



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**ÜÇ FARKLI YAPIDA
CAD/CAM SABİT PROTEZ MATERYALLERİNDE
RENK STABİLİTE VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Banu YILDIRIM

**PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI**

**ANKARA
2021**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**ÜÇ FARKLI YAPIDA
CAD/CAM SABİT PROTEZ MATERYALLERİNDE
RENK STABİLİTE VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Banu YILDIRIM

**PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI**

**Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nün
15L0234001 proje numarası ile desteklenmiştir**

**ANKARA
2021**

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “**ÜÇ FARKLI YAPIDA CAD/CAM SABİT PROTEZ MATERYALLERİNDE RENK STABİLİTE VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazıldı. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapıldı, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Doktora Öğrencisinin Adı Soyadı: Banu YILDIRIM

Tarih:

İmza:

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Sadık E. ÇETİNER
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Başkan

Doç. Dr. İlhan İ. KESKİNER
Doç. Dr. Elif S. ESEN
Doç. Dr. Yılmaz KESKİNER

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	ix
Çizelgeler	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. CAD/CAM Sistemleri	1
1.1.1. Verilerin Elde Edilmesi	2
1.1.2. Restorasyonun Tasarımı	2
1.1.3. Restorasyonun Üretimi	3
1.1.3.1. Subtraktif Yöntem	3
1.1.3.2. Aditif Yöntem	3
1.1.4. Güncel CAD/CAM Sistemleri	3
1.2. CAD/CAM Sistemlerinde Kullanılan Materyaller	4
1.2.1. CAD/CAM Sistemlerinde Kullanılan Materyallerin Sınıflandırılması	5
1.2.2. Cam Matriks Seramik	6
1.2.2.1. Feldspatik Cam Seramik	6
1.2.3. Rezin Matriks Seramik	7
1.2.3.1. Rezin Nano Seramik	9
1.2.3.2. Polimer İnfiltrat Rezin Seramik	10
1.3. Işık ve Renk	12
1.3.1. Işık Kaynağı	13
1.3.2. Spektrometre	14
1.3.3. Ölçüm Geometri	15
1.3.4. CIE Lab Renk Sistemi ve Renk Farklılık Denklemleri	16
1.3.5. Renk Ölçüm Cihazları	19
1.3.5.1. Spektrofotometre	19
1.3.6. Algılanabilir ve Kabul Edilebilir Renk Farkı Eşik Değerleri	20
1.4. Dental Restorasyonlarda Renk Stabilitesi	21
1.4.1. Restorasyonların Renklenmeleri / Lekelenmeleri	22
1.4.2. Restorasyonların Yüzey Pürüzlülüğü	23
1.4.3. Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma İşlemi (HYY)	24
1.5. Tezin Hipotezi ve Amacı	25
2. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3. BULGULAR	37
4. TARTIŞMA	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
ÖZET	74

SUMMARY	76
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	88

76
78
88



ÖNSÖZ

Günümüzde, CAD/CAM (Computer Assisted Design/Computer Assisted Manufacture = Bilgisayar Yardımıyla Tasarım/Bilgisayar Yardımıyla Üretim) teknolojisi ile diş renginde seramik ve seramik benzeri materyaller ile diş destekli veya implant destekli monolitik=tek materyalden yapılan sabit protez uygulamaları yaygın kullanım alanına sahiptir. Seramik ve seramik benzeri materyaller, cam matriks seramik, rezin matriks seramik ve polikristalin seramik olmak üzere üç ana gruba ayrılır. Tez çalışmamızda, üç farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyale, farklı renklendirme solusyonlarının, farklı bekleme sürelerinin ve 384 saat süre ile uygulanan Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma (HYY) işleminin, yüzey pürüzlülük ve renk değişim değerlerine etkileri laboratuvar koşullarında değerlendirildi. Farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyallerden elde edilen invitro sonuçların klinik uygulamalara yararlı olacağı tespit edildi.

Tez aşamasında öğrencisi olarak beni kabul edip doktoramı bitirmemi sağlayan sayın tez danışmanım Prof. Dr. Sadullah Üçtaşlı'ya sabır ve emeklerinden ötürü minnettarım.

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki tüm değerli hocalarıma saygılarımı sunarım.

Uzun ve zor bir süreç olan doktora eğitimim sırasında, desteklerini esirgemeyen sevgili rahmetli babam Hüseyin Balcı'ya ve sevgili annem Esen Balcı'ya, sevgili eşim Timuçin Yıldırım'a, minicik kalpleri ile hep yanımda olan canım yavrularım Bolaçin ve Hüma'ya sonsuz teşekkürler.

Doktora eğitimimin gizli kahramanları, sevgili arkadaşlarım Emre Zaim ve Eylem Zaim, paylaştığımız kıymetli zamanlar ve sonsuz desteğiniz için hakkınız ödenmez.

SİMGELER VE KISALTMALAR

a	Kırmızı veya yeşil değerlerini ifade eden renk koordinatı
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
B	Sarı veya mavi değerlerini ifade eden renk koordinatı
B ₂ O ₃	Bor oksit
Bis-GMA	Bisfenol-A-glisidilmetakrilat
C	Işık hızı
°C	Santigrat derece
CAD	Computer Aided Design = Bilgisayar Yardımıyla Tasarım
CAM	Computer Aided Manufacture = Bilgisayar Yardımıyla Üretim
CaO	Kalsiyum oksit
CEREC	CERamic REConstruction = Seramik Yeniden Yapılanma
CIE	International Commission on Illumination
CIE Lab	Uniform üç boyutlu renk sistemi
CIELAB ΔE _{ab}	Renk farkı ölçüm formülü
CIEDE2000	Renk farkı ölçüm formülü
Δa	Belirli bir işlem öncesinde ve sonrasında ölçülen a değerlerinin farkları
Δb	Belirli bir işlem öncesinde ve sonrasında ölçülen b değerlerinin farkları
ΔE ₀₀	Renk uzayında iki nokta arasındaki cebirsel mesafe. Renk değişim büyüklüğü
ΔL	Belirli bir işlem öncesinde ve sonrasında ölçülen L değerlerinin farkları
D ₆₅	Standart ışık kaynağı
GPa	Gigapaskal
gr	Gram
HF	Hidroflorik asit
Hz	Hertz
ISO	International Organization for Standardization

K	Kelvin
K ₂ O	Potasyum oksit
K ₂ OAl ₂ O ₃ 4SiO ₂	Kristalin lösit
λ	Dalga boyu
L	Parlaklığı ifade eden renk koordinatı
m	Metre
μ m	Mikrometre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
nm	Nanometre
PICN	Polimer İnfiltr Ceramic Network = Polimer İnfiltr Seramik Ağ
Ra	Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülük değeri
SiO ₂	Silisyum dioksit
sn	Saniye
SPD	Spectral Power Distribution = Spektral Güç Dağılımı
TCD	Trisiklodekan
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
UDMA	Ürethan dimetakrilat
UV-B	Ultra Viyole B ışını
Watt	Enerji dönüşüm oranını ölçen birim
%	Yüzde
Zr ₂ O	Zirkonyum Oksit

ŞEKİLLER

Şekil 1.1.	Elektromanyetik spektrum	13
Şekil 1.2.	Ölçüm açıları	16
Şekil 1.3.	CIE Lab renk sistemi	17
Şekil 2.1.	CAD/CAM sistemlerine uygun, üç farklı materyale ait blokların görüntüleri.	26
Şekil 2.2.	Örneklerin hazırlanmasında kullanılan Cerec 3 inlab (Dentsply, Sirona, Almanya) CAD/CAM sistemi.	28
Şekil 2.3.	10 mm çapında x 2 mm kalınlığında hazırlanan disk şeklinde test örnekleri. Sağdan sola sırasıyla, VITA ENAMIC, Lava Ultimate, VITABlocs Mark II.	28
Şekil 2.4.	Deneylerin akış şeması	30
Şekil 2.5.	Çalışmamızda kullanılan profilometre cihazı (Perthometer M ₂ , Mahr, Almanya).	31
Şekil 2.6.	Spektrofotometrik ölçümlerde kullanılan cihaz (Vita Easysshade Advance-VITA Zahnfabrik, Almanya) ve ölçümlerin yapıldığı D ₆₅ ışık kaynağının bulunduğu ölçüm kutusu.	32
Şekil 2.7.	Örneklerin renk değerlerinin spektrofotometre ile ölçülmesi.	32
Şekil 2.8.	Örneklerin renk değerlerinin spektrofotometre ile belirlenmesi.	32
Şekil 2.9.	Örneklerin L, a ve b değerlerinin spektrofotometre ile tespit edilmesi.	33
Şekil 2.10.	Test örneklerinin, 37°C sıcaklıkta, kahve, şarap ve distile su içinde, 1 gün, 12 gün ve 60 gün gibi belirlenen süreler boyunca bekletildiği inkübatör.	34
Şekil 2.11.	Hızlandırılmış yapay yaşlandırma test cihazı (Atlas UV2000 = Atlas Material Testing Solutions, Mount Prospect, Illinois, ABD).	35
Şekil 2.12.	Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi uygulanacak test örneklerinin, cihaza yerleştirilmek üzere alüminyum plakalara sabitlenen görüntüsü.	35
Şekil 3.1.	Lekelenme solusyonlarında bekletilmeden önce test gruplarının Ra değerleri	38

Şekil 3.2.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 1. gün arasındaki değişimi.	45
Şekil 3.3.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 12. gün arasındaki değişimi.	46
Şekil 3.4.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 60. gün arasındaki değişimi.	47
Şekil 3.5.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 1. gün ile 12. gün arasındaki değişimi.	48
Şekil 3.6.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 1. gün ile 60. gün arasındaki değişimi.	49
Şekil 3.7.	Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 12. gün ile 60. gün arasındaki değişimi.	50
Şekil 3.8.	HYY işlemi öncesi ve sonrası, test edilen grupların kendi içlerinde ve gruplar arasında ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.	53
Şekil 3.9.	HYY işlemi öncesi ve sonrası, grupların kendi içlerinde ve gruplar arasında ΔE_{00} değerlerinin değişimleri	54
Şekil 3.10.	HYY işlemi sonrası, test gruplarında ΔE_{00} ile Ra değerlerinin değişimi.	55

ÇİZELGELER

Çizelge 1.1. Algılanabilir (Perceptibility Tolerance=PT) renk farkı ile ilgili araştırmalar.	20
Çizelge 1.2. Kabul edilebilir (Acceptability Tolerance=AT) renk farkı ile ilgili araştırmalar.	21
Çizelge 1.3. Klinik renk eşleşmesi tolerans değerleri (O'Brien, 2002).	21
Çizelge 2.1. Çalışmamızda kullanılan CAD/CAM materyalleri ve özellikleri	27
Çizelge 3.1. Test edilen materyallere ait, distile su, kahve ve şarap bekletme solusyonlarına yerleştirilmeden önce ölçülen Ra (gruplara ve ortamlara göre başlangıç ortalama yüzey pürüzlülüğü) değerleri.	37
Çizelge 3.2. Test grupları ve bekletildiği solusyonlara göre ΔE_{00} düzeyleri.	39
Çizelge 3.3. Test grupları ve bekletildiği solusyonlara göre Ra ile ΔE_{00} ölçümleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önemlilik düzeyleri.	51
Çizelge 3.4. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası gruplara ait Ra değerleri	52
Çizelge 3.5. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası gruplara ait ΔE_{00} değerleri	53
Çizelge 3.6. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası, renk değişimi (ΔE_{00}) ile ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değişim değerleri arasında korelasyon katsayıları ve önemlilik düzeyleri.	55

1.GİRİŞ

Günümüzde, geliştirilen indirekt restoratif materyaller ve teknolojiler, protetik diş hekimliği uygulamalarında, tek seansta sabit restorasyonların bitirilmesine imkan sağladı (Li ve ark., 2014; Mourouzıs ve ark., 2020; Pyo ve ark., 2020; Stawarczyk ve ark., 2016).

1.1. CAD/CAM Sistemleri

Bilgisayar yardımıyla tasarım/bilgisayar yardımıyla üretim (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture = CAD/CAM) tekniği, 1970’li yıllarda Duret ve Preston tarafından diş hekimliği sabit protez uygulama işlemleri için tanıtıldı (İrfan ve ark., 2015). 1980’li yıllarda Moermann, CEREC® (CEramic REConstruction) sistemini geliştirdi, bu sistem diş hekimleri tarafından kabul gördü ve CAD/CAM sistemleri birçok laboratuvar ve muayenehanede yerlerini aldı (Blatz ve Conejo, 2019). CAD/CAM teknolojisi maliyeti azaltmakla birlikte, yeni ve geliştirilmiş materyallerin kullanımı ile fonksiyon, biyoyum ve estetik açıdan, yüksek kaliteli restorasyonlar yapılmasına olanak sağlar (Abdullah ve ark., 2018; Zaruba ve Mehl, 2017). Bu sistemler, teknisyene bağlı aşamaların azaltılması, hataların en aza indirilmesi, diş dayanakları veya implant dayanakları ile hassas uyum gösteren yüksek kalitede farklı materyallerin kullanımına imkan sağlaması, internal ve marjinal uyumları daha iyi restorasyonların tek seansta üretimi ve restorasyonun en kısa sürede hastaya teslim edilmesi gibi avantajları sunar (Spitznagel ve ark., 2018; Spitznagel ve ark.,2020).

