlandırılmıştır. ΔE 'nin hesaplanması için iki önerilen formül vardır; bunlar ΔE_{ab} ve ΔE_{00} 'dir. 1976 CIE Lab renk koordinatları, renk değişimini değerlendirmek için geleneksel olarak kullanılan bir sistemdir. L^* nesnenin parlaklığını, a^* yeşil-kırmızı ve b^* mavi-sarı koordinatlarını temsil eder.²³⁵ Bu koordinatlar, iki cisim veya iki örneğin renk farklılığının büyüklüğünü hesaplayarak klinik olarak algılanabilirliklerini ve kabul edilebilirliklerini tanımlamak için kullanılmıştır.²³⁶

CIEDE2000, 2001 yılında geliştirilen bir renk farklılığı hesaplama formülüdür ve CIELAB formülüyle karşılaştırıldığında, renk uzayının bazı bölgelerinde gelişmiş güvenilirlik faktörleri sunmaktadır. CIEDE2000 formülü, renk farklılığını değerlendirirken kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik seviyelerini daha iyi yansıttığı ve CIELAB formülüne göre daha uyumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir.²³⁶ Bu nedenle, klinik yorumlama ve renk farklılıklarını daha iyi değerlendirebilmek için çalışmalarda genellikle CIEDE2000 formülü ve ΔE_{00} tercih edilmektedir.²³⁷⁻²³⁹ Özellikle dental seramikler gibi alanlarda küçük farklılıkların daha iyi hesaplanabilmesi ve daha güncel

olması nedeniyle çalışmamızda CIEDE2000 renk farklılığı hesaplama formülü kullanılmıştır.

Çalışmamızda, ISO standartlarına (ISO/TR 28642) uygun olarak renk farklılıkları değerlendirilmiştir. Buna göre, algılanabilirlik için %50 seviyesinde ΔE_{00} değerinin $\leq 0,8$ olması ve klinik olarak kabul edilebilirlik için %50 seviyesinde ΔE_{00} değerinin $\leq 1,8$ olması kabul edilmiştir.^{147, 237} Bu değerler, çalışmamızda renk farklılıklarının değerlendirilmesi için kullanılan kriterlerdir.

Seramik restorasyonların klinik başarısı ve uzun ömürlü kullanımı, estetik ve mekanik özelliklerinin yanı sıra renk stabilitesine de bağlıdır. Ağız içindeki koşullar ve renklendirici içecekler gibi faktörler, restorasyonlarda ışık geçirgenliğinin bozulmasına ve renk değişimine neden olabilir. Bu durum, hastaların memnuniyetsizliğiyle sonuçlanabilir.¹⁶⁶ Restorasyonlar, kahve, çay, sigara, kırmızı şarap ve klorheksidin gibi maddelere uzun süre maruz kaldığında bu materyaller restorasyonlarda renk değişimine neden olabilmektedir.^{168, 240}

Daha önce yapılan çalışmalarda, sigaranın restoratif materyallerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir.^{207, 208} Bu çalışmalarda genel olarak, sigara kullanımının restoratif materyallerin renk özelliklerinde değişimlere yol açtığı ve bu değişimlerin klinik açıdan önemli düzeyde olduğu ortaya konmuştur.^{241,242}

Belli ve ark.¹⁷⁵ tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Valux Plus direkt hibrit kompozit rezin ve EOS inlay indirekt 0.4 μm büyüklüğünde mikrofıl dolduruculu rezin olmak üzere iki farklı kompozit rezin ile Ceramco II porselen lamine veneer materyali kullanılmıştır. Bu materyaller, örnekler distile su, siyah çay, Türk kahvesi ve sigara dumanına maruz bırakılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, sigara dumanı, diğer maddelere kıyasla en fazla renklenmeye yol açmıştır. Bu bulgular, sigara dumanının diş restorasyonları üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamaktadır.

Mathias ve ark.²⁴³ çalışmasında, sigara ve bazı renklendirici solüsyonların kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada kompozit rezinin cilalanmış ve cilalanmamış örneklerinin değerleri karşılaştırılmıştır. Silindirik standart örnekler 6 gruba ayrılarak şu şekilde düzenlenmiştir: (1.Kontrol, 2.Sigara, 3.Kahve, 4.Kahve + sigara, 5.Kırmızı şarap, 6.Kırmızı şarap + sigara). Çalışmanın 20 günlük süresince, 2., 4. ve 6. gruplar günlük 20 adet sigara dumanına maruz bırakılırken, 3., 4., 5. ve 6. gruplar her gün 4 dakika boyunca içeceklerle temas etmiştir. Çalışma

sonuçlarına göre, sigara dumanı ve solüsyonların kompozit rezinlerin parlaklığını azalttığı ve kırmızı renk pigmentasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca, 3., 4. ve 5. gruplarda sarı renklemenin arttığı tespit edilmiştir. Toplam renk değişimleri klinik olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur. Yeniden cilalama işlemi, parlaklığı arttırmış ve sarı renklemeyi azaltmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, sigara ve bazı renklendirici içeceklerin kompozit rezinlerin renk özelliklerini geri dönüşümsüz olarak değiştirebileceğini göstermektedir.

Yaptığımız çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde, sigara dumanı ile renklendirme prosedürü sonucunda, blok materyallerinin değerleri Gc Initial Lisi için $\Delta E_{001} = 1,91 \pm 0,80$, Lava Ultimate için $\Delta E_{001} = 6,18 \pm 0,90$ ve Voco Grandio için $\Delta E_{001} = 3,18 \pm 0,80$ olarak kaydedilmiştir ve tüm CAD/CAM blok örneklerinin renk değişim değerleri klinik olarak kabul edilebilir seviyenin üzerinde bulunmuştur ($\Delta E_{001} > 1,8$). Bu sonuçlar, dental materyallerin renklenmesini araştıran geçmiş çalışmalarla tutarlıdır.^{175, 244} Kara ve ark.²⁴⁵ 2022 yılında yapmış oldukları çalışmada, 3 farklı CAD/CAM blok materyalini sigara dumanına ve fırçalamaya maruz bıraktıktan sonra renk stabilitesini değerlendirmişlerdir. Örnekler 2 gruba ayrılarak sigara dumanı veya yapay tükürükte bekletilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde tüm örnekler, sigara dumanına maruz bırakıldığında yaşlandırılan örneklerden daha belirgin bir renk değişimine uğramıştır. Sigara dumanına maruz kalan tüm CAD/CAM materyallerinin, klinik olarak kabul edilen değerin ($\Delta E > 3.3$) üzerinde renk değişimine uğradığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar neticesinde CAD/CAM blok örneklerinin sigara dumanına maruziyeti sonrası renk değişim değerleri (ΔE_{001}) değerlendirildiğinde, tüm blok materyalleri arasında anlamlı farklılık saptanmıştır. Lityum disilikat esaslı Gc Initial Lisi CAD/CAM blok materyali, sigara dumanına maruziyet sonrası diğer CAD/CAM blok örneklerine göre en düşük renk değişim değeri (ΔE_{001}), Lava Ultimate blok materyali ise en yüksek renk değişim değeri (ΔE_{001}) göstermiştir. Dolayısıyla “3 farklı yapıdaki CAD/CAM blok materyallerinin, sigara dumanı ile renklendirilmesi sonrasında materyallerin renk parametrelerinde farklılık göstermesi beklenmemektedir” olarak belirlenen birinci hipotezimiz, çalışmada kullanılan CAD/CAM bloklarının sigara dumanına maruz kalması sonrasında, blok materyallerinin farklı renk değişim değerleri göstermesinden dolayı reddedilmiştir.