CAD/CAM tekniğinde üretim üç aşamada gerçekleşir:

1. Dijital verilerin elde edilmesi, dijital ölçü tekniği ile, hazırlanan destek diş veya destek implant yüzeyinin direkt taranması veya geleneksel ölçü tekniği ile elde edilen alçı modelin indirekt taranması,

2. Yazılımla dijital verilerin işlenmesi ve restorasyonun tasarımı (CAD),
3. Restorasyonun üretimi (CAM) (Beuer ve ark., 2008; Pyo ve ark., 2020; Van Nort, 2012).

1.1.1. Verilerin Elde Edilmesi

Destek diş veya destek implant yüzeyinin taranması, verilerin elde edilme aşaması CAD/CAM sistemleri arasında farklılık gösterir (Ersu ve ark., 2008; Strub ve ark., 2006). Birçok CAD/CAM sisteminde, tarayıcı, sistemin bir parçasıdır ve uyumlu CAD yazılımı ile çalışır (Carrilho Baltazar Vaz ve ark., 2020; Zaruba ve Mehl, 2017).

Optik tarayıcılar ile hızlı ve yüksek çözünürlükte veriler elde edilir. Ağız içi dijital tarayıcıların kullanımıyla, geleneksel ölçü alımı ve model elde edilme basamakları ortadan kalkar. Dijital ölçü tekniği, hastalar için, daha konforlu tedavi süreci sağlar. Ayrıca, uygulama zamanı ve malzemeden tasarruf edilir (Arezoobakhsh ve ark., 2020; Scarfe ve Metz, 2017; Zimmerman ve ark., 2015).

1.1.2. Restorasyonun Tasarımı

Restorasyonun bilgisayar ekranında, üç boyutlu tasarımına olanak sağlayan birçok CAD yazılımı mevcuttur. Kullanıcı CAD yazılımında bulunan şablonları, direkt kullanabileceği gibi, modifikasyonlar ile kendi tasarımını da yapabilir. Restorasyonun tasarımı tamamlandığında, CAD yazılımı sanal modeli farklı bir formata dönüştürerek CAM ünitesinin üretime geçmesini sağlar (Ahmed, 2018; Blatz ve Conejo, 2019; Goujat ve ark., 2019).

1.1.3. Restorasyonun Üretimi

Restorasyonların üretiminde birçok farklı teknoloji kullanılır. Günümüzde, üretim aşaması, subtraktif yöntem ve aditif yöntem olmak üzere, iki temel yöntem ile gerçekleşir (Silva ve ark., 2017; Sulaiman, 2020).

1.1.3.1. Subtraktif Yöntem

Günümüzde, sıklıkla kullanılan subtraktif yöntem ile oluşturulması istenen restorasyonun üretimi, bloktan kesilerek çıkartma esasına dayanır (Pyo ve ark., 2020; Silva ve ark., 2017; Sulaiman, 2020).

1.1.3.2. Aditif Yöntem

Üç boyutlu model verilerinden, genellikle tabaka tabaka materyallerin birleştirilmesi işlemiyle restorasyonlar üretilir (Pyo ve ark., 2020; Silva ve ark., 2017; Sulaiman, 2020).

1.1.4. Güncel CAD/CAM Sistemleri

CEREC (CEramic REConstruction) sistemi, klinikte kullanılan ilk CAD/CAM tekniğidir. 1983 yılında Mörmann ve Brandestini tarafından geliştirilen CEREC 1 (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Almanya) sistemi ile 1985 yılında ilk kez hasta başında inley restorasyon gerçekleştirildi. 1994 yılında geliştirilen CEREC 2 sistemde ise, ağız içi kamera ile 3 boyutlu tarama yapıldı ve inley, onley, veneer ve tam kron restorasyonlar üretildi. 2000 yılında CEREC 3 & inLab sistemi, 3 üye köprü yapımına olanak sağladı. 2005 yılından itibaren kullanılan yazılım, 4 üye köprü restorasyon üretimine ve antagonist diş ile olan oklüzal ilişkilerin

sağlanmasına izin verdi (Karthick ve ark., 2019; Lambert ve ark., 2017; Mörmann, 2006; Zaruba ve Mehl., 2017).

CEREC sisteminin en önemli avantajlarından biri, tek seansta indirekt restorasyonun tamamlanabilmesidir. Prepare edilen diş intraoral kamera ile ağız içinde taranabildiği gibi, CEREC inLab sisteminde modelden de tarama yapılabilir. İndirekt restorasyonun CEREC 3D CAD programı ile tasarımı yapıldıktan sonra, CAM ünitesi ile üretimi gerçekleştirilir (Abdullah ve ark., 2018; Allen ve ark., 2004; Sannino ve ark., 2015).

1.2. CAD/CAM Sistemlerinde Kullanılan Materyaller

Geleneksel yaklaşım, kırılğan dental seramik materyaller, genellikle güçlü metal altyapı veya yüksek dirençli seramik alt yapı ile desteklenir. Ancak, zirkonya ve alumina gibi yüksek dayanıklı tam seramik kor yapıların üzerine uygulanan veneer porselen materyallerin kırılğan özelliğine bağlı, göreceli yüksek başarısızlık oranları gözlenir (Blatz ve ark., 2018; Sen ve Us, 2018; Takeichi ve ark., 2013; Yin ve ark., 2019). Yüksek dayanıklı seramik restorasyon uygulamalarının bir diğer dezavantajı, yüksek yüzey sertliklerine bağlı, karşıt dişlerde veya restorasyonlarda aşınmaya sebep olmalarıdır (Esquivel-Upshaw ve ark., 2018; Kaizer ve ark., 2019; Lohbauer ve Reich, 2017; Selva-Otaola ve ark., 2020). Bu nedenle, yeni dental estetik materyallerin gelişimi, polimer bazlı kompozit rezin materyallere doğru yer değiştirdi (Fisher ve Marx, 2002; Kois ve ark., 2013; Zahran ve ark., 2008). Kompozit rezin materyal uygulamaları, ağız içi direkt restorasyon uygulamaları ile sınırlı iken, CAD/CAM sistemleriyle indirekt restorasyonların üretimi için frezelenen endüstriyel üretilen bloklara doğru geliştirildi (Beuer ve ark., 2008; Poticny ve Klim, 2010; Silva ve ark., 2017). İndirekt restoratif materyal uygulamalarını avantajlı hale getiren yeni kompozit sistemlerin gelişimi sürekli devam etmektedir. Günümüzde, CAD/CAM teknolojisi ile kullanımları için, restorasyonun tamamı, tek parça halinde, bir başka deyişle, monolitik restorasyon şeklinde üretilir (Almeida ve ark., 2020; Furtado de Mendonca ve ark., 2019;

Spitznagel ve ark., 2018; Venturini ve ark., 2019). Yüksek yoğunlukta polimer materyaller (indirekt kompozit rezin restoratif materyaller), CAD/CAM teknolojisi ile kullanımları için, optimize basınç ve ısı parametreleri ile standardize ve kontrollü endüstriyel ortamda polimerize edilir. Bu durum, geleneksel indirekt rezin restoratif materyallere oranla, endüstriyel imal edilen CAD/CAM rezin blok materyallerin daha yüksek mekanik özellikler sergilemesini sağlar (Güth ve ark., 2013; He ve Swain, 2011; Şen ve Tuncelli, 2017). CAD/CAM seramik bloklara alternatif üretilen, CAD/CAM kompozit rezin restoratif materyaller, direkt kompozit rezin restoratif materyaller ile karşılaştırıldıklarında, pörözite ve polimerizasyon büzülmesi gibi dezavantajları elimine eder (Ali ve ark., 2019; Arocha ve ark., 2014; Fasbinder, 2010; Mourouzis ve ark., 2020).

1.2.1. CAD/CAM Sistemlerinde Kullanılan Materyallerin Sınıflandırılması

Polikristalin seramik materyallerin artan kullanımı ve hibrit seramik materyallerin tanıtımı, seramik sistemleri için yeni bir sınıflandırma sistemine ihtiyaç doğurdu. Dental materyallerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması, diş hekimlerinin sadece hasta gereksinimlerine göre değil, uzun süreli klinik başarı için gerekli olan materyal özelliklerine göre de seçim yapabilmesine olanak sağlar. Bu sınıflandırma sistemine göre, CAD/CAM sistemlerinde kullanılan tam seramik ve seramik benzeri restoratif materyaller, kimyasal bileşimlerinde bulunan faz veya fazlara bağlı, cam matriks seramikler, polikristalin seramikler ve rezin matriks seramikler olmak üzere üç gruba ayrılır (Bajraktarova-Valjakova ve ark., 2018).

A. Cam Matriks Seramik

- 1. Feldspatik seramik**
- 2. Sentetik seramik**
 - a. Lösit ile güçlendirilen cam seramik**
 - b. Lityum disilikat cam seramik**
 - c. Zirkonya ile güçlendirilen seramik**
 - d. Fluorapatit esaslı seramik**

3. Cam infiltre seramik

B. Polikristalin Seramik

C. Rezin Matriks Seramik

1.2.2. Cam Matriks Seramik

Cam matriks seramik materyal, cam faz içeren, metalik olmayan, inorganik seramik materyaldir (Bilkhair, 2013; Chen, 2013; Fu ve ark., 2020).

1.2.2.1. Feldspatik Cam Seramik

Feldspatik seramik, feldspatın 1150°C’de fırınlanmasıyla elde edilen, kütlesinin yaklaşık %5-25’ini kristalin l  sit ($K_2OAl_2O_34SiO_2$) olu  şturan, dolduruculu, silika bazlı seramik materyaldir. Feldspatik seramiklerin, yüksek cam içeriği bu materyale doğal di  e yakın m  kemm  l estetik özellikler sağlar. Lösit partikülleri, yüksek translüsensi (yarı geçirgen özellik) sağlaması ve materyalin kırık olu  şumuna kar  şı direncini geliştirmesi, ısıl genleşme katsayısının azalması için kullanılır (Atay ve Sağırkaya, 2020; Lambert ve ark., 2017).

  lk olarak, 1985 yılında Sirona CAD/CAM sistemleri (Sirona Dental System, Bensheim, Almanya) VITABlocs Mark I feldspatik cam seramik (VITA Zahnfabrik, BadSackingen, Almanya) materyali geliştirdi. Bu materyal, yaklaşık 120 MPa kırılma dayanıklılığı nedeni ile inley, onley ve veneer restorasyonların elde edilmesi için   retil  di. VITABlocs Mark I materyalden hazırlanan ve uygulanan inley, onley restorasyonların 10 yıl kullanım sonunda, %90,4 klinik başarı oranları rapor edildi. Yaklaşık %8 başarısızlık oranının, %53’   seramik kırıkları, %20’si di   kırıkları, %20’si   r  k olu  şumu ve %7’sinin endodontik problemlere bağlı ortaya çıktığı bildirildi (Almeida ve ark., 2020; Li ve ark., 2014).

1991 yılında, CAD/CAM sistemleri için üretilen ve kullanıma sunulan VITABlocs Mark II Blokları, ince boyutta gren partiküllerine sahip CAD/CAM sistemleri için üretilen geleneksel feldspatik seramik materyaldir. VITABlocs Mark II materyal, %64 silikat dioksit (SiO_2) ve %23 alüminyum oksit (Al_2O_3) içerir. İnce homojen mikroyapının sağlanabilmesi için, ortalama partikül boyutları yaklaşık 4µm olan kristallerden oluşur. Üretici firmanın verilerine göre, kırılma dayanıklılığı 154 MPa, kırılma tokluğu 1,7-2,2 MPa m^{1/2} aralığında ve elastisite modülü 45 GPa'dır. Bu materyal, inley, onley, anterior ve posterior tam kron ve/veya bölümlü kron restorasyonların yapımında endikedir. Üreticiye göre, bu materyal mükemmel klinik sonuçlar sergiler, çok iyi translüsensi karakteristiğine sahiptir, belirgin bukaletim etki gösterir, karşıt diş veya restorasyonların korunması için mineye benzer abrazyon özellikleri sergiler, kolay parlatılabilir ve restorasyon iç yüzeyinin, hidroflorik asit jel uygulaması ile pürüzlendirilebilirlik özelliğine bağlı yüksek adeziv bağlanma sağlar. VITABlocs Mark II ile üretilen restorasyonların 55 ay kullanım sonrasında, klinik başarı oranı %94,6 rapor edilir. %0,54 başarısızlık oranının temel sebebinin kron kırıkları olduğu ifade edilir (Almeida ve ark., 2020; Atay ve Sağırkaya., 2020; Li ve ark., 2014; Vita Zahnfabrik, 2010).

Tez çalışmamızda, daha iyi estetik özelliği ile beraber kırılma dayanıklılığı 120 MPa olan VITABlocs Mark I yerine, kırılma dayanıklılığı 154 MPa olan VITABlocs Mark II kullanıldı.

1.2.3. Rezin Matriks Seramik

Son yıllarda, seramik ve kompozit rezin materyallerin tercih edilen özelliklerini bir araya getiren ve CAD/CAM sistemleri ile şekillendirilen yeni materyaller kullanıma sunuldu. Yüksek oranda inorganik seramik partikülleri ile doldurulmuş organik matriks içeren rezin matriks seramikler, seramiğin dayanıklılık ve renk stabilitesi ile kompozit rezinin iyi bükülme dayanımı ve düşük aşındırma özelliklerini birleştirir. Bu materyaller rezin nanoseramikler, hibrit seramikler, rezin-matriks seramikler, çift ağılı materyaller, seramik esaslı interpenetre faz kompozitleri

veya polimer infiltre seramik ağ materyaller (Polimer Infiltrate Ceramic Network = PICN) gibi çeşitli isimlerle adlandırılır (Alamouch ve ark., 2019; Bustamante-Hernandez ve ark., 2020; Pop-Ciutrla ve ark., 2016; Spitznagel ve ark., 2020).