Yürüttüğümüz çalışmada, lityum disilikat esaslı Gc Initial Lisi CAD/CAM blok örnekleri, diğer hibrit-rezin nanoseramik CAD/CAM blok örneklerine göre daha az renk değişimi gösterdiği belirlenmiştir. Seyidaliyeva ve ark.²⁴⁶ yaptıkları çalışmada, hibrit seramiklerin renk stabilitesini incelemiş ve bu materyallerin kompozit ve lityum disilikat esaslı seramiklerle karşılaştırmışlardır. Çalışmada su, kırmızı şarap, köri, siyah çay ve kola gibi içecekler kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde araştırmacılar, materyallerin renk değişimlerinin materyal türüne, boyama çözeltisine ve termalsiklus işlemine bağlı olduğunu tespit etmişlerdir. Hibrit seramiklerin renk değişim değerlerinin kompozitler ve lityum disilikat cam seramikler arasında değiştiği; ancak istatistiksel olarak lityum disilikat cam seramiklerin diğer materyallerden daha az renk değişimi gösterdiği tespit edilmiştir. Acar ve ark.⁷ yaptıkları çalışmada, hibrit-rezin CAD/CAM blok materyalleri Lava Ultimate, Vita Enamic, lityum disilikat esaslı IPS e-max CAD blok materyali ve kompozit rezin materyali Filtek Supreme Ultra Universal kullanılarak farklı kalınlıklarda örnekler hazırlamışlardır. Örnekler kahve içerisinde 5000 termal döngü sürecinde bekletilmiş, meydana gelen renk değişimleri ise spektrometre kullanılarak ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, IPS e-max CAD materyali, kalınlıklarına bakılmaksızın diğer materyallerden daha az renk değişim değeri gösterdiği ve bu renk değişiminin algılanabilirlik değerinin (1.28) altında olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da bu literatürlerdeki çalışma sonuçlarına benzer şekilde, lityum disilikat blok materyali hibrit rezin-seramik blok materyallerine göre daha az renk değişimi göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada rezin nanoseramik esaslı Lava Ultimate blok materyali, sigara dumanına maruziyet sonrası diğer CAD/CAM blok örneklerine göre en yüksek renk değişimi (ΔE_{001}) göstermiştir. Papathanasiou ve ark.²⁴⁷, 6 farklı CAD/CAM materyalini (Brilliant CRIOS, Cerasmart, Lava Ultimate, Tetric CAD, Shofu Blok HC, Grandio Blok) üretici tavsiyesine göre polisajlarını yaptıktan sonra 3 farklı yaşlandırma prosedürüne tabii tutmuşlardır. Bunlar; 30 gün kahve solüsyonuna maruz bırakma, termalsiklus ve fotoyaşlandırma olarak belirlenmiştir. Blokların kahve solüsyonunda saklanması sonrası renk değişimi değerlendirildiğinde, Lava Ultimate blok materyali en yüksek renk değişimine neden olmuş ve bunu sırasıyla Shofu Blok HC, Grandio blok, Tetric CAD, Brilliant CRIOS, Cerasmart Blok takip etmiştir. Ancak blok materyalleri arasında anlamlı farklılık bildirilmemiştir.

Yaptığımız çalışmada Lava Ultimate ve Grandio CAD/CAM blok materyallerinin her ikisi de rezin esaslı hibrit blok olmalarına rağmen sigara dumanı maruziyetinde farklı renk değişim değerleri göstermişlerdir. Lava Ultimate blok materyali, Grandio blok materyalinden daha fazla renk değişimine uğramıştır. Lava Ultimate ve Grandio CAD/CAM bloklarının renk farklılığını istatistiksel olarak anlamlı kılan faktörler, rezin bileşenlerinin farklı matriks yapıları, seramik oranları, monomer bileşimleri ve yüzey pürüzlülüğü olabilir.

Grandio blok, %86 nanohibrit doldurucu içerir ve matriksi Bis-GMA, UDMA ve TEGDMA'dan oluşmaktadır. İçerisinde bulunan nanopartikül doldurucuların matriks yapısında oluşturduğu ağ etkisi sayesinde abrazyon ve gerilme direncini arttırmaktadır. Diğer yandan, Lava Ultimate grubu, çapraz bağlı bir rezin matriksin içine infiltre olmuş nanoseramik partikülleri içerir. Lava Ultimate blok materyalinin yapısının %80'i seramikten ve %20'si kompozit rezin materyalden oluşmaktadır. Seramik yapı, zirkonya ve silika nanomerleri içerir. Her iki bloğun yapısında hidrofobik üretan dimetakrilat (UDMA), bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve hidrofilik trietilen glükol dimetakrilat (TEGDMA) bulunurken, Lava Ultimate, ayrıca etoksile bisfenol-A dimetakrilat (Bis-EMA) içermektedir. Lava Ultimate ve Grandio blok materyallerinin farklı doldurucu oranları ve farklı monomer yapıları, bu iki CAD/CAM blok arasındaki renk farklılığına sebep olmuş olabilir.

Dental restorasyonlar, tamamen pürüzsüz yüzeylere sahip olmalıdır.²⁴⁸ Pürüzsüz yüzeyler, gıda kalıntılarının, epitel hücrelerinin ve bakterilerin minimum seviyede tutulmasını sağlayarak plak oluşumunun riskini azaltır ve periodontal dokular üzerinde olumsuz etkileri önler.²⁴⁹ Bununla birlikte, materyalin renklenme eğilimini azaltır, restorasyonun estetiğini ve kabul edilebilirliğini artırır.²⁵⁰ Plak oluşumunu ve renk stabilitesini kontrol altına almak için, restorasyonların konvansiyonel bitirme işlemlerini takiben, alüminyum oksit partikülleri içeren cila pastaları veya ışıkla sertleşen yüzey cila ajanları gibi polisaj işlemlerinde kullanılan yöntemler vardır.²⁵¹ CAD/CAM sistemleriyle üretilen restorasyonların bitirme ve cilalama işlemleri, glaze uygulaması ve hasta başında/intraoral bitirme polisaj işlemi olarak iki şekildedir. CAD/CAM hibrit rezin seramik restorasyonlarında, glaze işlemi gerekli olmadığı için porselen fırını kullanmadan tek seansta tamamlanabilir.¹⁹⁵

Flury ve ark.²⁵² yaptıkları çalışmada, 5 farklı CAD/CAM materyaline uyguladıkları 2 farklı polisaj işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğüne ilişkin farklı bulgular elde etmişlerdir. Bu bulgulara göre, Lava Ultimate materyali en düşük yüzey pürüzlülüğüne sahipken, Vitablocs Mark II materyali en yüksek pürüzlülüğe sahip olmuştur. Diğer üç materyal olan Paradigm MZ100, Vita Enamic ve Ambarino High-Class ise, Lava Ultimate materyalinin biraz üzerinde bir yüzey pürüzlülüğü göstermiştir.

Koizumi ve ark.²⁵³ farklı özelliklere sahip CAD/CAM kompozit blokların yüzey sertliği ve yüzey pürüzlülük özelliklerini incelemişlerdir. Örneklerin yüzey bitim işlemleri 1000, 1500 ve 2000 gritlik SiC zımpara kağıtları, keçe ve monokristalin elmas süspansiyon ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde, test edilen blok materyallerinin farklı yüzey pürüzlülük değeri gösterdiğini bildirmişlerdir. Literatür incelendiğinde restoratif materyallerin renk stabilitesi açısından yüzey pürüzlülüğü büyük önem taşımaktadır.^{254, 255} Bizim çalışmamızda, test edilen blok materyallerinin sigara dumanı maruziyeti sonrası farklı renk değişim değeri gösterme nedenlerinden birinin bu blok materyalleri arasındaki yüzey özelliklerinin farklılığından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Yürüttüğümüz çalışmada, test edilen CAD/CAM gruplarında yer alan örneklerle ait ΔE_{001} değerinin klinik olarak kabul edilebilir değerden ($\Delta E_{00} \leq 1,8$) yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, CAD/CAM bloklarının sigara dumanına maruz kalmasının tüm örneklerin L^* değerlerinde düşüşe, a^* ve b^* değerlerinde ise artışa yol açtığı görülmüştür. Yapılan birçok çalışmada renklendirici solüsyon maruziyetinin hem dişlerde hem de restoratif materyallerde L^* , a^* ve b^* değerlerinde değişikliğe neden olduğu görülmüştür.^{256,257}

Mathias ve ark.²⁰⁸ yaptıkları çalışmada, sigaranın kompozit rezinlerin L^* değerlerini önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Cilalanmış örneklerde $\Delta E^* = 12.1$, cilalanmamış örneklerde ise $\Delta E^* = 16.1$ sonuçlarını elde etmişlerdir. Bu bulgular, sigara kullanımının kompozit rezinlerin renk stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisine işaret etmektedir. Wetter ve ark.²⁵⁸ ise tütün, çay, kahve, kola ve kırmızı şarap kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında, dişlerin L^* değerlerinde düşüşe, b^* ve a^* değerlerinde ise artışa neden olan renklendirme işleminin etkisini göstermişlerdir.

Literatürde, diş macunlarıyla fırçalama işlemi yapılan farklı kimyasal içerikli CAD/CAM blok materyallerinin renk ve parlaklığı üzerine olan etkisini değerlendiren

çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.^{161, 259} Ancak, piyasaya yeni sürülen lityum disilikat esaslı Gc Initial Lisi CAD/CAM blok materyali ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar neticesinde, kontrol, hidrojen peroksit, aktif kömür ve mikropartikül içeren diş macunlarının CAD/CAM blok grupları üzerinde renk iyileştirmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Ayrıca, sigara dumanı maruziyetinden sonra klinik olarak kabul edilebilir değerin üstünde renk farkı gösteren CAD/CAM bloklarındaki renklenmenin, beyazlatıcı içerikli diş macunları kullanılarak azaltılabileceği sonucuna varılmıştır. CAD/CAM blok gruplarının ΔE_{002} değerleri incelendiğinde, Gc Initial Lisi için $\Delta E_{002} = 0,80 \pm 0,60$, Lava Ultimate için $\Delta E_{002} = 1,12 \pm 0,60$ ve Voco Grandio için $\Delta E_{002} = 1,03 \pm 0,60$ olarak tespit edilmiştir.

Chong ve ark.²⁶⁰ geleneksel, peroksit ve mavi kovarin içeren diş macunlarının beyazlatma etkinliğini üç farklı restoratif materyal türü üzerinde (nanofil, mikrohibrit ve giomer) leke giderme yetenekleri açısından araştırılmış ve beyazlatıcı diş macunları ile geleneksel diş macunu arasında leke giderme etkileri açısından bir fark tespit edilmemiştir. Bizim çalışmamızda da bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde kontrol, hidrojen peroksit, aktif kömür ve mikropartikül içeren diş macunlarının CAD/CAM blok grupları üzerinde renk giderme etkinliğinde fark tespit edilememiştir.