Daha az preparasyon derinliği gerektirmesi, karşıt diş dokusunu daha az aşındırması, kompozit rezin restoratif materyaller ile tamir edilebilmeleri, adeziv rezin simanlar ile kimyasal uyum göstermeleri, rezin matriks seramiklerin kompozit rezin materyallere benzerlik gösteren avantajlarıdır. Yeni geliştirilen bu materyallerde, frezle şekillendirme sırasında, marjinal kenarlarda olası kırılma ve çatlak oluşumu, seramik materyallere göre çok daha düşüktür, daha az kırılmalıdır ve porözite içermez. Bu materyallere, şekillendirildikten sonra ilave ısı uygulanmasına gerek olmadığından daha hızlı bir şekilde restorasyon yapımı mümkündür. Ayrıca, elastisite modüllerinin dentine yakın olması sebebiyle, daha iyi bükülme ve daha düşük kırılma direnci göstermesi önemli avantajlarıdır (Castro ve ark., 2020; Çapa ve ark., 2019; Duarte ve ark., 2016; Goujat ve ark., 2019; Komine ve ark., 2020).

CAD/CAM sistemleri için üretilen, seramik ve kompozit rezin materyallerin olumlu özelliklerini birleştiren ilk ticari kompozit rezin Paradigm MZ100 (3M ESPE, St. Paul, ABD), firmanın Z100 isimli başarılı direkt kompozit rezin restoratif materyalinin fabrikada polimerize edilmesiyle elde edildi (Alharbi ve ark., 2017; Ruse ve Sadoun, 2014; Silva ve ark., 2017; Zimmerman ve ark., 2018). Paradigm MZ100, ortalama partikül boyutu 0,6µm zirkonya-silika doldurucu içeren bisfenol-A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) rezin materyaldir (Bilkhair, 2013 ve Mainjot ve ark., 2016). Daha sonra ağırlıklı olarak %80 nano seramik içeren Lava Ultimate (3M ESPE, StPaul ABD) geliştirildi. Son yıllarda ise polimer infiltre seramik ağ (Polimer Infiltrate Ceramic Network = PICN) yapısına sahip VITA ENAMIC (VITA Zahnfabrik, BadSäckingen, Almanya) materyali piyasaya sürüldü (Bajraktarova-Valjakova ve ark., 2018; Lambert ve ark., 2017; Sevmez ve ark., 2019).

1.2.3.1. Rezin Nano Seramik

Üretici firma tarafından “rezin nano seramik” olarak adlandırılan Lava Ultimate (3M ESPE, Neuss, Almanya), hacminin %20’si UDMA (ürethan dimetakrilat) ve Bis-GMA (bisfenol A-glicidil metakrilat) organik polimer rezin matriks içinde, hacminin %80’i demet şeklinde silika nano partikül ve zirkonya nano partikülden oluşan nano seramik partikül doldurucu içerir (Arocha ve ark., 2014; Duarte ve ark., 2016; Goujat ve ark., 2018). Yüksek oranda çapraz bağ oluşturan ve polimer matriksi güçlendiren, üç farklı nano partikül nano seramik doldurucuyu meydana getirir. Bunlar, 20 nm çaplı silika nano partikülleri, 4-11 nm çaplı zirkonya nano partikülleri ve dolgu maddesinin arasındaki boşlukları dolduran zirkonya-silika nano kümeleridir (Ferruzzi ve ark., 2019; Peumans ve ark., 2016; Spitznagel ve ark., 2020; Zimmermann ve ark., 2018). Blokların üretimi sırasında, nano partiküllere silan uygulanması, nano partiküllerin rezin matriks ile kimyasal bağlanmasını sağlar. Lava Ultimate, yüksek ısı uygulanarak üretildiğinden, frezelenen sonra restorasyon elde edildiğinde, tekrar fırınlanma işlemine gereksinimi yoktur. Matriks kısmında, ürethan dimetakrilat (UDMA) bağlı fotopolimerizasyon yerine ısı ile polimerize olur (Atay ve Sağırkaya., 2020; Ruse ve Sadoun, 2014).

Lava Ultimate’in elastisite modülü dentine eş değer olduğundan, kırılma dayanıklılığı cam seramik materyallerden daha düşüktür. Düşük elastisite modülü sayesinde çiğneme kuvvetlerini daha iyi absorbe eder. Esnek yapısından dolayı, çiğneme işlemi sırasında “chipping” kıymık şeklinde atma ve çatlak oluşumuna karşı çok dirençlidir. Bu materyal, cam seramik materyallere benzer şekilde, iyi polisajlanma özelliğine sahiptir ve polisajlı yüzey özelliğini uzun süre korur. Lava Ultimate, spesifik kompozisyon ve üretim teknolojisine bağlı olarak, direkt kompozit rezin restoratif materyallerden daha yüksek kırılma dayanıklılığı ve aşınma direnci, içeriğindeki nano partiküller nedeniyle daha iyi cilalanabilirlik ve optik özelliklere sahiptir. Polimerik rezin matriks nedeniyle, materyal kırılma dayanıklıdır, şok emici özelliklere sahip ve kırılmaya dayanıklıdır (Koizumi ve ark., 2015; Lava™ Ultimate CAD/CAM restorative instructions for use, 2016; Shuman ve Ben Zev, 2015; Sönmez ve ark., 2018; 3M ESPE, 21 March 2018).

Lava Ultimate'in avantajları, restorasyonun kolay uyumlandırılması ve yeniden cilalanabilmesi, aşınma direncinin yüksek olması, lekelenmeye karşı dayanıklılığı, antagonist diş veya restorasyonda cam seramik materyale göre daha az aşındırma oluşturması, ilave fırınlama işlemine gerek olmadığı için laboratuvar işlemlerinin daha az zaman alması, yüksek bükülme dayanımı (200 MPa) göstermesi ve renklendirme işleminin ağız içi veya ağız dışında yapılabilmesidir. Lava Ultimate restorasyonların adeziv simantasyon işlemi sırasında, restorasyon iç yüzeyinin HF asit ile pürüzlendirilme işlemine gerek yoktur (Ferruzzi ve ark., 2019; Shuman ve Ben Zev, 2015; Sönmez ve ark., 2018; 3M ESPE, 21 March 2018).

Bu materyalin endikasyonları, inley, onley ve veneer restorasyonlarıdır. Lava Ultimate'in elastisite modülünün düşük olması, kron içinde elastik bir deformasyon oluşmasına ve bu stres konsantrasyonunun adeziv tabakaya iletilmesi ile desimantasyona sebep olur. Bundan dolayı, bu materyalin tam kron endikasyonu firma tarafından kaldırıldı (Atay ve Sağırkaya, 2020; Ferruzzi ve ark., 2019; Shuman ve Ben Zev, 2015; Sönmez ve ark., 2018; 3M ESPE, 21 March 2018).

1.2.3.2. Polimer İnfiltrasyonlu Seramik

2013 yılında VITA firması, pre-sinterlenen seramik ağına monomer karışımının infiltrasyon edilmesi ile elde edilen 'ENAMIC' isimli yeni bir materyali kullanıma sundu (Ruse ve Sadoun, 2014). VITA ENAMIC, CAD/CAM sistemleri için üretilen, monolitik restorasyon yapımında kullanılan bir materyaldir ve üretici firma tarafından polimer infiltrasyonlu seramik ağ (Polimer İnfiltrasyonlu Ceramic Network = PICN) şeklinde tanımlanır. Bu materyalle ilgili ilk çalışmalar, insan dişinin mine ve dentinine benzer umut verici mekanik özellikleri olduğunu gösterir (Li ve Sun, 2018; Steinbrenner, 2018).

VITA ENAMIC (VITA Zahnfabrik, BadSäckingen, Almanya), kompozit rezin restoratif materyalin dentine benzer elastisite modülü ile seramik materyalin estetik özelliklerini birleştirir. Mikroyapısal analizler PICN'lerin, birbirine bağlı ağlardan

(baskın bir seramik ve bir polimer) oluşan hibrit bir materyal olduğunu bildirir. Seramik ağ yapısı, feldspatik orijinli, l  sit esaslı faz ve güçlendirme bileşeni işlevi gören kristal h  linde zirkonyadan oluşur (Gierthmuehlen ve ark., 2019). Bu materyalin   retiminde, ilk olarak, önceden sinterlenmiş poröz feldspar seramik üretilir. Daha sonra bu poröz seramik a  a, kapiller hareket ile rezin infiltre edilir. Resin infiltre edilmeden önce seramik a   bir bağlayıcı ajan ile şartlandırılır. Böylece, polimer a  ı, interpenetre a   sistemini oluşturmak için seramik a   ile kimyasal çapraz ba   oluşturur. Kimyasal   artlandırılmı   poröz inorganik a  a, kapiller hareket ile çapraz bağlı polimerler (UDMA, TEGDMA) infiltre edilir. Isı ile polimerizasyon uygulanır, polimer infiltre seramik a   oluşumunu sağlayan polimer a   oluşturulur (Silva ve ark., 2017; Xu ve ark., 2017). Feldspatik seramik a  , ağırlığının %86'sını, hacminin %75'ini ve polimer a   ağırlığının %14'  n  , hacminin %25'ini oluşturur. Bu   ift ağ yapı sayesinde, materyalde çatlak ilerlemesi durdurulur. Materyalin seramik kısmının %63'  n   silika ve %23'  n   alüminyum oksit oluşturur, bunlar materyale sertlik özelliğini kazandırır. Seramik a   içeriği, SiO₂ (%58-63), Al₂O₃ (%20-23), Na₂O (%6-11), K₂O (%4-6), B₂O₃ (%0,5-2), CaO (<%1), Zr₂O (<%1)'den meydana gelir. Polimer a   ise, UDMA ve TEGDMA içerir. Polimer kısmı %66 üretan dimetakrilat (UDMA) ve %33 trietilen glikol dimetakriltan (TEGDMA) oluşur ve materyale elastikiyet özelliği verir (Silva ve ark., 2017; Spitznagel ve ark., 2020). PICN mekanik özelliklerinin ortalama değerleri, kompozit resin ve seramik materyaller için bildirilen değerler arasında değişir. Üreticinin verilerine göre, hibrit seramik materyalin esneme direnci 150-160 MPa, kırılma tokluğu 1,5 MPa m^{1/2}, elastisite modülü 30 GPa'dır. Bunun yanında, yüksek marjinal stabilite ve mine benzeri aşınma özelliklerinden dolayı güvenilir materyallerdir (Li ve ark., 2014; Silva ve ark., 2018).

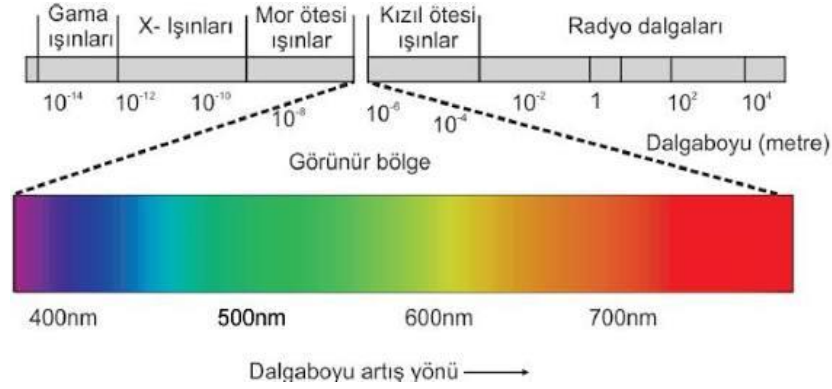
Bona ve arkadaşları (2014), VITA ENAMIC 'in karakterizasyonunu inceledi ve l  sit bazlı, zirkonya ile güçlendirilmiş seramik a  ın polimer içerikli a   ile i  ten ba  landı  ını ispat etti. Bu bulgular doğrultusunda, polimer infiltre edilmiş seramik a  ı içeren bu materyalin (VITA ENAMIC), kompozit resin ile seramik materyaller arasında özellikler taşıdığı sonucuna varıldı.

VITA ENAMIC'in avantajları, düşük kırılma göstermesi, çatlak/kırık olmadan ince bölgelerde şekillendirebilmesi, elastisite modülünün geleneksel seramiklerden daha yüksek olması, restorasyonların elmas frezlerle ve daha kısa sürede millenebilmesidir. VITA ENAMIC kron, inley, onley ve veneer restorasyon uygulamalarında endikedir. Ancak, sabit bölümlü protez, başka bir deyişle köprü restorasyonlarında ve parafonksiyonel durumlarda kontrendikedir (Sevmez ve ark., 2019).

Tez çalışmamızda VITA ENAMIC, VITABlocs Mark II ve Lava Ultimate CAD/CAM materyalleri kullanıldı.

1.3. Işık ve Renk

Işıma (radyasyon) tanımı, enerjinin dalga ya da parçacık biçiminde uzayda yayılmasıdır. Elektromanyetik ışımada tanımı ise, elektrik ve manyetik alan dalgalarının uzayda birlikte ışık hızıyla (c) ilerlemesidir. Elektromanyetik ışımada, iki dalga tepesi arasındaki uzaklığa dalga boyu (λ) denir ve metre (m), mikrometre (μm) veya nanometre (nm) ile ölçülür. Belli bir noktadan, 1 sn sürede geçen dalga sayısı ise o ışımada frekansıdır ve Hertz (Hz) ile ifade edilir. Elektromanyetik dalga frekansında dalga boyu ile tanımlanır. Frekans ekseninde, tüm elektromanyetik dalga türlerini bir arada gösteren çizelgeye elektromanyetik spektrum denir (Şekil1). Elektromanyetik ışımada, görünür ışık, kızıl ötesi ışınlar, X ışınları, gama ışını, radyo dalgaları, mikro dalga gibi farklı biçimleri vardır. Görünür ışık, nanometre ile ifade edilen dalga boylarından oluşan görülebilir elektromanyetik radyasyondur. İnsan gözü, 380-780 nm gibi dar aralıkta dalga boyuna duyarlıdır (Paravina ve Powers, 2004).