Aydın ve ark.¹⁶¹ yaptıkları bir çalışmada, farklı içeriklere sahip hibrit CAD/CAM materyalleri olan Cerasmart (GC, Japonya), Shofu (Shofu, Japonya), Grandio (VOCO GmbH, Almanya) ve Brilliant Crios bloklarından (Coltene, İsviçre), boyutları 1.5x7x12 mm olan örnekler hazırlanmış ve bu örnekler 14 gün boyunca kahve içeren renklendirici solüsyonda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler, Oral-B 3D White Luxe /Perfection, Colgate Optic White /Expert White, Signal White Now CC, Colgate Optic White/Charcoal, Splat Blackwood ve Sensodyne Deep Clean (Kontrol) diş macunları ile bir otomatik diş fırçasının yardımıyla 2N sabit basınç altında 4 dakika boyunca fırçalanmıştır, bu da 1 aylık bir simülasyona karşılık gelmektedir. 14 günlük süre boyunca kahve nedeniyle oluşan renklenme, tüm hibrit rezin CAD/CAM materyallerinde algılanabilirlik eşiğini (PT) ($\Delta E_{00}=0.8$) aşmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre, 14 günlük kahve maruziyeti sonrasında, aktif kömür, hidrojen peroksit, mavi kovarin pigment ve mikropartiküller içeren beyazlatıcı diş macunları arasında renk iyileştirmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca, kahve maruziyetinden sonra PT değerini aşan renk farkı gösteren hibrit rezin CAD/CAM

bloklarındaki renklenmenin, beyazlatıcı içerikli diş macunları kullanılarak azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Yürüttüğümüz çalışmada bu çalışmaya benzer şekilde, sigara dumanı maruziyetinden sonra klinik olarak kabul edilebilir değerin üstünde renk farkı gösteren CAD/CAM bloklarındaki renklenmenin, diş macunları kullanılarak azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bazzi ve ark.²⁶¹ diş minesinin kahve ve sigara dumanı renklenmesinden sonra diş beyazlatma ve diş fırçalama simülasyonunun leke çıkarma yeteneğini değerlendirmek ve yeniden lekelenmeye duyarlılığını araştırmışlardır. Sığır dişlerinden hazırladıkları numunelerin yarısını kahveye diğer yarısını ise sigara dumanına maruz bırakmışlardır. Örnekler, ev tipi beyazlatma ajanına veya diş fırçalama simülasyonuna göre 2 alt gruba ayrılmıştır. Daha sonra her iki renklendirme prosedürü (kahve, sigara dumanı) tekrarlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde, kahve ve sigara dumanı ile renklendirilmiş örnekler ağartma işlemi sonrasında renk değişiminde önemli bir azalma gösterirken, diş fırçalama işlemi yalnızca sigara dumanı uygulanmış örneklerde renk değişimini önemli ölçüde azaltmıştır. Çalışmamızda bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, sigara dumanı maruziyetinden sonra klinik olarak kabul edilebilir değerin üzerinde renk değişimi gösteren CAD/CAM bloklarındaki renklenmenin, beyazlatıcı içerikli diş macunları kullanılarak azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Fırçalamanın renklendirilmiş mine yüzeyindeki renk değişiminin incelendiği farklı çalışmalara bakıldığında, mine örnekleri ilk önce renklendirici solüsyonlara (siyah çay²⁶², kahve²⁶³, kahve ve sigara dumanı²⁶¹) maruz bırakılmış ve daha sonra fırçalama işlemi uygulanmıştır. Fırçalama işlemiyle örneklerin renk değişimi önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir. Bunun sebebi olarak ise yapılan renklendirme işlemlerinin, mine yüzeyleri üzerinde dışsal renklenmeyle sonuçlanan bir pelikül oluşumuna neden olduğunu ve bu pelikülün fırçalama işlemiyle kolayca giderilebileceğini ifade etmişlerdir.²¹⁹ Bizim çalışmamızda da sigara dumanı ile renklendirilmiş CAD/CAM bloklarındaki renklenme, diş macunlarıyla fırçalama sonrası azalmıştır. Bunun nedeninin yukarıdaki çalışmada belirtildiği gibi sigara dumanının bloklar üzerinde dışsal renklenmeye sebep olması ve bu renklenmenin blokların diş macunlarıyla fırçalanması sonucu giderilebilmiş olabileceği kanısındayız.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar neticesinde kontrol, hidrojen peroksit, aktif kömür ve mikropartikül içeren diş macunlarının CAD/CAM blok grupları üzerinde

kullanımının benzer oranda renk değişimi sağladığı gözlenmiştir. “Farklı aktif bileşenlere sahip beyazlatıcı diş macunlarının renklendirilmiş CAD/CAM blok materyalleri üzerinde farklı derecede etkili olması beklenmemektedir” olarak belirlenen ikinci hipotezimiz test edilen diş macunlarının benzer etki göstermesi nedeniyle kabul edilmiştir.

Test edilen blok materyallerinin diş macunları karşısında ortalama renk değişim değerleri (ΔE_{002}) değerlendirildiğinde, anlamlı fark tespit edilmiştir. Tespit edilen bu farklılık macun uygulanmasından önce sigara dumanına maruz bırakılan CAD/CAM blok örneklerinin, sigara dumanı altında farklı oranda renk değişimi göstermesiyle açıklanabilir. Sigara dumanına maruz kalma sonrası (ΔE_{001}) en fazla renk değişimi gösteren Lava Ultimate blok grubu, test edilen tüm macun gruplarında (ΔE_{002}) en yüksek renk değişimi göstermektedir. Aynı şekilde; sigara dumanına maruz kalma sonrası (ΔE_{001}) en az renk değişimi gösteren Gc Initial Lisi blok grubu, test edilen tüm macun gruplarında (ΔE_{002}) en düşük renk değişimi göstermektedir. Test edilen tüm beyazlatıcı diş macunları ile fırçalama sonrası, klinik olarak kabul edilebilir (AT) renk değişimi değerinin altında değer göstermiştir ($\Delta E_{002} \leq 1,8$).

Rostamzadeh ve ark.²⁶⁴ yapmış oldukları çalışmada aktif kömür, abraziv ajan veya hidrojen peroksit içeren farklı beyazlatıcı diş macunlarının yaşlandırılmış mikrohibrit kompozit rezin üzerindeki renk stabilitesini değerlendirmişlerdir. Örnekler yaşlandırma sonrası rastgele 5 alt gruba ayrılmıştır (distile su, Colgate Total whitening, Colgate Optic White, Perfect White Black ve Bencer). Her grupta yaşlanma ve diş fırçalama sonrası L^* , a^* , b^* ve renk parametrelerindeki değişim analiz edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, farklı etki mekanizmalarına sahip beyazlatıcı diş macunları ile diş fırçalamayı takiben kompozitin renk değişiminde anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Diş fırçalama öncesi ve sonrası L^* , a^* ve b^* parametreleri değerlendirildiğinde, aktif kömür içeren diş macunları ile diş fırçalama sonrasında a^* ve b^* parametreleri önemli ölçüde azalırken, L^* parametresi önemli ölçüde artış göstermiştir. Bizim çalışmamızda test edilen tüm diş macunlarının fırçalanarak uygulanmasıyla, sigara ile renklendirilmiş CAD/CAM blok örneklerinin başlangıç renk parametre değerlerine yaklaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm diş macunlarının fırçayla kullanımıyla birlikte sigara ile renklendirilmiş CAD/CAM blok örneklerin L^* değerinde artma, a^* ve b^* değerinde ise azalma şeklinde değişiklikler gösterdiği belirlenmiştir.

Abraziv maddeler, diş macunlarında diş yüzeyindeki renklenmeleri, bakteri plağını ve gıda artıklarını fiziksel olarak uzaklaştırmak amacıyla kullanılır. Geleneksel diş macunlarında yaygın olarak kullanılan abrazyivler arasında hidrate silika, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum profosfat, alüminyum, perlit ve sodyum bikarbonat bulunur. Abrazyiv maddelerin birincil görevi, dişlerdeki dışsal renklenmeleri uzaklaştırmaktır. Ancak, bu tür diş macunlarının dişlerdeki içsel renklenmeler veya doğal diş rengi üzerinde fazla etkisi olmadığı belirtilmiştir.⁸⁸ Farklı çalışmalar, geleneksel diş macunlarının diş minesinin renginde ve yüzeyinde insan gözü tarafından algılanabilir değişikliklere yol açabileceğini, ancak ağartıcı maddeler içeren diş macunlarının bu değişikliklere göre daha az etkili olduğunu rapor etmiştir.^{201, 265} Muntean ve ark.²⁰¹, sağlıklı diş mine dokusunda geleneksel diş macunlarının sınırlı bir beyazlatma etkisi oluşturduğunu ve dişlerdeki dışsal renklenmeleri mekanik etki yani abrazyon yoluyla uzaklaştırabileceğini bildirmiştir.