Şekil 1.1. Elektromanyetik spektrum

Rengin oluşmasında: ışık kaynağı (gözle görünebilir elektromanyetik ışıma oluşturabilen), nesne (ışığın belirli dalga boylarını emebilen ve yansıtabilen) ve gözlemcinin (dedektör veya renk ölçüm cihazı) etkileşimleri en önemli üç faktördür.

Renk, görme sisteminde cisimlerden yansıyan ışıklara cevap olarak ortaya çıkan bir algıdır. Bir cisim renk spektrumunda bulunan renklerden kendi rengi dışındaki bütün renkleri emer ancak kendi rengini yansıtır. Siyah renk, ışığın tüm dalga boylarını emerken, beyaz renk, tüm dalga boylarını yansıtır (Ghinea, 2013).

1.3.1. Işık Kaynağı

Bir cismin rengi, ışık kaynağı, gözlemci ve cismin kendisinin etkileşmesinin sonucu olarak ortaya çıkar. Güvenilir fiziksel bir kolorimetri sağlanabilmesi için bu üç faktörün niceliği belirlenmelidir. Işık kaynakları, spektral güç dağılımlarına (SPD = Spectral Power Distribution) göre nicelendirilir ve lambalar şeklinde standardize edilir. Kalorimetrik ölçümlerin, tekrarlanabilir olması için, ışık kaynağının aynı ışığı tekrar tekrar sağlayabilmesi gerekir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE= International Commission on Illumination) standardize spektral güç dağılımlarına sahip ışık kaynaklarının kullanılmasını önerir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu; CIE standart ışık kaynağının, D₆₅ ışık kaynağı olduğunu, ortalama gün ışığını temsil ettiğini ve ortalama 6500 K renk ısıya sahip olduğunu belirtir. CIE standart D₆₅ ışık kaynağı gün ışığının kullanılmasının gerektiği bütün renk hesaplamalarında kullanılır

(CIE, 2001). Diş hekimliği uygulamalarının neredeyse hepsinde, standart ışık kaynağı olarak CIE standart D₆₅ ışık kaynağı birinci seçenek olarak tercih edilir (Ghinea, 2013).

Farklı spektral yansımaya sahip olmalarına rağmen belirli ışık kaynağı altında aynı görünen renklere metamer, bu fenomene metamerizm denir. Metamerik renkler ışık kaynağı değiştiğinde farklı farklı algılanmaktadır. Dental materyaller ve diş yapısının rengi akkor lamba, floresan ışık veya gün ışığı altında farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, metamerizmin önlenmesi için, renk belirleme sırasında aydınlanma koşullarının standardize edilmesi gerekmektedir (O'Brien, 2002).

1.3.2. Spektrometre

Renk algılanmasını etkileyen en temel faktör, nesnelerin elektromanyetik dalga boylarının yansıtma ve emme özellikleridir. Bu özellikler renk ölçüm cihazları ile ölçülür. Bir renk ölçüm cihazı seçerken göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör vardır. Eğer spektral verilere gereksinim yoksa ve ölçüm sonuçlarının aynı komponentlerden oluşması gerekiyorsa, kolorimetre, spektrometre ve görüntüleme sistemleri kullanılabilir. Bu cihazlardan herhangi birini seçerken CIE standart ışık kaynağı ve gözlemci (dedektör) kombinasyonuna (sıklıkla CIE standart ışık kaynağının, D₆₅ ışık kaynağı ve CIE standart 2° dedektör) uygun şekilde tasarlanıp tasarlanmadığı dikkate alınmalıdır. Buna rağmen, diş hekimliğinde birçok uygulamada olduğu gibi, ölçümlerin büyük çoğunluğu spektral veri gerektirir. Spektral veriler şeklinde ölçümlerin en büyük avantajı, materyalin tutarlılığı hakkında bilgi edinilmesi ve potansiyel metamerizm problemlerinin tespit edilmesidir (Ghinea, 2013).

Radiometri: elektromanyetik radyasyonu; güç, polarizasyon, spektral içerik ve ışık kaynağı ile dedektör konfigürasyonu ile ilgili diğer parametreler şeklinde ölçen bilimdir. Optik radyasyonu ölçen cihazlara radiometre adı verilir. Bir nesnenin

özelliklerinin belirlenmesinde birçok radiometrik nicelik vardır. Bunlardan renk ölçümlerinde, irradyasyon (irradiance) ve özellikle radyasyon (radiance) ön plana çıkar. Radyasyon, bir kaynaktan saçılan (veya nesnenin yüzeyinden yansıyan) güç olması bakımından irradyasyondan farklılık gösterir. Spektral radyasyon dalgaboyuna bağlıdır. İnsan görme duyusu optik radyasyonu ölçülebilir şekilde algılasa bile çevresel faktörlerden çok etkilendiği için renklerin spesifikasyonunda her zaman aynı kalibrasyonu göstermeyebilir. Bu nedenle son yıllarda dental renk çalışmalarında spektroradimetrik ölçümler ilk seçenektir (Ghinea, 2013).

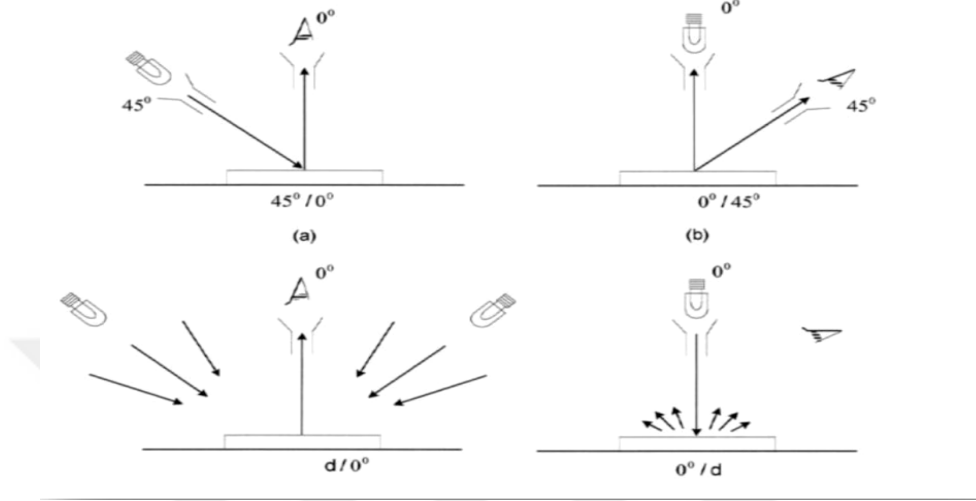
1.3.3. Ölçüm Geometrileri

Radyant enerjinin cisimlerle etkileşimi sadece basit bir spektral fenomenden ibaret değildir. Nesnelerin emdikleri ve yansıttıkları dalga boyları, sadece dalga boylarıyla ilişkili değildir, nesnenin aydınlatılması ve nesneye bakış (ölçüm) açısı ile de ilişkilidir. Bu nedenle, nesnelerin renkleri değerlendirilirken, standart ışık kaynağı ve standart gözlemciye ilaveten, nesneye bakış (ölçüm) açısı da standardize edilmelidir.

Herhangi bir nesneden kolorimetrik değerlendirme yapılacağı zaman influx (gelen ışık) açısı ve efflux (yansıyan ışık) açısı birlikte belirlenmelidir. CIE renk ölçümleri için, çift şekilde olacak şekilde, dört tane bakış (ölçüm) açısı belirlenir. Belirlenen bu çiftlerdeki ilk değer aydınlanma açısını, ikinci değer bakış (ölçüm) açısını gösterir (Ghinea, 2013).

Bu açılar aşağıdaki şekildedir:

- Diffüz (yaygın) / normal ($d/0^\circ$) ve normal / diffüz (yaygın) ($0^\circ/d$),
- 45° / normal ve normal / 45° (ISO / TR28642).

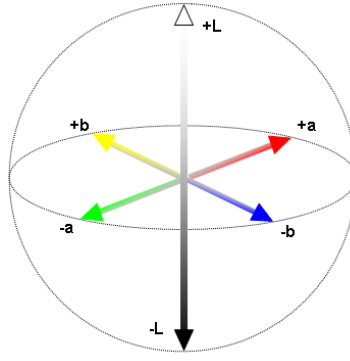


Şekil 1.2. Ölçüm açıları

1.3.4. CIE Lab Renk Sistemi ve Renk Farklılık Denklemleri

Renk kavramının karmaşıklığının açıklanabilmesi için, pek çok sistem geliştirildi. Ancak, uluslararası kabul edilebilirliği, güvenilirliği ve uygulama kolaylığı açısından, CIE Lab renk sistemi en çok tercih edilen sistemlerden biridir ve yaygın kullanılır. Bu sistem, 1976 yılında renk karakterizasyonunu insanların algılayabilmesi için, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından geliştirildi (Narendra ve Kaurani, 2010).

CIE Lab, uniform üç boyutlu renk sistemidir. L koordinatı parlaklığı, a ve b koordinatları rengin kromatik karakterini, a koordinatı kırmızılık veya yeşillik ve b koordinatı sarılık veya mavilik değerlerini ifade eder (Narendra ve Kaurani, 2010).



Şekil 1.3. CIE Lab renk sistemi

CIE Lab renk sisteminin en önemli avantajı iki örnek arasındaki renk değişikliğinin belirlenebilmesidir. Renk değişim büyüklüğü, ΔE ile ifade edilir. Renk farkı ΔE , renk uzayında iki nokta arasındaki cebirsel mesafedir. İncelenen materyaller için, tedavi öncesi ve sonrası veya iki ayrı zaman dilimi arasında rölatif (göreceli) renk değişimlerini gösterir (Narendra ve Kaurani, 2010).

Renk farkının belirlenmesinde, 1976 yılında geliştirilen CIELAB $\Delta E_{ab} = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$ birçok alanda ve uygulamada, geniş biçimde yer buldu. Bu formülde ΔL , Δa , Δb örneklerin belirli bir işlem öncesinde ve sonrasında ölçülen L, a, b değerlerinin farklarıdır (Narendra ve Kaurani, 2010).

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

CIELAB ΔE_{ab} renk farkı formülü, renk farklılıklarının uzay içinde üniform bir şekilde algılanabilmesi amacıyla tasarlandı. Ancak, bu amacı tam yerine getiremedi. CIELAB ΔE_{ab} formülünün sonuçlarında düzensizlikler tespit edildi. Renk farklılık ölçümlerinin üniformluğunun geliştirilmesi için zamanla CIELAB ΔE_{ab} formülünde değişikliklere gidildi. 2001 yılında, CIEDE2000 ismini verdikleri yeni bir renk farkı ölçüm formülü geliştirdi. Bu formül, 2004 yılında CIE tarafından tavsiye edilen renk farkı formülü olarak kabul edildi. CIEDE2000 formülü CIELAB ΔE_{ab} formülünün düzensizliklerini ortadan kaldırdı. ISO'nun 2011 tarihli ISO/TR 28642:2011 numaralı raporunda renk farklılıklarının hesaplanmasında standardizasyon için CIEDE2000 formülünün kullanılması önerildi (Ghinea, 2013; Sharma ve ark., 2005).

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^1}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C^1}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H^1}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C^1}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H^1}{K_H S_H}\right)} \quad (\text{CIEDE2000})$$

Formüldeki ağırlık fonksiyonları (S_L , S_C , S_H), L^1 , a^1 ve b^1 koordinatlarının konumlarının algılanan şiddet değişimlerinin toplam renk farkı olarak ayarlar. Parametrik faktörler (K_L , K_C , K_H) deneysel durumlar için, düzeltme unsurlarıdır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun tanımladığı, belirli durumlar altında bu parametrik faktörler formülde 1 olarak kabul edilir.

Bu faktörlerin, 1 kabul edilebilmesi için aşağıda belirtilen bütün şartların sağlanması gerekir:

- Işık kaynağı: CIE standart D₆₅ ışık kaynağı 1000 lx
- Gözlemci veya ölçüm cihazı: Normal görüşlü,
- Arka plan rengi: Uniform nötral gri,
- Gözlemlene modu: Herhangi bir örnek
- Örneğe uzaklık: Ölçüm cihazı ile arasında minimum mesafe,
- Örnek renk fark şiddeti: 0 ile 5 arasında herhangi bir CIELab birimi
- Örnek yapısı: Homojen bir renk sergileyen uniform yapıda olmalıdır (Sharma ve ark., 2005; Ghinea, 2013 ve ISO /TR28642).

Renk değerlerinin daha objektif şekilde belirlenmesi için, günümüzde spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihaz ölçümleri yaygın şekilde kullanılır. Bu cihazlar, CIELAB renk sistemini kullanır. Spektroradiometre, spektrofotometre ve kolorimetre gibi cihazlarla yapılan ölçümlerle elde edilen L, a ve b değerleri renkdeki değişimlerin kantitatif olarak değerlendirmesine olanak sağlar (Kursoğlu ve ark., 2014).