Yaptığımız çalışmada, beyazlatıcı etkisi olmayan ve hidrate silika içeren kontrol diş macununun kullanımının, sigara dumanı ile renklendirilmiş CAD/CAM bloklar örneklerine ait tüm renk parametrelerinde değişikliklere yol açtığı görülmüştür. Ayrıca kontrol diş macununun, blok grupları üzerinde diğer diş macunlarıyla benzer oranda renk değişimi sağladığı gözlenmiştir. Üretici tarafından beyazlatma iddiası bulunmayan kontrol diş macunun içerisinde bulunan hidrate silika, blok materyallerinin renk değişimleri üzerinde etkili olmuş olabileceği görüşündeyiz.

Peroksit bazlı diş macunları, en yaygın kullanılan beyazlatıcı diş macunları arasında yer almaktadır. Bu tür macunların içeriğinde hidrojen peroksitin kimyasal olarak kararsız bir bileşik olması nedeniyle kalsiyum peroksit, sodyum perkarbonat ve magnezyum peroksit gibi maddeler de eklenmektedir. Peroksit içeren diş macunları, ağız içerisinde hidroliz olduktan sonra dişlere ağartma etkisi başlatan hidrojen peroksit (H_2O_2) salınımı gerçekleştirir.¹⁰⁸

Demarco ve ark.²⁶⁶ yaptığı çalışmada, peroksit içerikli diş macunlarının ağartma etkinliklerinin sadece içerdikleri abrazyiv partiküllerle sağladığını bildirmişlerdir. Shamel ve ark.²⁶⁷ *in vitro* çalışmasında ise, %1 oranında hidrojen peroksit içeren diş macununun geleneksel bir diş macunuyla benzer bir ağartma etkisi yarattığı, spektrofotometre kullanılarak elde edilen renk ölçümleri ile belirtilmiştir. Alshara ve ark.²¹⁹ gerçekleştirdikleri *in vitro* çalışmasında, hidrojen peroksit içeren diş macunlarının

ağartma etkinliğini incelemişlerdir. Bu çalışma kapsamında, hidrojen peroksit içeren diş macunlarının 2-5 gün süreyle kullanılmasının, dişlerde ağartma ajanı içermeyen diş macunlarıyla benzer düzeyde ağartma sağladığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde, peroksit içeren diş macunu blok materyallerinde diğer diş macunlarıyla benzer oranda renk değişimi göstermiştir.

Aktif kömür içeren diş macunlarının beyazlatıcı etkisi, aktif kömürün yüksek adsorbsiyon kapasitesine ve renk pigmentleri ile kromoforları etkili bir şekilde bağlayabilme özelliğine dayanmaktadır. Aktif kömürün, geniş bir yüzey alanına sahip olması ve pürüzlü bir yapıda olması nedeniyle diş yüzeyini etkili bir şekilde temizleyebilmektedir.¹⁸¹ Mehrgan ve ark.²²⁰ yaptığı çalışmada, 2 haftalık bir süre boyunca farklı içeriklere sahip beyazlatıcı diş macunlarının (Colgate Optik White, Colgate Total Whitening, Perfect White Black, Bencer Charcoal) kahve ile renklendirilmiş kompozit örnekler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, hidrojen peroksit içeren beyazlatıcı macunun (Colgate Optik White), aktif kömür içeren ve abraziv ajan içeren beyazlatıcı macunlara göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda bu çalışmadan elde edilen sonuçların aksine, test edilen tüm diş macunları blok materyalleri üzerinde benzer renk değişimi göstermiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma birtakım sınırlamalar içermektedir;

- Bu çalışmada tüm örneklere sigara dumanı ile renklendirme işlemi tamamlandıktan sonra fırçalama işlemi yapılmıştır. Oysaki ağız içerisinde diş yüzeyleri renklendirici materyallere ve fırçalama işlemlerine aynı gün içinde birbirini takip eden sikluslarda maruz kalmaktadır.
- Klinik koşullar ile günlük kullanımda diş macunlarının bloklar ile olan etkileşimi oldukça farklı olabilir. İn vitro çalışmalarda, *in vivo* ortamda olan tükürük, yiyecek ve içecek gibi bağımsız çok sayıda değişken etkenler göz ardı edilir. Bu nedenle yaptığımız *in vitro* çalışma çeşitli kısıtlamalara sahip olup ağız ortamını tam olarak yansıtamayabilir. Araştırmaların genişletilebilmesi için daha ileri *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır.
- Çalışmamızda örneklerin fırçalanması sadece 1 aylık süreyi simüle etmektedir. Diş macunlarının daha uzun süreli kullanımı simüle edilememiştir.
- Çalışmamızda örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmamıştır. Bloklar arasındaki renk farklılıkları materyal bileşimleri kadar yüzey özelliklerine de bağlıdır.

Yaptığımız in-vitro çalışmanın sınırları dahilinde, şu sonuçlara varılabilir;

1- Renklendirme prosedürü sonucunda, tüm CAD/CAM blok örneklerinin renk değişim değerleri klinik olarak kabul edilebilir seviyenin üzerinde bulunmuştur ($\Delta E_{001} > 1,8$). Sigara dumanına maruz kalan CAD/CAM blok örnekleri farklı oranda renk değişim değerleri göstermiştir. Bu çalışmada, sigara maruziyeti sonrası en yüksek renk değişim değeri Lava Ultimate blok örneklerinde en az renk değişimi ise GC Initial Lisi blok örneklerinde görülmüştür.

2- Test edilen tüm CAD/CAM blok örneklerine ait L^* , a^* ve b^* değerleri incelendiğinde; sigara dumanı ile renklendirmeden sonra elde edilen L^* değerlerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

3- Çalışmada kullanılan tüm diş macunlarının sigara ile renklendirilmiş CAD/CAM blok örneklerinin renk parametrelerinde iyileşme sağladığı ve klinik olarak kabul edilebilir değerlere tekrar ulaşabildiği gözlenmiştir.

4- CAD/CAM blok materyalleri, henüz yeni kullanıma girmiş materyaller olduğundan mekanik ve estetik özelliklerine dair daha fazla *in vitro* ve klinik çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmaların ağız içi ortamının simüle edildiği *in situ* çalışmalarla desteklenmesi literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Beuer F, Steff B, Naumann M, et al. Load-bearing capacity of all-ceramic three-unit fixed partial dentures with different computer-aided design (CAD)/computer-aided manufacturing (CAM) fabricated framework materials. *European journal of oral sciences*. 2008;116(4):381-386.
2. Duret F, Preston J. CAD/CAM imaging in dentistry. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(2):150-154.
3. Barutçugil Ç, Bilgili D, Barutçigil K, et al. Discoloration and translucency changes of CAD-CAM materials after exposure to beverages. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;122(3):325-331.
4. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, et al. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *Journal of esthetic and restorative dentistry*. 2014;26(6):382-393.
5. Spitznagel FA, Vuck A, Gierthmühlen PC, et al. Adhesive bonding to hybrid materials: an overview of materials and recommendations. *Compend Contin Educ Dent*. 2016;37(9):630-637.
6. Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental materials*. 1997;13(4):258-269.
7. Acar O, Yilmaz B, Altintas SH, et al. Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;115(1):71-75.
8. de Oliveira ALBM, Botta AC, Campos JÁDB, et al. Effects of immersion media and repolishing on color stability and superficial morphology of nanofilled composite resin. *Microscopy and Microanalysis*. 2014;20(4):1234-1239.
9. Tinastepe N, Malkondu O, Iscan I, et al. Effect of home and over the contour bleaching on stainability of CAD/CAM esthetic restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(2):303-313.
10. Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, et al. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *European journal of dentistry*. 2009;3(01):50-56.
11. Quek S, Yap A, Rosa V, et al. Effect of staining beverages on color and translucency of CAD/CAM composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(2):E9-E17.
12. Braun A, Jepsen S, Krause F. Spectrophotometric and visual evaluation of vital tooth bleaching employing different carbamide peroxide concentrations. *Dental Materials*. 2007;23(2):165-169.

13. Duret F, Preston J. CAD/CAM imaging in dentistry. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(2{Duret, 1991 #64}):150-154.
14. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Australian dental journal*. 2011;56:97-106.
15. Mormann W. Chairside computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int*. 1989;20:329-339.
16. Andersson M, Carlsson L, Persson M, et al. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;76(2):187-193.
17. Moörmann WH. The evolution of the CEREC system. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137:7S-13S.
18. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*. 2008;204(9):505-511.
19. Mehl A, Gloger W, Kunzelmann K-H, et al. A new optical 3-D device for the detection of wear. *Journal of dental research*. 1997;76(11):1799-1807.
20. May KB, Russell MM, Razzoog ME, et al. Precision of fit: the Procera AllCeram crown. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(4):394-404.
21. Webber B, McDonald A, Knowles J. An in vitro study of the compressive load at fracture of Procera AllCeram crowns with varying thickness of veneer porcelain. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;89(2):154-160.
22. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(9):1289-1296.
23. Bertassoni LE. 3D Printing of Dental Restorative Composites and Ceramics—Toward the Next Frontier in Restorative Dentistry. *Journal of the California Dental Association*. 2019;47(10):653-665.
24. Liu P-R. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*. 2005;26(7):507-513.
25. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, et al. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(1):10-15.
26. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2008;29(8):494, 496, 498-505.