1.3.5. Renk Ölçüm Cihazları

Rengin belirlenmesi; ışık kaynağı, nesne ve dedektör ya da gözlemci arasındaki etkileşimin sonucu olarak ortaya çıkar. Görsel renk ölçümü ile karşılaştırıldığında, renk ölçüm cihazlarının, objektif olmaları, hassas olmaları ve verilerin sayılarla ifade edilebilmesi gibi avantajları vardır (Okubo ve ark., 1998).

Diş hekimliğinde, çeşitli amaçlarla ilk renk ölçüm cihazları, 1970 yıllarının başlarında kullanılmaya başlandı. Spektrofotometre, kolorimetre, spektoradiometre ve dijital kameralar, halen renklerin belirlenmesinde kullanılır. Bu cihazların rengi belirlemede kullandıkları renk sistemleri, sıklıkla Munsell renk sistemi, ya da CIE Lab renk sistemidir (Khashayar, 2013).

1.3.5.1. Spektrofotometre

Işığın, tam spektral güç dağılımı ölçülebildiği ve analiz edilebildiği için, spektrofotometreler, diş hekimliğinde rengin belirlenmesinde en net sonuç veren cihazlar olarak kabul edilir. Spektrofotometreler, yüzey renklerinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılır. Spektrofotometreler, bir obje tarafından yansıtılan ya da iletilen görünür enerjinin miktarını, her seferinde sadece bir dalga boyu olacak şekilde değer (value), parlaklık (chroma) ve ton (hue) için ayrı ayrı ölçer ve kaydeder. Bu cihazların dezavantajı, pahalı, komplike ve invivo kullanılmalarının zor olmasıdır. Spektrofotometrelerden elde edilen veriler, dental profesyonellerin kullanabileceği formlara dönüştürülür. Bu cihazlardan elde edilen ölçümler, genellikle dental renk skalalarındaki eşdeğerlerine dönüştürülür. İnsan gözüyle veya geleneksel tekniklerle yapılan ölçümlerle kıyaslandığında, spektrofotometreler netlikte %33'lük artış ve vakaların %93.3'ünde daha objektif uyum sağlar. Modern bir spektrofotometre; ışık kaynağı, giriş yarığı veya dedektör ve bilgisayar işleme ünitesinden oluşur. Dedektör, yansıyan ışığın miktarını, görülebilir ışık spektrumu içinde, 1-25 nm'lik aralıklarla ölçer. Bilgisayar işleme ünitesi kolorimetrik

koordinatları L, a ve b değerlerine çevirir (Chu ve ark., 2010; Khoo, 2015; Lehmann ve ark., 2010).

Spektrofotometrelerin, spektoradyometrelerden farkı, sabit bir ışık kaynağı içermeleridir. Kolorimetrelerden farklı olarak metamerizmi de değerlendirebilir (Stawarczyk ve ark., 2016).

1.3.6. Algılanabilir ve Kabul Edilebilir Renk Farkı Eşik Değerleri

Dental materyallerde, ΔE değerlerinin yorumlanabilmesi için, birçok çalışma yapıldı ve renk farkının algılanabilir (Perceptibility Tolerance=PT) ve kabul edilebilir (Acceptability Tolerance=AT) değerleri belirlenmeye çalışıldı. Çalışmalardan elde edilen ΔE değerleri tabloda verildi (Hamdan, 2009).

Çizelge 1.1. Algılanabilir (Perceptibility Tolerance=PT) renk farkı ile ilgili araştırmalar.

Araştırmacı	ΔE değerleri	Bulgular
Kuehni ve Marcus (1979)	1,0	In-vitro çalışmada, gözlemcilerin %50'si renk farkını algıladı
Seghi ve ark. (1989)	2,0	In-vitro çalışmada, gözlemcilerin hepsi porselen örneklerdeki renk farkını doğru algıladı.
Johnston ve Kao (1989)	3,7	In-vitro çalışmada, diş ile oral ortamda seçilen renk arasında, ortalama renk farkı tespit edilmedi.

Çizelge 1.2. Kabul edilebilir (Acceptability Tolerance=AT) renk farkı ile ilgili araştırmalar.

Araştırmacı	ΔE değerleri	Bulgular
Ragain ve Johnston (2000)	2,75	In-vitro çalışmada, gözlemcilerin neredeyse hepsi, bütün objelerdeki ΔE değişimini tespit etti.
Ruyter ve ark. (1987)	3,3	In-vitro çalışmada, gözlemcilerin yarısı, kompozit rezin restoratif materyal test örneklerinin, renk değişimlerinin kabul edilemez olduğunu belirtti.
Johnston ve Kao (1989)	6,8	In-vitro çalışmada, ortalama ΔE , oral ortamdaki dişin rengi ile kıyaslandığında, renk uyumsuz olarak değerlendirildi.

Çizelge 1.3. Klinik renk eşleşmesi tolerans değerleri (O'Brien, 2002).

Renk farkı (ΔE)	Klinik Renk Eşleşmesi
0-0,5	Kusursuz
0,5-1	Mükemmel
1-2	İyi
2-3,5	Klinik olarak kabul edilebilir
>3,5	Uyumsuz eşleşme

1.4. Dental Restorasyonlarda Renk Stabilitesi

Dental restorasyonların, uzun süreli kullanımlarının ön koşullarından biri, renk stabilitesidir. Renk stabilitesi, herhangi bir dental materyalin orijinal rengini kaybetmemesi ya da koruması olarak tanımlanır. Dental restorasyonlarda, renkte sonradan oluşan değişimler lekelenme ve yaşlanmaya bağlı ortaya çıkar (Chu ve ark., 2010; Schroeder ve ark., 2019).

Oral kavite dinamik bir ortamdır. Tükürük, mikroflora ve renkli besinlerin tüketimi, estetik materyallerin renk stabilitelerini etkileyebilir (Kang ve ark., 2020). Uygulanan restorasyonlar, oral kavitede, ısı, nem, besin ve sigara içme alışkanlığı gibi, birçok sebebe bağlı, renk değişimine karşı savunmasızdır (Arocha ve ark., 2014; Zanetti ve ark., 2019). Estetik dental materyallerin seçiminde, renk stabilite özelliği, fiziksel ve mekanik özellikler kadar önemlidir (Alkhadım ve ark., 2020; Narendra ve Kaurani, 2010).

1.4.1. Restorasyonların Renklenmeleri / Lekelenmeleri

Renk değişimi, genellikle iki sebeple oluşur. Biri plak akümüasyonu ve lekelenmeye bağlı dış (eksternal) renklenmelerdir. Bunlar, yüzey ve yüzey altındaki değişimlerin sebep olduğu bozukluklarla renklendirici ajanların etkileşimi ve penetrasyonu sonucu oluşur (adsorbsiyon). Diğer ise, restoratif materyalin derinlerinde fiziko-kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan iç (internal) renklenmelerdir (Kang ve ark., 2020; Schroeder ve ark., 2019).

Yüzey renklenmesi / lekelenmesi, genellikle çay, kahve, kola ve şarap gibi, içeceklerdeki renklendirici ajanların, materyal yüzeyine penetrasyonu sebebiyle oluşur (Roman ve ark. 2013; Seyidalıyeva ve ark., 2019).

Kompozit rezin restoratif materyallerin lekelenmeye hassas olmaları, rezin matriks yapının hidrofilik ya da hidrofobik doğasına bağlı, materyalin sıvı absorbe etme derecesiyle doğrudan ilişkilidir. Renk değişikliği veya lekelenme, restoratif materyalin yüzey pürüzlülüğünde önemli değişimlere sebep olan besinlerin kimyasal kompozisyonundan da etkilenebilir. Kompozit rezin, sıvı absorbe ederse, suyla birlikte renklenmeye sebep olabilen pigmentleri de absorbe edebilir (Ardu ve ark., 2017; Arocha ve ark., 2014; Schroeder ve ark., 2019).

1.4.2. Restorasyonların Yüzey Pürüzlülüğü

Estetik restoratif materyallerin daha uzun ömürlü olmasını sağlamak ve estetik görünümelerini arttırmak için bitirme ve parlatma işlemlerinin yeterli düzeyde yapılması gereklidir. Dental restorasyonlarda uygun biçimde bitirme ve cilalama işlemleri yapılmaması durumunda, karışık dişlerde veya restoratif materyallerde aşınma, materyalin direncinde azalma, plak birikimi, dişetinde iritasyon, artan yüzey boyanması ve restorasyonun görüntüsünde olumsuz etkiler oluşabileceği bildirilmiştir. Ağız içine uygulanan onarımların yüzey pürüzlülüğü, diş dokularının yanında çevre dokuların sağlığını da etkileyen önemli bir kriterdir. Özellikle servikal onarımların kötü bitirilmiş, parlatılmamış pürüzlü yüzeylerinde biriken plaklar periodontal problemlere de neden olabilmektedir. Yapılan araştırmalarda pürüzlü bir restorasyon yüzeyinin düzgün yüzeye oranla daha fazla plak ve plak içeriği barındırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca iyi parlatılmış restorasyonlarda, karışık yüzeylerden gelen aşındırıcı etkilerin daha az olduğu da bildirilmiştir (Alharbi ve ark., 2020; Milicevic ve ark., 2018; Üçtaşlı ve ark., 2008).

Dental materyallerin, eksternal renklemelerinin en önemli sebeplerinden biri materyalin yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü sırasında profilometre kullanıldığında, aritmetik ortalama pürüzlülük (Ra) değeri yüzey pürüzlülüğünü belirler. Yüksek Ra değerleri, daha pürüzlü yüzeyleri temsil eder. Yüzey pürüzlülüğü, materyalin bitirilmeme ve cilalanma işlemleri ile yakından ilişkilidir (Kursoğlu ve ark., 2014; Lin ve ark., 2013; Lu ve ark., 2005; Yondem ve ark., 2011). Restoratif materyallerin pürüzlü yüzeyleri, daha fazla plak tutma, daha fazla su emme ve besinlerin renklerini absorbe etme eğilimindedir. Buna karşılık, pürüzsüz bitirilen restorasyonlar, daha iyi renk stabilitesi sergiler (Narendra ve Kaurani, 2010; Scherrer ve ark., 2020).

Kursoğlu ve ark. (2014), seramik disklere farklı bitirme işlemleri uyguladıktan sonra, yüzey pürüzlülükleri ile renklenme = lekelenme arasındaki ilişkiyi inceledi. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) ile renklenme = lekelenme arasında, anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etti.

1.4.3. Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma İşlemi (HYY)

Ağız ortamının değişen durumlarına bağlı, materyallerin fiziksel özelliklerinde de değişimler ortaya çıkabilir. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi, materyallerin maruz kalabildiği klinik durumları taklit eden ve geçen zaman içinde restorasyonlarda meydana gelen renk değişimlerinin gözlenebileceği bir metottur (Ghavam ve ark., 2010; Pires-de-Souza, 2009).

Görünür ışık, ultraviyole ışık, ısı ve nem gibi fizikokimyasal etkenler, kompozit rezin restoratif materyaller üzerinde uzun zaman uygulandığında, sonucunda internal renk değişimleri gözlenebilir. Internal renk değişimlerinin, kısa sürede ortaya çıkarılması için, HYY işlemi uygulanır (Drubi-Filho ve ark., 2012).

Dental restoratif materyallerin, ağız ortamına uzun süre maruz kalmanın etkileri, HYY ile taklit edilebilir. HYY ile test edilen materyaller yüksek nem, ısı ve ultraviyole ışığa maruz bırakılır, başka bir deyişle hızlandırılmış iklimlendirme işlemine tabi tutulur. Bu işlem sayesinde, kısa sürede gerçekleştirilen HYY ile, normal şartlar altında uzun dönem kullanıma eşdeğer sonuçlar elde edilir (Hoorizad ve ark., 2017; Silami ve ark., 2016). HYY cihaz üreticileri, 384 saat iklimlendirmenin, normal şartlar altında 1 yıl klinik kullanıma eşdeğer olduğunu ve HYY işlemine bağlı renk değişiminin, ilk 100 ile 300 saat diliminde ortaya çıktığını belirtir. Bu metodun, klinik uygunluğu tam olarak bilinmemesine rağmen, dental materyallerin fiziksel değişimlerinin değerlendirilmesinde tercih edilir. Çünkü, HYY, klinik oral parametreleri, mümkün olduğunca, en yakın şekilde taklit etmektedir (Ghavam ve ark., 2010; Pires-de- Souza, 2009).

HYY işlemi, test edilen örneklerin yüzeylerinde bozulmalara sebep olduğunda, yüzey pürüzlülüğünü artırır ve zamana bağlı renk değişimlerinin belirlenmesini sağlar (Aguilar ve ark., 2012).

1.5. Tezin Hipotezi ve Amacı

Tez çalışmamızın hipotezi, üç farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyale, farklı renklendirme solusyonlarının, farklı bekleme sürelerinin ve 384 saat süre ile uygulanan HYY işleminin, yüzey pürüzlülük ve renk değişim değerlerini etkilemeyeceğidir.

Gerçekleştirilen kaynak tarama sonucunda, CAD/CAM sisteminde kullanılan, rezin matriks seramik materyallerin yüzey pürüzlülüğünü, renklendirici besinler karşısında ve HYY işlemi sonrasında bunların lekelenmelerini inceleyen kapsamlı kaynağa rastlanmadı. Araştırmalar, daha çok dental materyallerin mekanik özelliklerine odaklandığı için, restorasyonların renk değişimleri hakkında kısıtlı sayıda araştırma tespit edildi. Bu çalışmanın amacı, CAD/CAM sisteminde kullanılan, iki farklı yapıda rezin matriks seramik ve cam seramik materyalin lekelenmeye sebep olabilen farklı solusyonlar karşısında ve HYY işlemi sonrasında, olası yüzey pürüzlülük ve renk değişimlerinin değerlendirilmesi ve birbiri ile karşılaştırılmasıdır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarlarında ve T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Laboratuvarlarında gerçekleştirildi.