27. Fasbinder DJ. Chairside CAD/CAM: an overview of restorative material options. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995). 2012;33(1):50, 52-58.
28. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental Clinics*. 2011;55(3):559-570.
29. Steinmassl P-A, Klaunzer F, Steinmassl O, et al. Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont*. 2017;30(2):116-122.
30. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, et al. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of prosthodontics*. 2015;28(3).
31. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(2).
32. McLean JW. The science and art of dental ceramics. *Operative dentistry*. 1991;16(4):149-156.
33. Reich S, Hornberger H. The effect of multicolored machinable ceramics on the esthetics of all-ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(1):44-49.
34. Raphy P. Non-metallic biomaterials for tooth repair and replacement. *British Dental Journal*. 2013;214(8):425-426.
35. Turgut S, Bagis B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;109(3):179-186.
36. Pröbster L, Geis-Gerstorfer J, Kirchner E, et al. In vitro evaluation of a glass–ceramic restorative material. *Journal of oral rehabilitation*. 1997;24(9):636-645.
37. Albakry M, Guazzato M, Vincent Swain M. Biaxial flexural strength and microstructure changes of two recycled pressable glass ceramics. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2004;13(3):141-149.
38. Tinschert J, Zvez D, Marx R, et al. Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucite-, mica-and zirconia-based ceramics. *Journal of dentistry*. 2000;28(7):529-535.
39. Fasbinder DJ. Materials for chairside CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent*. 2010;31(9):702-704.
40. Sen N, Tuncelli B. CAD/CAM Restorasyonlarının Üretimi İçin Kullanılan Materyaller. *Türkiye Klinikleri Dishekimligi Bilimleri Dergisi*. 2017;23(2):109.
41. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020;32(2):171-181.

42. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1977;38(2):216-225.
43. Harder S, Wolfart S, Eschbach S, et al. Eight-year outcome of posterior inlay-retained all-ceramic fixed dental prostheses. *Journal of Dentistry*. 2010;38(11):875-881.
44. Pagniano Jr RP, Seghi RR, Rosenstiel SF, et al. The effect of a layer of resin luting agent on the biaxial flexure strength of two all-ceramic systems. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(5):459-466.
45. Rampf M, Dittmer M, Ritzberger C, et al. Properties and crystallization phenomena in Li₂Si₂O₅–Ca₅ (PO₄)₃F and Li₂Si₂O₅–Sr₅ (PO₄)₃F glass–ceramics via twofold internal crystallization. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2015;3:122.
46. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, et al. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *International Journal of Prosthodontics*. 2010(5).
47. Tysowsky GW. The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. *Dentistry today*. 2009;28(3):112-113.
48. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *International Journal of Prosthodontics*. 1997;10(5).
49. Sorensen JA, Kang S-K, Torres TJ, et al. In-Ceram fixed partial dentures: three-year clinical trial results. *Journal of the California Dental Association*. 1998;26(3):207-214.
50. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM–produced restorations. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137:14S-21S.
51. Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL-ENGLISH EDITION*-. 2002;33(7):503-510.
52. Deville S, Gremillard L, Chevalier J, et al. A critical comparison of methods for the determination of the aging sensitivity in biomedical grade yttria-stabilized zirconia. *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):239-245.
53. Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, et al. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *Journal of dentistry*. 2011;39:e30-e36.

54. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(5):389-404.
55. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials*. 2008;24(3):299-307.
56. Zimmermann M, Koller C, Hickel R, et al. Chairside treatment of amelogenesis imperfecta, including establishment of a new vertical dimension with resin nanoceramic and intraoral scanning. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;116(3):309-313.
57. Werner H, Mörmann H. The evolution of the CEREC system. *JADA*. 2006;137(9):7-13.
58. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials-e-book*: Elsevier Health Sciences 2011.
59. KJ A. Phillips' science of dental materials. St Louis: WB Saunders. 2003;596:41-43.
60. Gueth J-F, Zuch T, Zwinge S, et al. Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers. *Dental materials journal*. 2013;32(6):865-871.
61. Höland W, Rheinberger V, Schweiger M. Control of nucleation in glass ceramics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2003;361(1804):575-589.
62. Höland W, Rheinberger V, Apel E, et al. Clinical applications of glass-ceramics in dentistry. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2006;17(11):1037-1042.
63. Melo MA, Guedes SF, Xu HH, et al. Nanotechnology-based restorative materials for dental caries management. *Trends in biotechnology*. 2013;31(8):459-467.
64. Çıracı S, Süzer Ş, Bengü E, et al. *Bilim ve Teknik Aylık Popüler Bilim Dergisi*. Sayı Aralık. 2006:2-14.
65. Matinlinna JP, Lassila LV, Özcan M, et al. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *International Journal of Prosthodontics*. 2004;17(2).
66. Matinlinna JP, Vallittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *J Contemp Dent Pract*. 2007;8(2):1-8.
67. CEREN N, Volkan T, Faruk E, et al. Nanoceramics and hybrid materials used in CAD/CAM systems. *Aydın Dental Journal*. 2016;2(3):55-61.

68. Ali Y D, Ahmed S EK, Mona M G, et al. In Vitro Comparative Study Of Lava Ultimate Cad/Cam Restorative System In Comparison To Ips E-Max Press. Alexandria Dental Journal. 2016;41(2):156-162.
69. Kinney J, Marshall S, Marshall G. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. Critical reviews in oral biology & medicine. 2003;14(1):13-29.
70. Alshehri SA. An investigation into the role of core porcelain thickness and lamination in determining the flexural strength of in-ceram dental materials. Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry. 2011;20(4):261-266.
71. Chen C, Trindade FZ, de Jager N, et al. The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. Dental materials. 2014;30(9):954-962.
72. Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, et al. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2013;20:113-125.
73. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. Dental materials journal. 2014;33(5):705-710.
74. Mihali S, Bortun C, Bratu E. Nano-ceramic particle reinforced composite-Lava Ultimate CAD/CAM restorative. Rev Chem. 2013;64(4):435-437.
75. AKARCA EM, ŞAHİN D, CANA RŞ. Rezin matriks seramikler-derleme. Current Research in Dental Sciences.32(1):114-118.
76. Rosentritt M, Krifka S, Strasser T, et al. Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. Clinical Oral Investigations. 2020;24(7):2395-2401.
77. Nguyen J, Ruse D, Phan A, et al. High-temperature-pressure polymerized resin-infiltrated ceramic networks. Journal of dental research. 2014;93(1):62-67.
78. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. Dental Materials. 2013;29(4):419-426.
79. Batson ER, Cooper LF, Duqum I, et al. Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. The Journal of prosthetic dentistry. 2014;112(4):770-777.
80. Lippert F. An introduction to toothpaste-its purpose, history and ingredients. Toothpastes: Karger Publishers 2013:1-14.

81. Zero DT. Dentifrices, mouthwashes, and remineralization/caries arrestment strategies. *BMC Oral health: BioMed Central* 2006;1-13.
82. Vranic E, Lacevic A, Mehmedagic A, et al. Formulation ingredients for toothpastes and mouthwashes. *Bosnian journal of basic medical sciences*. 2004;4(4):51.
83. de Villiers MM, Caira MR, Li J, et al. Crystallization of toxic glycol solvates of rifampin from glycerin and propylene glycol contaminated with ethylene glycol or diethylene glycol. *Molecular Pharmaceutics*. 2011;8(3):877-888.
84. Forward GC, James AH, Barnett P, et al. Gum health product formulations: what is in them and why? *Periodontology* 2000. 1997;15:32-39.
85. Jardim JJ, Alves LS, Maltz M. The history and global market of oral home-care products. *Brazilian oral research*. 2009;23:17-22.
86. Sheen S, Pontefract H, Moran J. The benefits of toothpaste—real or imagined? The effectiveness of toothpaste in the control of plaque, gingivitis, periodontitis, calculus and oral malodour. *Dental Update*. 2001;28(3):144-147.
87. Vaz VTP, Jubilato DP, Oliveira MRMd, et al. Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: which one is the most effective? *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27.
88. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2010;38:e17-e24.
89. Forward G. Role of toothpastes in the cleaning of teeth. *International dental journal*. 1991;41(3):164-170.
90. Hefferren J. Historical view of dentifrice functionality methods. *The Journal of clinical dentistry*. 1998;9(3):53-56.
91. White D. Development of an improved whitening dentifrice based upon" stain-specific soft silica" technology. *The Journal of clinical dentistry*. 2001;12(2):25-29.
92. Sulieman M, Addy M, MacDonald E, et al. The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2004;32(4):295-299.
93. Baig A, He T, Buisson J, et al. Extrinsic whitening effects of sodium hexametaphosphate--a review including a dentifrice with stabilized stannous fluoride. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2005;26(9 Suppl 1):47-53.
94. Kim H-J, Jang J-H, Choi D, et al. Bleaching toothpaste with two different concentrations of hydrogen peroxide: A randomized double-blinded clinical trial. *Journal of Dentistry*. 2020;103:103508.

95. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2006;34(7):412-419.
96. Bergesch V, Aguiar FHB, Turssi CP, et al. Shade changing effectiveness of plasdone and blue covarine-based whitening toothpaste on teeth stained with chlorhexidine and black tea. *European journal of dentistry*. 2017;11(04):432-437.
97. Shellis R, Addy M, Rees G. In vitro studies on the effect of sodium tripolyphosphate on the interactions of stain and salivary protein with hydroxyapatite. *Journal of dentistry*. 2005;33(4):313-324.
98. Rice D, Dhabhar D, White D. Laboratory stain removal and abrasion characteristics of a dentifrice based upon a novel silica technology. *The Journal of clinical dentistry*. 2001;12(2):34-37.
99. Ayad F, De Sciscio P, Stewart B, et al. The stain prevention efficacy of two tooth whitening dentifrices. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995). 2002;23(8):733-736, 738; quiz 740.
100. Ayad F, Demarchi B, Khalaf A, et al. A six-week clinical efficacy study of a new dentifrice for the removal of extrinsic tooth stain. *The Journal of Clinical Dentistry*. 1999;10(3 Spec No):103-106.
101. Ayad F, Demarchi B, Khalaf A, et al. A six-week clinical tooth whitening study of a new calculus-inhibiting dentifrice formulation. *The Journal of Clinical Dentistry*. 2000;11(3):84-87.
102. Mankodi S, Sowinski J, Davies R, et al. A six-week clinical efficacy study of a tooth whitening tartar control dentifrice for the removal of extrinsic tooth stain. *The Journal of Clinical Dentistry*. 1999;10(3 Spec No):99-102.
103. Gerlach RW, Liu H, Prater ME, et al. Removal of extrinsic stain using a 7.0% sodium hexametaphosphate dentifrice: a randomized clinical trial. *The Journal of clinical dentistry*. 2002;13(1):6-9.
104. Gerlach R, Ramsey LL, White DJ. Extrinsic stain removal with a sodium hexametaphosphate-containing dentifrice: comparisons to marketed controls. *The Journal of clinical dentistry*. 2002;13(1):10-14.
105. Li Y, He T, Sun L, et al. Extrinsic stain removal efficacy of a dual-phase dentifrice. *American Journal of Dentistry*. 2007;20(4):227-230.
106. Vaz VTP, Jubilato DP, Oliveira MRMd, et al. Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: which one is the most effective? *Journal of Applied Oral Science*. 2019;27:e20180051.
107. Greenwall LH, Greenwall-Cohen J, Wilson NH. Charcoal-containing dentifrices. *British dental journal*. 2019;226(9):697-700.

108. Epple M, Meyer F, Enax J. A critical review of modern concepts for teeth whitening. *Dentistry journal*. 2019;7(3):79.
109. Fabritius-Vilpoux K, Enax J, Herbig M, et al. Quantitative affinity parameters of synthetic hydroxyapatite and enamel surfaces in vitro. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*. 2019;8(2):141-153.
110. Tao D, Smith RN, Zhang Q, et al. Tooth whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes. *Journal of dentistry*. 2017;67:S20-S24.
111. Watanabe MM, Rodrigues JA, Marchi GM, et al. In vitro cariostatic effect of whitening toothpastes in human dental enamel--Microhardness evaluation. *Quintessence international*. 2005;36(6).
112. Joiner A, Philpotts CJ, Alonso C, et al. A novel optical approach to achieving tooth whitening. *Journal of dentistry*. 2008;36:8-14.
113. Joiner A, Philpotts CJ, Ashcroft AT, et al. In vitro cleaning, abrasion and fluoride efficacy of a new silica based whitening toothpaste containing blue covarine. *Journal of dentistry*. 2008;36:32-37.
114. Collins LZ, Naeeni M, Platten SM. Instant tooth whitening from a silica toothpaste containing blue covarine. *Journal of dentistry*. 2008;36:21-25.
115. Timmerman M, Van der Weijden G, Armand S, et al. Untreated periodontal disease in Indonesian adolescents: clinical and microbiological baseline data. *Journal of Clinical Periodontology*. 1998;25(3):215-224.
116. Yuan JC-C, Barão VAR, Wee AG, et al. Effect of brushing and thermocycling on the shade and surface roughness of CAD-CAM ceramic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;119(6):1000-1006.
117. Gonnet J-F. Colour effects of co-pigmentation of anthocyanins revisited—1. A colorimetric definition using the CIELAB scale. *Food Chemistry*. 1998;63(3):409-415.
118. Chu SJ, Devigus A, Mieleszko AJ. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*: Quintessence Publishing Company Illinois 2004.
119. Ulusoy M, Toksavul S. Kuron köprü çalışmalarında diş renginin önemi ve renkle ilgili temel kavramlar. *Ege Dişhek Fak Derg*. 1992;13:29-36.
120. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*, 2002. Quintessence. 2002.
121. Chen H, Huang J, Dong X, et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence International*. 2012;43(8).
122. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of dentistry*. 2017;67:S3-S10.

123. Tam W, Lee H. Dental shade matching using a digital camera. *Journal of dentistry*. 2012;40:e3-e10.
124. Sampaio CS, Atria PJ, Hirata R, et al. Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019;121(2):333-339.
125. Ristic I, Stankovic S, Paravina RD. Influence of color education and training on shade matching skills. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2016;28(5):287-294.
126. Paravina R, Powers J. Color, other appearance attributes. *Esthetic Color Training in Dentistry*, 1st ed China. 2004:3-47.
127. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2003;23(5):467-480.
128. Rajan N, Krishna S, Rajan A, et al. Shade selection-basic for esthetic dentistry: literature review. *Int J Contemp Res Rev*. 2020;11:10.15520.
129. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences 2012.
130. Ubassy G. *Shape and color: the key to successful ceramic restorations*: Quintessence Publishing (IL) 1993.
131. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, et al. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(6):585-590.
132. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1973;29(4):416-424.
133. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2004;32:3-12.
134. Yilmaz Ö, Dikicier S, Arzu A. Tam seramik restorasyonlarda renk seçim yöntemlerinin ve etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi: Literatür derlemesi. *Dental and Medical Journal-Review*. 4(2):156-170.
135. Karamouzos A, Papadopoulos M, Kolokithas G, et al. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2007;34(8):613-621.
136. Guler AU, Kurt S, Kulunk T. Effects of various finishing procedures on the staining of provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(5):453-458.
137. Mulla F, Weiner S. Effects of temperature on color stability of porcelain stains. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1991;65(4):507-512.

138. Lee Y-K. Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dental Materials*. 2005;21(7):678-682.
139. Barizon KT, Bergeron C, Vargas MA, et al. Ceramic materials for porcelain veneers: part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;112(4):864-870.
140. Paul S, Peter A, Pietrobon N, et al. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of dental research*. 2002;81(8):578-582.
141. 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.
142. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, et al. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental materials*. 2016;32(1):82-92.
143. Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, et al. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(2):101-109.
144. Alp G, Subasi MG, Johnston WM, et al. Effect of surface treatments and coffee thermocycling on the color and translucency of CAD-CAM monolithic glass-ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;120(2):263-268.
145. Lee S-M, Choi Y-S. Effect of ceramic material and resin cement systems on the color stability of laminate veneers after accelerated aging. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018;120(1):99-106.
146. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015;27:S1-S9.
147. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(2):103-112.
148. Kalantari MH, Ghoraishian SA, Mohaghegh M. Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shade Pilot. *European journal of dentistry*. 2017;11(02):196-200.
149. Culpepper WD. A comparative study of shade-matching procedures. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1970;24(2):166-173.
150. Fahl Jr N. Mastering composite artistry to create anterior masterpieces—part 2. *J Cosmetic Dent*. 2011;26(4):42-55.

151. Yilmaz B, Karaagaclioglu L. In vitro evaluation of color replication of metal ceramic specimens using visual and instrumental color determinations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2011;105(1):21-27.
152. Jarad F, Russell M, Moss B. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British dental journal*. 2005;199(1):43-49.
153. Sajjadi SH, Khosravanifard B, Moazzami F, et al. Effects of three types of digital camera sensors on dental specialists' perception of smile esthetics: a preliminary double-blind clinical trial. *Journal of Prosthodontics*. 2016;25(8):675-681.
154. Gurrea J, Gurrea M, Bruguera A, et al. Evaluation of Dental Shade Guide Variability Using Cross-Polarized Photography. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2016;36(5).
155. Snow SR. Assessing and achieving accuracy in digital dental photography. *Journal of the California Dental Association*. 2009;37(3):185-191.
156. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, et al. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(3):193-199.
157. Goodkind RJ, Keenan KM, Schwabacher WB. A comparison of Chromascan and spectrophotometric color measurements of 100 natural teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1985;53(1):105-109.
158. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*: Quintessence Chicago 2002.
159. Kurt M, TURHAN BAL B, Bal C. Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*. 2016;22(2).
160. Kim H-K. Evaluation of the repeatability and matching accuracy between two identical intraoral spectrophotometers: an in vivo and in vitro study. *The journal of advanced prosthodontics*. 2018;10(3):252-258.
161. Aydın N, Karaoglanoglu S, Oktay EA. Investigation the effects of whitening toothpastes on color change of resin-based CAD/CAM blocks. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(6):884-890.
162. Ota M, Ando S, Endo H, et al. Influence of refractive index on optical parameters of experimental resin composites. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2012;70(5):362-367.
163. Bagis B, Turgut S. Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers. *Journal of dentistry*. 2013;41:e24-e30.
164. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *Journal of prosthodontic research*. 2014;58(4):208-216.

165. Bona AD, Borba M, Benetti P, et al. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Brazilian oral research*. 2007;21(1):10-15.
166. Stawarczyk B, Sener B, Trottmann A, et al. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration, and subsequent polishing. *Dental materials journal*. 2012;31(3):377-383.
167. Um CM, Ruyter I. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence international*. 1991;22(5).
168. Khokhar Z, Razzoog M, Yaman P. Color stability of restorative resins. *Quintessence International*. 1991;22(9).
169. Patel SB, Gordan VV, Barrett AA, et al. The effect of surface finishing and storage solutions on the color stability of resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135(5):587-594.
170. Türkün LŞ, Türkün M. Effect of bleaching and repolishing procedures on coffee and tea stain removal from three anterior composite veneering materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2004;16(5):290-301.
171. Motro PFK, Kursoglu P, Kazazoglu E. Effects of different surface treatments on stainability of ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2012;108(4):231-237.
172. Palla E-S, Kontonasaki E, Kantiranis N, et al. Color stability of lithium disilicate ceramics after aging and immersion in common beverages. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;119(4):632-642.
173. Dos Santos DM, da Silva EVF, Watanabe D, et al. Effect of different acidic solutions on the optical behavior of lithium disilicate ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017;118(3):430-436.
174. Alandia-Roman C, Cruvinel D, Sousa A, et al. Effect of cigarette smoke on color stability and surface roughness of dental composites. *Journal of dentistry*. 2013;41:e73-e79.
175. Belli S, Tanriverdi F, Belli E. Colour stability of three esthetic laminate materials against to different staining agents. *Journal of Marmara University Dental Faculty*. 1997;2(4):643-648.
176. Joiner A, Pickles M, Matheson J, et al. Whitening toothpastes: effects on tooth stain and enamel. *International dental journal*. 2002;52:424-430.
177. de Andrade DABS, de Paiva Gonçalves SE, de Oliveira TR, et al. Avaliação da tecnologia Grander na eficácia de um agente clareador à base de Peróxido de Hidrogênio

a 35%. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*. 2007;19(2):153-159.

178. Joiner A. Review of the extrinsic stain removal and enamel/dentine abrasion by a calcium carbonate and perlite containing whitening toothpaste. *International dental journal*. 2006;56(4):175-180.

179. Wulknitz P. Cleaning power and abrasivity of European toothpastes. *Advances in Dental Research*. 1997;11(4):576.

180. van Loveren C, Duckworth RM. Anti-calculus and whitening toothpastes. *Toothpastes*. 2013;23:61-74.

181. Brooks JK, Bashirelahi N, Reynolds MA. Charcoal and charcoal-based dentifrices: A literature review. *The Journal of the American Dental Association*. 2017;148(9):661-670.

182. Joiner A. A silica toothpaste containing blue covarine: a new technological breakthrough in whitening. *International dental journal*. 2009;59(5):284-288.

183. Setyawati A, Dewi DA. The Difference of Color Change After Using the Red Watermelon Extract (*Citrullus Lanatus*) and Commercial Toothpaste Towards Tooth Discoloration (in Vitro). *International Conference on Sustainable Innovation on Health Sciences and Nursing (ICOSI-HSN 2022)*: Atlantis Press 2022:274-284.

184. Amaral CM, Rodrigues JA, Guilherme Erhardt MC, et al. Effect of whitening dentifrices on the superficial roughness of esthetic restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2006;18(2):102-108.

185. Viscio D, Gaffar A, Fakhry-Smith S, et al. Present and future technologies of tooth whitening. *Compendium of continuing education in dentistry*(Jamesburg, NJ: 1995) Supplement. 2000(28):S36-43; quiz S49.

186. Celik N, Iscan Yapar M. Colour stability of stained composite resins after brushing with whitening toothpaste. *International Journal of Dental Hygiene*. 2021;19(4):413-420.

187. Kilinc H, Turgut S. Optical behaviors of esthetic CAD-CAM restorations after different surface finishing and polishing procedures and UV aging: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;120(1):107-113.

188. Cagidiaco EF, Grandini S, Goracci C, et al. A pilot trial on lithium disilicate partial crowns using a novel prosthodontic functional index for teeth (FIT). *BMC Oral Health*. 2019;19:1-8.

189. Raigrodski AJ. Contemporary all-ceramic fixed partial dentures: a review. *Dental Clinics*. 2004;48(2):531-544.

190. AKARCA EM, ŞAHİN D, CANA RŞ. Rezin matriks seramikler-derleme. *Current Research in Dental Sciences*. 2022;32(1):114-118.
191. An J-S, Son H-H, Qadeer S, et al. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013;71(1):120-129.
192. Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A, et al. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;113(6):534-540.
193. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;111(1):42-50.
194. 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.
195. Han G-J, Kim J-H, Lee M-A, et al. Performance of a novel polishing rubber wheel in improving surface roughness of feldspathic porcelain. *Dental Materials Journal*. 2014;33(6):739-748.
196. AlSaleh S, Labban M, AlHariri M, et al. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *Journal of dentistry*. 2012;40:e82-e87.
197. Stephen J. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2003;15:S42-S48.
198. Pop-Ciutrla IS, Dudea D, Eugenia Badea M, et al. Shade correspondence, color, and translucency differences between human dentine and a CAD/CAM hybrid ceramic system. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2016;28:S46-S55.
199. Turgut S, Kılınç H, Bağış B. Effect of UV aging on translucency of currently used esthetic CAD-CAM materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(2):147-152.
200. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, et al. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-1174.
201. Muntean A, Sava S, Delean AG, et al. Toothpaste composition effect on enamel chromatic and morphological characteristics: In vitro analysis. *Materials*. 2019;12(16):2610.
202. Fernandez L, Canut JA. In vitro comparison of the retention capacity of new aesthetic brackets. *The European Journal of Orthodontics*. 1999;21(1):71-77.

203. Bishara SE, Ajlouni R, Oonsombat C. Bonding Orthodontic Brackets to Composite Using Different Surface Preparations and Adhesive/Primers: A Comparative Study. *World Journal of Orthodontics*. 2003;4(4).
204. Ghafari J. Problems associated with ceramic brackets suggest limiting use to selected teeth. *The Angle Orthodontist*. 1992;62(2):145-152.
205. Sagsoz NP, Yanikoglu N, Ulu H, et al. Color changes of polyamid and polymetyl methacrylate denture base materials. *Open Journal of Stomatology*. 2014;4(10):489.
206. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, et al. Color stability of provisional resin restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(5):533-539.
207. Imirzalioglu P, Karacaer O, Yilmaz B, et al. Color stability of denture acrylic resins and a soft lining material against tea, coffee, and nicotine. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2010;19(2):118-124.
208. Mathias P, Costa L, Saraiva LO, et al. Morphologic texture characterization allied to cigarette smoke increase pigmentation in composite resin restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2010;22(4):252-259.
209. Zhao X, Zanetti F, Wang L, et al. Effects of different discoloration challenges and whitening treatments on dental hard tissues and composite resin restorations. *Journal of dentistry*. 2019;89:103182.
210. Zhao X, Zanetti F, Majeed S, et al. Effects of cigarette smoking on color stability of dental resin composites. *American Journal of Dentistry*. 2017;30(6):316-322.
211. Theobaldo J, Catelan A, Rodrigues-Filho U, et al. Effect of cigarette smoke on resin composite bond strength to enamel and dentin using different adhesive systems. *Operative Dentistry*. 2016;41(3):E57-E63.
212. Patil SS, Dhakshaini M, Gujjari AK. Effect of cigarette smoke on acrylic resin teeth. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2013;7(9):2056.
213. Wasilewski MdS, Takahashi MK, Kirsten GA, et al. Effect of cigarette smoke and whiskey on the color stability of dental composites. *Am J Dent*. 2010;23(1):4-8.
214. Horn BA, Bittencourt BF, Gomes OMM, et al. Clinical evaluation of the whitening effect of over-the-counter dentifrices on vital teeth. *Brazilian dental journal*. 2014;25:203-206.
215. Joiner A, Pickles M, Lynch S, et al. The measurement of enamel wear by four toothpastes. *International dental journal*. 2008;58(1):23-28.
216. Yilmaz Z, Neşe A. Diş Hekimi Kontrolünde Olmayan (Otc) Beyazlatma Ürünlerinin Genç Daimi Diş Minesinin Renk, Mikrosertlik, Yüzey Pürüzlülüğü Ve

Morfolojisine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2019;29(1):33-43.

217. Savic-Stankovic T, Karadzic B, Komlenic V, Stasic J, Petrovic V, Ilic J, et al. Effects of whitening gels on color and surface properties of a microhybrid and nanohybrid composite. *Dental Materials Journal*. 2021;40(6):1380-7.