Çalışmamızda kullanılan CAD/CAM materyalleri (Resim 2.1) ve özellikleri;

Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Almanya), %20 rezin matriks içinde %80 oranında nano seramik partikül içeren yapıdadır.

VITA ENAMIC (VITA Zahnfabrik, Sackingen, Almanya), polimer infiltre edilmiş seramik ağ (PICN) yapıdadır.

VITABlocs Mark II (VitaZahnfabrik, Sackingen, Almanya), feldspatik cam seramik yapıdadır.



Şekil 2.1. CAD/CAM sistemlerine uygun, üç farklı materyale ait blokların görüntüleri.

Çizelge 2.1. Çalışmamızda kullanılan CAD/CAM materyalleri ve özellikleri

Materyal (Üretici Firma)	Tür	Renk	İçerik
VITA ENAMIC (VITA Zahnfabrik, Sackingen, Almanya)	Polimer İnfiltr Rezin Seramik	A ₂	%86 feldspatik seramik, %14 polimer (UDMA, TEGDMA)
VITABlocs Mark II (VITA Zahnfabrik, Sackingen, Almanya)	Cam Seramik	A ₂	%64 silikat dioksit (SiO ₂) %23 alüminyum oksit (Al ₂ O ₃)
Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Almanya)	Rezin Nano Seramik	A ₂	%80 nano seramik, %20 rezin (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA)

Yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimlerinin değerlendirilmesi için, fabrikasyon bloklardan 2 mm kalınlığında 10 mm çapında, 132 adet test örnekleri hazırlandı.

Farklı yapıda restoratif materyal bloklar ilk önce, Cerec 3 inlab (Dentsply, Sirona, Almanya) CAD/CAM sistemi ile 10 mm çapında silindir şeklinde hazırlandı. Sonra, bu silindirlerden hassas elmas kesici ile 2 mm kalınlığında test örnekleri elde edildi (Resim 2.2., Resim 2.3).



Şekil 2.2. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan Cerec 3 inlab (Dentsply, Sirona, Almanya) CAD/CAM sistemi.

Elde edilen 10 mm çapında, 2 mm kalınlığında disk şeklinde örneklerin, her iki yüzeyine üretici firmaların tavsiyeleri doğrultusunda mekanik cilalama işlemleri uygulandı. Cilalama işlemi için ilk önce, 10000 devir/dakika hızında dönen el aletiyle (NSK, Tokyo, Japonya) pembe renkte silikon karbit disk (Flexible diamond impregnated spirals, EVE Diacomp Plus Twist, EVE Ernst Vetter GmbH, Pforzheim, Almanya) kullanımıyla cila yapıldı. Daha sonra, 5000 devir/dakika hızında dönen el aletiyle daha küçük partiküllü gri renkte silikon karbit diskle (Flexible diamond impregnated spirals, EVE Diacomp Plus Twist, EVE Ernst Vetter GmbH, Pforzheim, Almanya) cilalama işlemi tamamlandı.



Şekil 2.3. 10 mm çapında x 2 mm kalınlığında hazırlanan disk şeklinde test örnekleri. Sağdan sola sırasıyla, VITA ENAMIC, Lava Ultimate, VITABlocs Mark II.

Her restoratif materyalden hazırlanan test örnekleri bekletildiği renklenme = lekelenme solusyonu ve hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemine göre alt gruplara ayrıldı.

Grup E (n=44): VITA ENAMIC test örnekleri.

Grup ED (n=11): VITA ENAMIC test örnekleri, distile su içinde bekletildi.

Grup EK (n=11): VITA ENAMIC test örnekleri, kahve solusyonu içinde bekletildi.

Grup EŞ (n=11): VITA ENAMIC test örnekleri, kırmızı şarap solusyonu içinde bekletildi.

Grup EY (n=11): VITA ENAMIC test örneklerine, hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulandı.

Grup M (n=44): VITABlocs Mark II test örnekleri.

Grup MD (n=11): VITABlocs Mark II test örnekleri, distile su içinde bekletildi.

Grup MK (n=11): VITABlocs Mark II test örnekleri, kahve solusyonu içinde bekletildi.

Grup MŞ (n=11): VITABlocs Mark II test örnekleri, kırmızı şarap solusyonu içinde bekletildi.

Grup MY(n=11): VITABlocs Mark II test örneklerine, hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulandı.

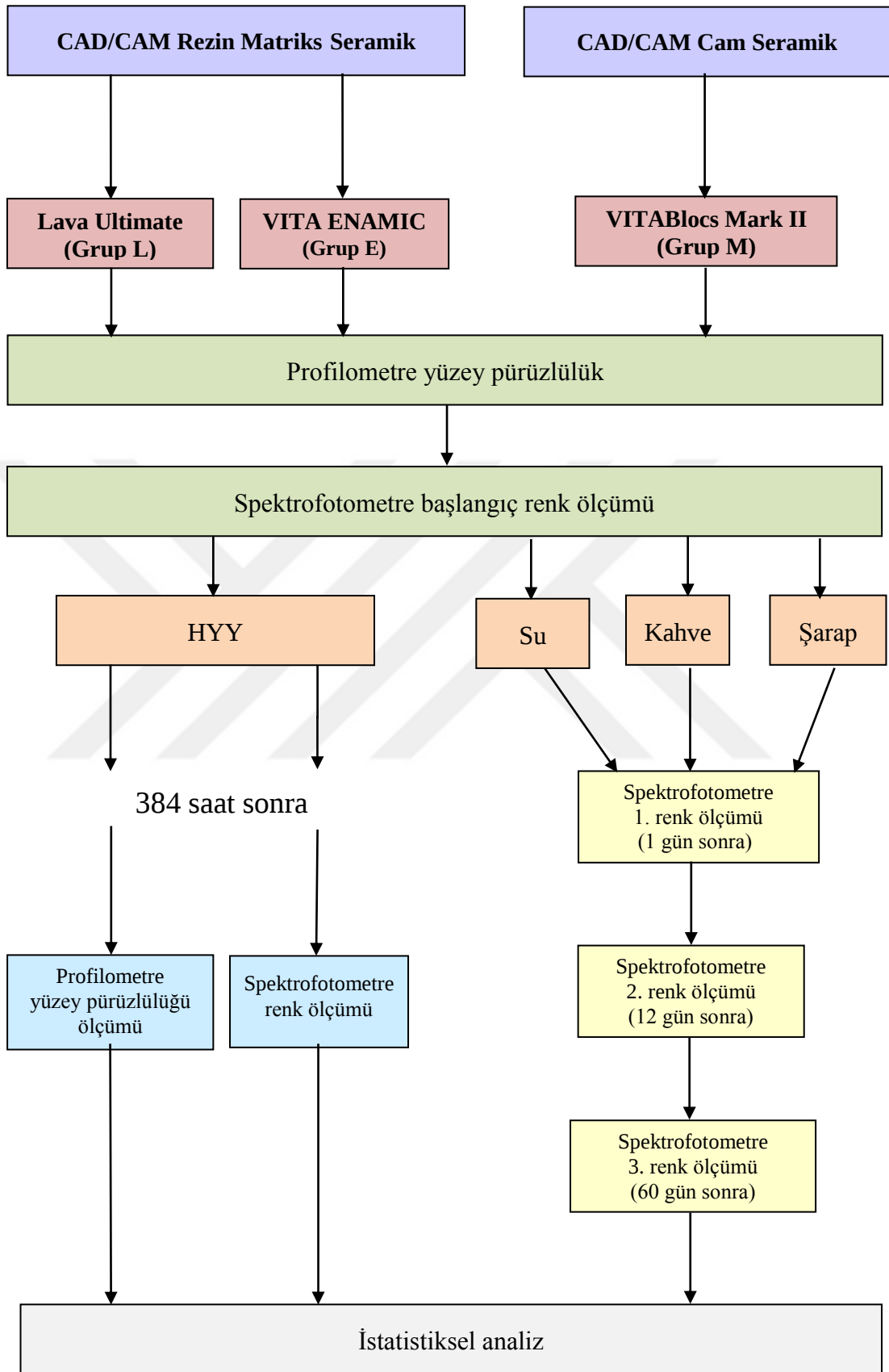
Grup L (n=44): Lava Ultimate test örnekleri.

Grup LD (n=11): Lava Ultimate test örnekleri, distile su içinde bekletildi.

Grup LK (n=11): Lava Ultimate test örnekleri, kahve solusyonu içinde bekletildi.

Grup LŞ (n=11): Lava Ultimate test örnekleri, kırmızı şarap solusyonu içinde bekletildi.

Grup LY (n=11): Lava Ultimate test örneklerine, hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulandı.



Şekil 2.4. Deneylerin akış şeması

Bitirme ve cilalama işlemleri biten test materyalleri, Grup E (VITA ENAMIC), Grup M (VITABlocs Mark II) ve Grup L (Lava Ultimate), 0.3 MPa basınç altında buhar uygulaması ile temizlendi, daha sonra 180 saniye süreyle ultrasonik temizleyicide bekletildi. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümleri için, her örnekten, üç farklı noktadan, profilometre ile (Perthometer M₂, Mahr, Almanya), (Resim 2,4), üç ölçüm gerçekleştirildi ve ortalama Ra değeri elde edildi.



Şekil 2.5. Çalışmamızda kullanılan profilometre cihazı (Perthometer M₂, Mahr, Almanya).

Yüzey pürüzlülüğü ölçülen test örneklerinin daha sonra spektrofotometre (Vita Easyshade Advance, VITA Zahnfabric, Almanya) ile başlangıç renk değerleri elde edildi. Renk ölçümleri, ISO/TR28642 standartlarına uygun D₆₅ ışık kaynağı, başka bir deyişle, gün ışığını temsil eden ışık kaynağı altında gerçekleştirildi. Çevre koşullarının standardize edilmesi amacıyla D₆₅ ışık kaynağı ile aydınlatılan renk ölçüm kutusu kullanıldı ve bütün ölçümler aynı kutunun içinde ve aynı ışık kaynağı altında yapıldı (Resim 2.5.). Her ölçümden önce, spektrofotometre üretici firmanın tavsiyeleri doğrultusunda kalibre edildi daha sonra ölçümler yapıldı. Her bir örnekten, üç ölçüm yapıldı L, a, b değerleri kaydedildi (Resim 2.6., Resim 2.7., Resim 2.8.). Başlangıç renk ölçümlerinden sonra, örnekler 24 saat süreyle herhangi bir işleme tabi tutulmadan bekletildi. 24 saat bekleme süresi, ölçüm öncesi, standart sürenin gerçekleşmesi amacı ile seçildi.



Şekil 2.6. Spektrofotometrik ölçümlerde kullanılan cihaz (Vita Easyshade Advance-VITA Zahnfabrik, Almanya) ve ölçümlerin yapıldığı D₆₅ ışık kaynağının bulunduğu ölçüm kutusu.



Şekil 2.7. Örneklerin renk değerlerinin spektrofotometre ile ölçülmesi.



Şekil 2.8. Örneklerin renk değerlerinin spektrofotometre ile belirlenmesi.



Şekil 2.9. Örneklerin L, a ve b değerlerinin spektrofotometre ile tespit edilmesi.

Eksternal renklenme için, kahve ve kırmızı şarap solusyonları, kontrol grubu için distile su kullanıldı. Her gruptan 11 adet örnek, ayrı ayrı distile su, kahve ve kırmızı şarap solusyonu içinde bekletildi. İnternal renklenmenin tespit edilmesi için, hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulandı. Her gruptan 11 adet örnek test edildi.

Kahve solusyonu (Nescafe Classic, Nestle, Türkiye), üreticinin tavsiyeleri doğrultusunda, 3.6 gr kahve 300 ml sıcak su ilave edilmesi ile hazırlandı. Solusyon 10 dakika süreyle karıştırıldı, sonra filtre kağıdından geçirildi. Örneklerin, 24 saat süreyle kahve solusyonu içinde bekletilmesi, 1 aylık kahve tüketimine karşılık gelir. Test örneklerinin, 12 gün, 60 gün kahve solusyonu içinde bekletilmesi ise sırasıyla, 1 yıl ve 5 yıl kahve tüketimine eşdeğerdir. Çalışmada, 1 ay, 1 yıl ve 5 yıl süre ile tüketilen kahve sonuçları değerlendirildi.

Kırmızı şarap solusyonu (Yakut, Kavaklıdere, Türkiye) içinde test örnekleri 1 gün, 12 gün ve 60 gün sürelerde bekletildi. Distile su içinde de test örnekleri 1 gün, 12 gün ve 60 gün sürelerde bekletildi.



Şekil 2.10. Test örneklerinin, 37°C sıcaklıkta, kahve, şarap ve distile su içinde, 1 gün, 12 gün ve 60 gün gibi belirlenen süreler boyunca bekletildiği inkübatör.

Spektrofotometre ile renk ölçümleri, örnekler solusyonda bekletilmeden önce, solusyonda 1 gün bekletildikten sonra, solusyonda 12 gün bekletildikten sonra ve solusyonda 60 gün bekletildikten sonra yapıldı. Renk ölçüm değerleri CIELab renk sistemine uygun şekilde, L, a, b değerleri şeklinde kaydedildi. Her bir örnekten, 3 ayrı noktadan spektrofotometre ile ölçüm yapıldı bu değerlerin ortalaması alındı, veriler kaydedildi.