218. Conte G, Pacino SA, Urso S, Emma R, Pedullà E, Cibella F, et al. Repeatability of dental shade by digital spectrophotometry in current, former, and never smokers. *Odontology*. 2022;110(3):605-18.

219. Alshara S, Lippert F, Eckert GJ, et al. Effectiveness and mode of action of whitening dentifrices on enamel extrinsic stains. *Clinical oral investigations*. 2014;18:563-569.

220. Mehrgan S, Kermanshah H, Omrani LR, et al. Comparison the effect of charcoal-containing, hydrogen peroxide-containing, and abrasive whitening toothpastes on color stability of a resin composite; an in vitro study. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):1-7.

221. Isaacs R, Bartizek R, Owens T, et al. Maintenance of tooth color after prophylaxis: comparison of three dentifrices. *The Journal of clinical dentistry*. 2001;12(2):51-55.

222. Kakar A, Rustogi K, Zhang YP, et al. A clinical investigation of the tooth whitening efficacy of a new hydrogen peroxide-containing dentifrice. *The Journal of clinical dentistry*. 2004;15(2):41-45.

223. Lima DANL, Silva ALF, Aguiar FHB, et al. In vitro assessment of the effectiveness of whitening dentifrices for the removal of extrinsic tooth stains. *Brazilian Oral Research*. 2008;22:106-111.

224. Soeteman G, Valkenburg C, Van der Weijden G, et al. Whitening dentifrice and tooth surface discoloration—A systematic review and meta-analysis. *International journal of dental hygiene*. 2018;16(1):24-35.

225. Monteiro B, Spohr AM. Surface roughness of composite resins after simulated toothbrushing with different dentifrices. *Journal of international oral health: JIOH*. 2015;7(7):1.

226. Lai G, Zhao L, Wang J, et al. Surface properties and color stability of dental flowable composites influenced by simulated toothbrushing. *Dental Materials Journal*. 2018;37(5):717-724.

227. O'Neill C, Kreplak L, Rueggeberg FA, et al. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(1):59-69.

228. Allocca G, Pudylyk D, Signorino F, et al. Effectiveness and compliance of an oscillating-rotating toothbrush in patients with dental implants: a randomized clinical trial. *International Journal of Implant Dentistry*. 2018;4(1):1-8.

229. Erbe C, Klees V, Ferrari-Peron P, et al. A comparative assessment of plaque removal and toothbrushing compliance between a manual and an interactive power toothbrush among adolescents: a single-center, single-blind randomized controlled trial. *BMC Oral Health*. 2018;18(1):1-10.
230. Lea SC, Khan A, Patanwala HS, et al. The effects of load and toothpaste on powered toothbrush vibrations. *Journal of dentistry*. 2007;35(4):350-354.
231. Heintze S, Forjanic M, Ohmiti K, et al. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dental Materials*. 2010;26(4):306-319.
232. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, et al. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dental materials*. 2012;28(5):521-528.
233. Pamir T, Korkut ZO, Tezel H, et al. Aşındırıcılık değerleri farklı beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğine etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2007;24(2):89-95.
234. Bizhang M, Schmidt I, Chun Y-HP, et al. Toothbrush abrasivity in a long-term simulation on human dentin depends on brushing mode and bristle arrangement. *PloS one*. 2017;12(2):e0172060.
235. Rosenstiel SF, Johnston WM. The effects of manipulative variables on the color of ceramic metal restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1988;60(3):297-303.
236. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of dentistry*. 2010;38:e57-e64.
237. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*. 2001;26(5):340-350.
238. Yeerken Y, Otomaru T, Said M, et al. Applicability of the CIELAB and CIEDE2000 formulae for detection of colour changes in colour-changeable chewing gum for evaluating masticatory function. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*. 2017;11(4):ZC119.
239. Gómez-Polo C, Montero J, Gómez-Polo M, et al. Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 color difference formulas on gingival color space. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(5):401-408.
240. Robinson FG, Haywood vB, Myers M. Effect of 10 percent carbamide peroxide on color of provisional restoration materials. *The Journal of the American Dental Association*. 1997;128(6):727-731.

241. Zanetti F, Zhao X, Pan J, et al. Effects of cigarette smoke and tobacco heating aerosol on color stability of dental enamel, dentin, and composite resin restorations. *Quintessence International*. 2019;50(2).
242. Raptis C, Powers J, Fan P, et al. Staining of composite resins by cigarette smoke. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1982;9(4):367-371.
243. Mathias P, Rossi TA, Cavalcanti AN, et al. Cigarette smoke combined with staining beverages decreases luminosity and increases pigmentation in composite resin restorations. *Compendium*. 2011;32(2):66-70.
244. Mathias P, Rossi TA, Cavalcanti AN, et al. Cigarette smoke combined with staining beverages decreases luminosity and increases pigmentation in composite resin restorations. *Compendium*. 2011;32(2):66-70.
245. Recep K, CIZIROĞLU N. Examination of The Effect of Smoking on The Discoloration of Different CAD/CAM Blocks. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2(1):21-30.
246. Seyidalieva A, Rues S, Evagorou Z, et al. Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020;32(1):43-50.
247. Papathanasiou I, Zinelis S, Papavasiliou G, et al. Effect of aging on color, gloss and surface roughness of CAD/CAM composite materials. *Journal of Dentistry*. 2023;130:104423.
248. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, et al. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 1996;11(2).
249. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, et al. *Fundamentals of fixed prosthodontics*: Quintessence Publishing Company Chicago, IL, USA 1997.
250. Borchers L, Tavassol F, Tschernitschek H. Surface quality achieved by polishing and by varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999;82(5):550-556.
251. Ulusoy M, Ulusoy N, Aydin AK. An evaluation of polishing techniques on surface roughness of acrylic resins. *J prosthet Dent*. 1986;56(1):107-112.
252. Flury S, Diebold E, Peutzfeldt A, et al. Effect of artificial toothbrushing and water storage on the surface roughness and micromechanical properties of tooth-colored CAD-CAM materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017;117(6):767-774.
253. Koizumi H, Saiki O, Nogawa H, et al. Surface roughness and gloss of current CAD/CAM resin composites before and after toothbrush abrasion. *Dental materials journal*. 2015;34(6):881-887.

254. Roeder LB, Powers JM. Surface roughness of resin composite prepared by single-use and multi-use diamonds. *American journal of dentistry*. 2004;17(2):109-112.
255. Ehrmann E, Medioni E, Brulat-Bouchard N. Finishing and polishing effects of multiblade burs on the surface texture of 5 resin composites: microhardness and roughness testing. *Restorative dentistry & endodontics*. 2019;44(1).
256. Oliveira M, Fernández E, Bortolatto J, et al. Optical dental whitening efficacy of blue covarine toothpaste in teeth stained by different colors. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2016;28:S68-S77.
257. Griffiths C, Bailey J, Jarad F, et al. An investigation into most effective method of treating stained teeth: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2008;36(1):54-62.
258. Wetter NU, Barroso MC, Pelino JE. Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 2004;35(4):254-258.
259. Al-Angari SS, Meaigel S, Almayouf N, et al. The effect of coffee and whitening systems on surface roughness and gloss of CAD/CAM lithium disilicate glass ceramicals. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*. 2021;19:22808000211058866.
260. Chong SY, Lim TB, Seow LL. Ability of Whitening Toothpastes in Removing Stains from Composite Resins. *Malaysian Dental Journal*. 2008;29(2).
261. Bazzi JZ, Bindo MJF, Rached RN, et al. The effect of at-home bleaching and toothbrushing on removal of coffee and cigarette smoke stains and color stability of enamel. *The Journal of the American Dental Association*. 2012;143(5):e1-e7.
262. Lima DANL, Aguiar FHB, Liporoni PCS, et al. In vitro assessment of the effectiveness of whitening dentifrices for the removal of extrinsic tooth stains. *Brazilian oral research*. 2008;22:106-111.
263. Torres C, Perote L, Gutierrez N, et al. Efficacy of mouth rinses and toothpaste on tooth whitening. *Operative dentistry*. 2013;38(1):57-62.
264. Rostamzadeh P, Omrani LR, Abbasi M, et al. Effect of whitening toothpastes containing activated charcoal, abrasive particles, or hydrogen peroxide on the color of aged microhybrid composite. *Dental Research Journal*. 2021;18.
265. Al Maaitah EF, Omar AAA, Al-Khateeb SN. Effect of fixed orthodontic appliances bonded with different etching techniques on tooth color: a prospective clinical study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(1):43-49.
266. Meireles SS, Masotti AS, Demarco FF. Over the counter whitening agents a concise review. 2009.

267. Shamel M, Al-Ankily MM, Bakr MM. Influence of different types of whitening tooth pastes on the tooth color, enamel surface roughness and enamel morphology of human teeth. F1000Research. 2019;8.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Elif DİŞCİ GÖKÇE

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu:

- **İlk/ Ortağretim:** 75.Yıl Mustafa Kemal Ortaokulu, 2002-2010
- **Lise:** Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi, 2010-2014
- **Lisans/ Yüksek Lisans:** Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 2014-2019
- **Uzmanlık:** Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, 2020-2024