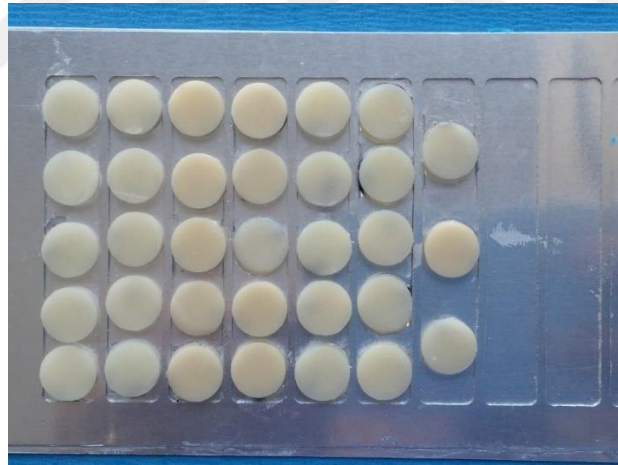
Renk ölçümleri arasında geçen zamanda, test örnekleri farklı solusyonlar içinde, 37°C sıcaklıkta inkübatörde bekletildi (Resim 2.9.). Test solusyonları, her 12 ± 1 saat sonunda karıştırıldı, solusyonlarda, bakteri ve maya kontaminasyonunun engellenmesi için, solusyonlar her 2 gün sonunda değiştirilip yenilendi.

HYY işlemi için, her bir gruptan 11 adet olmak üzere toplam 33 adet test örneği, HYY test cihazının, (Atlas UV2000 = Atlas Material Testing Solutions, Mount Prospect, Illinois, ABD) alüminyum plakalarına sabitlendi ve yoğuşma bölmesine yerleştirildi (Resim 2.10., Resim 2.11.). Örnekler ISO 7491 standardına uygun şekilde, 384 saat süreyle, 40 Watt, 280/320 nm ışımaya yapan, 8 adet UV-B ışık kaynağına, 50 mm mesafeden maruz bırakıldı. Örnekler, 4 saat süreyle 50°C ısıda

UV-B ışıması ve ardından 4 saat süreyle 50 °C ısıda yoğuşma uygulandı. 384 saat sürede gerçekleştirilen HYY işlemi, 1 yıllık klinik kullanıma eşdeğerdir.



Şekil 2.11. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma test cihazı (Atlas UV2000 = Atlas Material Testing Solutions, Mount Prospect, Illinois, ABD).



Şekil 2.12. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi uygulanacak test örneklerinin, cihaza yerleştirilmek üzere alüminyum plakalara sabitlenen görüntüsü.

HYY işlemi sonrasında, örneklerden spektrofotometre ile renk ölçümü ve profilometre ile ikinci defa yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirildi.

Olası renk değişimi, spektrofotometre ile elde edilen verilerden, yazılım vasıtasıyla ΔE_{00} CIEDE2000 formülü kullanımı ile hesaplandı (Çizelge 2.1.).

CIEDE2000 Formülü

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

Verilerin analizi, IBM SPSS Statistics 17.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, ABD) paket programında yapıldı. Sürekli sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygun dağılıp dağılmadığı, Kolmogorov Smirnov testi ile varyansların homojenliği, Levene testi ile araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler medyan (çeyrekler arası genişlik) şeklinde gösterildi.

Gruplar içerisinde yaşlandırma öncesi ile yaşlandırma sonrası ölçümler arasında, yüzey pürüzlülüğü yönünden farkın önemliliği Wilcoxon İşaret testiyle değerlendirildi. Gruplar arasında yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi yönünden anlamlı fark olup olmadığı Kruskal Wallis testi ile incelendi. Kruskal Wallis test istatistiği sonuçlarının önemli bulunması halinde, farka neden olan durumların tespit edilmesi amacıyla Conver çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Renk değişimi ile yüzey pürüzlülüğü arasında istatistiksel anlamlı ilişki olup olmadığı ise Spearman'ın Korelasyon testi ile araştırıldı.

Aksi belirtilmedikçe, istatistiksel değerlendirme %95 güven aralığında ($p < 0.05$) gerçekleştirildi. Ancak, olası tüm çoklu karşılaştırmalarda, Tip I hatanın kontrol edebilmesi için Bonferroni Düzeltmesi yapıldı.

3. BULGULAR

Tez çalışmamızda, test örnekleri bekletme solusyonlarına yerleştirilmeden önce, tüm test örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ölçüldü. Test edilen materyale ait, bekletme solusyonlarına yerleştirilmeden önce elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ve standart sapmaları Çizelge 3.1’de verildi.

Çizelge 3.1. Test edilen materyallere ait, distile su, kahve ve şarap bekletme solusyonlarına yerleştirilmeden önce ölçülen Ra (gruplara ve ortamlara göre başlangıç ortalama yüzey pürüzlülüğü) değerleri.

	Grup E	Grup M	Grup L	p-değeri
Distile su	0.25 (0.20-0.32) ^a	0.28 (0.25-0.36) ^b	0.55 (0.44-0.71) ^{a,b}	<0.001
Kahve	0.20 (0.19-0.25) ^a	0.28 (0.23-0.31) ^b	0.57 (0.39-0.71) ^{a,b}	<0.001
Şarap	0.24 (0.21-0.38) ^a	0.27 (0.22-0.43) ^b	0.74 (0.54-1.00) ^{a,b}	<0.001
p-değeri	0.386	0.832	0.408	

Veriler, medyan (çeyrekler arası genişlik) biçiminde gösterildi. Bekletilen solusyonlar her bir ortam içerisinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmalar, Kruskal Wallis testi, Bonferroni Düzeltmesine göre, $p<0.01$ için, sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi. Her bir grup içerisinde arasında yapılan karşılaştırmalar, Kruskal Wallis testi, Bonferroni Düzeltmesine göre, $p<0.01$ için, sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi,

a: Grup E ile Grup L arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$),

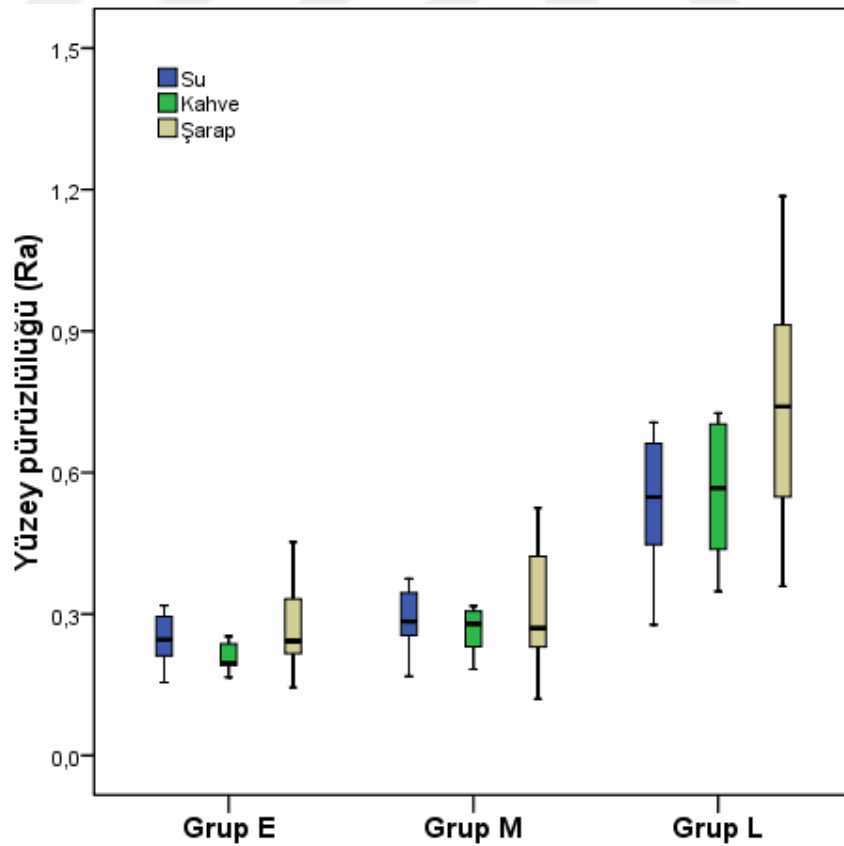
b: Grup M ile Grup L arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$).

Başlangıç Ra değerleri, her bir lekenme solusyonunda bekletilmeden örnekler arasında incelendiğinde aşağıdaki veriler elde edildi (Şekil 3.1).

Distile suda bekletilmeden önce; Grup ED, Grup MD ve Grup LD’de başlangıç Ra değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark tespit edildi ($p<0.001$). En yüksek Ra değeri Grup LD’de gözlemlendi. Grup ED ve Grup MD, birbirlerine yakın Ra değerleri sergiledi (D=Distile su).

Kahvede bekletilmeden önce; Grup EK, Grup MK ve Grup LK’deki başlangıç Ra değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark tespit edildi ($p<0.001$). En yüksek Ra değeri Grup LK’de gözlemlendi. Grup EK ve Grup MK, birbirlerine yakın Ra değerleri sergiledi (K=Kahve).

Şarapta bekletilmeden önce; Grup EŞ, Grup MŞ ve Grup LŞ’deki başlangıç Ra değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark tespit edildi ($p=0,00$). En yüksek Ra değeri Grup LŞ’de gözlemlendi. Grup EŞ ve Grup MŞ ise birbirlerine yakın Ra değerleri sergiledi (Ş=Şarap).



Şekil 3.1. Lekelenme solusyonlarında bekletilmeden önce test gruplarının Ra değerleri

Çalışmamızda, distile su, kahve ve şarap solusyonlarında, bekletme öncesi ve sırasıyla 1 gün, 12 gün ve 60 gün inkübatörde bekletilen örneklerden bekletme sonrası spektrofotometre ile yapılan ölçümlerden elde edilen L, a ve b değerleri, CIEDE2000 formülü yardımıyla hesaplanan, ΔE_{00} değerleri Çizelge 3.2’de verildi

Çizelge 3.2. Test grupları ve bekletildiği solusyonlara göre ΔE_{00} düzeyleri.

	Grup E	Grup M	Grup L	p-değeri
Başlangıç - 1.Gün				
<i>Su</i>	1.96 (1.22-5.00)	1.78 (1.36-3.31)	2.04 (1.09-2.68) ^a	0.746
<i>Kahve</i>	1.06 (0.50-5.96)	1.68 (0.85-2.65)	2.86 (1.08-3.92) ^b	0.584
<i>Şarap</i>	1.66 (1.65-1.96) ^A	1.29 (0.96-1.73) ^B	4.53 (4.23-5.19) ^{A,B,a,b}	<0.001
p-değeri	0.686	0.421	<0.001	
Başlangıç- 12.Gün				
<i>Su</i>	2.37 (1.56-5.01) ^a	1.60 (1.46-4.85)	2.71 (2.38-4.11) ^{a,c}	0.730
<i>Kahve</i>	4.23 (3.55-6.11) ^A	3.93 (3.26-5.50) ^B	8.58 (6.77-10.22) ^{A,B,c}	<0.001
<i>Şarap</i>	6.32 (5.63-7.70) ^{A,C,a}	4.91 (3.02-5.99) ^{B,C}	9.55 (8.60-10.54) ^{A,B,a}	<0.001
p-değeri	0.002	0.029	<0.001	
Başlangıç - 60.Gün				
<i>Su</i>	1.35 (0.84-5.20) ^a	1.48 (0.80-2.40) ^{a,c}	2.08 (1.25-3.17) ^{a,c}	0.505
<i>Kahve</i>	3.17 (2.80-8.05) ^{A,b}	3.81 (3.16-4.63) ^{B,b,c}	11.48 (9.76-12.21) ^{A,B,b,c}	<0.001
<i>Şarap</i>	13.5 (11.3-31.7) ^{a,b}	22.0 (12.9-28.8) ^{a,b}	20.6 (11.1-27.1) ^{a,b}	0.375
p-değeri	<0.001	<0.001	<0.001	
1.Gün - 12.Gün				
<i>Su</i>	2.00 (1.26-4.23) ^a	2.02 (1.31-2.73)	2.89 (1.98-3.66) ^{a,c}	0.303
<i>Kahve</i>	4.11 (2.31-5.10) ^A	2.33 (1.83-4.87) ^B	6.09 (5.45-7.77) ^{A,B,c}	0.003
<i>Şarap</i>	5.40 (4.75-7.25) ^a	4.78 (2.87-5.71)	5.25 (4.49-7.22) ^a	0.243
p-değeri	0.002	0.010	<0.001	
1.Gün - 60.Gün				
<i>Su</i>	2.32 (1.79-4.13) ^a	2.32 (1.56-2.77) ^a	2.94 (1.54-4.70) ^{a,c}	0.472
<i>Kahve</i>	3.22 (2.71-4.88) ^{A,b}	3.55 (2.96-4.17) ^{B,b}	7.82 (6.74-10.43) ^{A,B,b,c}	<0.001
<i>Şarap</i>	11.8 (9.9-31.5) ^{a,b}	21.9 (12.5-30.6) ^{a,b}	16.8 (11.9-23.0) ^{a,b}	0.522
p-değeri	<0.001	<0.001	<0.001	
12.Gün -60.Gün				
<i>Su</i>	3.22 (2.55-4.47) ^a	2.90 (2.08-3.90) ^a	4.35 (3.64-5.43) ^a	0.011
<i>Kahve</i>	4.40 (2.61-6.22) ^b	3.09 (2.81-4.49) ^b	3.90 (3.09-5.00) ^b	0.495
<i>Şarap</i>	8.9 (5.5-25.6) ^{a,b}	17.2 (10.8-26.3) ^{a,b}	12.5 (7.3-15.7) ^{a,b}	0.393
p-değeri	0.002	<0.001	<0.001	

Veriler; medyan (çeyrekler arası genişlik) biçiminde gösterildi. Her bir ortam içerisinde gruplar arasında yapılan karşılaştırmalar, Kruskal Wallis testi, Bonferroni Düzeltmesine göre, $p<0.003$ için sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi.

Her bir grup içerisinde ortamlar arasında yapılan karşılaştırmalar, Kruskal Wallis testi, Bonferroni Düzeltmesine göre, $p<0.003$ için sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi,

A: Grup E ile Grup L arasındaki fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$),

B: Grup M ile Grup L arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.001$),

C: Grup E ile Grup M arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.003$),

a: Su ile kahve arasındaki fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$),

b: Su ile şarap arasındaki fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$),

c: Kahve ile şarap arasındaki fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$).

Distile suda bekletilen, Grup ED, Grup MD ve Grup LD’de, başlangıç, 1. gün, 12. gün ve 60. gün sonunda, yapılan renk ölçümlerinden elde edilen L, a ve b değerlerindeki değişimi gösteren ΔE_{00} değerleri incelendiğinde, istatistiksel anlamlı fark tespit edilmedi (Bonferroni düzeltmesine göre $p<0,0028$).

Kahvede bekletilen, Grup EK, Grup MK ve Grup LK’de, başlangıç, 1. gün, 12. gün ve 60. gün sonunda yapılan renk ölçümlerinden elde edilen L, a ve b değerlerindeki değişimi gösteren ΔE_{00} değerleri incelendiğinde, 1. günün sonunda istatistiksel anlamlı fark tespit edilmedi ($p=0.58$). Ancak, 12. gün ve 60. gün bekleme süreleri sonunda yapılan ölçümlerden elde edilen verilerde, istatistiksel anlamlı fark tespit edildi ($p<0.001$).

İstatistiksel elde edilen farklar aşağıda yer alır:

Başlangıç ile 12. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, ($p=0,001$) en fazla renk değişimi, Grup LK’da gözlemlendi ($p<0.001$). Grup EK ve

Grup MK, Grup LK'dan iki kat daha az renk değişimi gösterdi. Grup EK ve Grup MK'daki renk değişimi birbirlerine eş değer saptandı.

Başlangıç ile 60. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, ($p=0,001$) en fazla renk değişimi, Grup LK'da gözlendi. Grup EK ve Grup MK, Grup LK'dan  kat daha az renk değişimi gösterdi. Grup EK ve Grup MK'daki renk değişimi birbirlerine eş değer saptandı.

1. gün ile 12. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre ($p=0,003$), en fazla renk değişimi Grup LK'da gözlendi. Grup EK ve Grup MK, Grup LK'dan daha az renk değişimi gösterdi. Ancak grup EK'daki renk değişimi, Grup MK'nın iki katıdır.

1. gün ile 60. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre ($p=0,001$), en fazla renk değişimi Grup LK'da gözlendi. Grup EK ve Grup MK, Grup LK'dan daha az renk değişimi gösterdi. Grup EK ve Grup MK daki renk değişimi birbirlerine eş değer saptandı.

12.gün ile 60. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, Grup EK, Grup MK ve Grup LK arasında istatistiksel anlamlı fark tespit edilmedi ($p=0.495$).

şarapda bekletilen, Grup Eş, Grup Mş ve Grup Lş'de, başlangıç, 1. gün, 12. gün ve 60. gün sonunda yapılan renk ölçümlerinden elde edilen L, a ve b değerlerindeki değişimi gösteren ΔE_{00} değerleri incelendiğinde; 1. günün sonunda ve 12. günün sonunda istatistiksel anlamlı fark tespit edildi. Ancak, 60. gün sonunda yapılan lmlerden elde edilen verilerde istatistiksel anlamlı fark tespit edilmedi ($p<0.001$).

İstatistiksel elde edilen farklar aşağıda yer alır:

Başlangıç ile 1. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, ($p<0.001$) en fazla renk değişimi, Grup Lş'de gözlendi. Grup Eş ve Grup Mş, Grup Lş'den

daha az renk değişimi gösterdi. Grup Eş ve Grup Mş deki renk değişimi birbirlerine eş değer saptandı.

Başlangıç ile 12. gün arasındaki ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre ($p<0.001$), en fazla renk değişimi Grup Lş’de gözlendi. Grup Eş ile Grup Mş’de birbirine benzer renk değişimi sergiledi.

Grup ED, Grup EK ve Grup Eş’nin başlangıçtan; 1. güne kadar olan ΔE_{00} değişimi incelendiğinde, istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Ancak başlangıdan 12. gün ve 60. gün sonuna kadar olan ΔE_{00} değişimleri incelendiğinde istatistiksel anlamlı fark tespit edildi.

İstatistiksel elde edilen farklar aşağıda yer alır:

Başlangıç ile 12. gün arasında, ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre; şarapta bekletilen Grup Eş, distile suda bekletilen Grup ED’den istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,02$).

Başlangıç ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre; distile suda bekletilen Grup ED ile kahvede bekletilen Grup EK istatistiksel benzer değişimler gösterdi, şarapta bekletilen Grup Eş diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p<0.001$).

1. gün ile 12. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, şarapta bekletilen Grup Eş, distile suda bekletilen Grup ED’den istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,02$).

1. gün ile 60. gün arasında, ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, distile suda bekletilen Grup ED ile kahvede bekletilen Grup EK istatistiksel olarak benzer değişimler gösterirken, şarapta bekletilen Grup Eş diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,00$).

12. gün ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, distile suda bekletilen Grup ED ile kahvede bekletilen Grup EK istatistiksel benzer değişimler gösterdi, şarapta bekletilen Grup EŞ diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,02$).

Grup MD, Grup MK ve Grup MŞ'nin başlangıçtan; 1. ve 12. güne kadar olan ΔE_{00} değişimi incelendiğinde istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Ancak, başlangıçtan 60. güne kadar olan ΔE_{00} değişimleri incelendiğinde, istatistiksel anlamlı fark tespit edildi.

İstatistiksel elde edilen farklar aşağıda yer alır:

1. gün ile 12. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, distile suda bekletilen Grup MD en az, kahvede bekletilen Grup MK daha fazla ve şarapta bekletilen Grup MŞ en fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,00$).

1. gün ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, distile suda bekletilen Grup MD ile kahvede bekletilen Grup MK istatistiksel benzer değişimler gösterdi, şarapta bekletilen Grup MŞ diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,00$).

12. gün ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerindeki değişime göre, distile suda bekletilen Grup MD ile kahvede bekletilen Grup MK istatistiksel benzer değişimler gösterdi, şarapta bekletilen Grup MŞ diğer iki gruptan istatistiksel olarak daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,00$).

Grup LD, Grup LK ve Grup LŞ'nin başlangıç ve 1., 12. ve 60. gün farklı solusyonlarda bekleme sonrası ΔE_{00} değişimleri incelendiğinde, istatistiksel anlamlı farklılık tespit edildi.

İstatistiksel elde edilen farklar aşağıda yer alır:

Başlangıç ile 1. gün arasında, ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD ile kahvede bekletilen Grup LK istatistiksel benzer değişimler gösterirken, şarapta bekletilen Grup LŞ diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,01$).

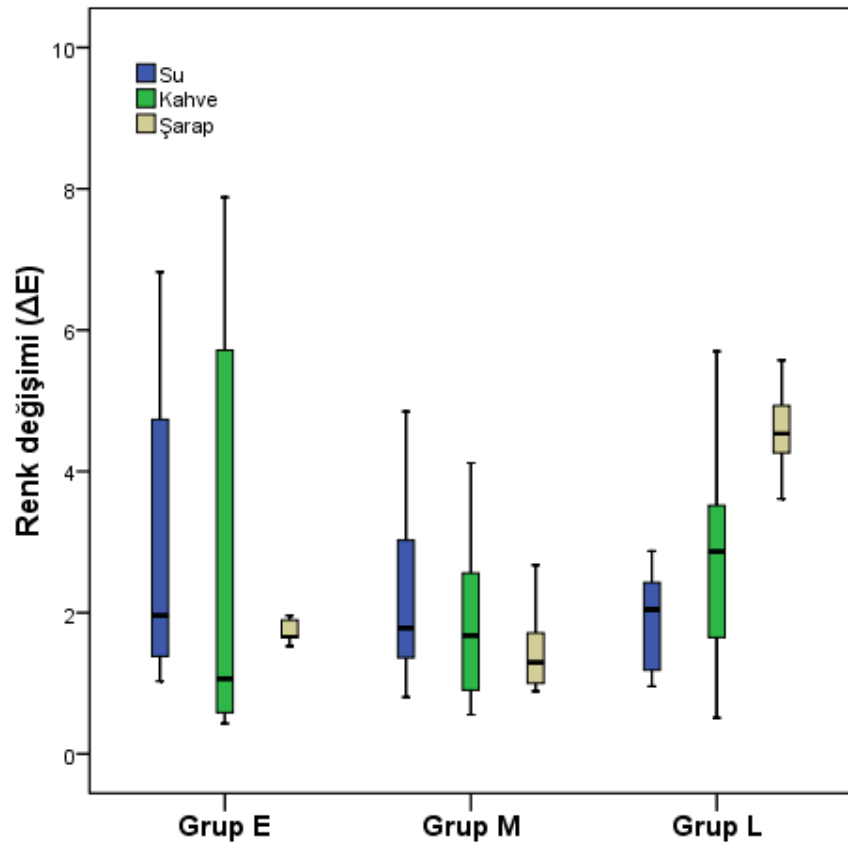
Başlangıç ile 12. gün arasında ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD, kahvede bekletilen Grup LK ve şarapta bekletilen Grup LŞ'den istatistiksel daha az renk değişimi gösterdi. Grup LK ile Grup LŞ'den elde edilen ΔE_{00} değerleri birbirine benzer saptandı ($p=0,00$).

Başlangıç ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD en az, kahvede bekletilen Grup LK daha fazla ve şarapta bekletilen Grup LŞ en fazla ΔE_{00} değişimi gösterdi ($p=0,00$).

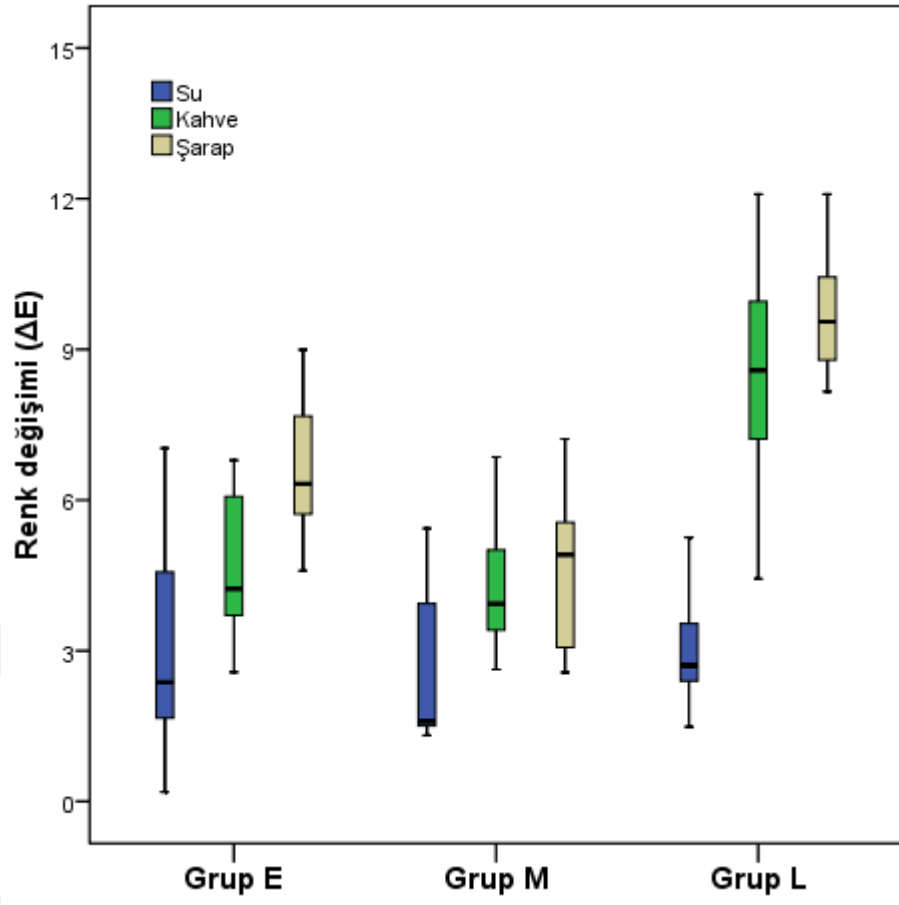
1. gün ile 12. gün arasında ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD, kahvede bekletilen Grup LK ve şarapta bekletilen Grup LŞ'den istatistiksel daha az renk değişimi gösterdi. Grup LK ile Grup LŞ'den elde edilen ΔE_{00} değerleri birbirine benzer saptandı ($p=0,00$).

1. gün ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD en az, kahvede bekletilen Grup LK daha fazla ve şarapta bekletilen Grup LŞ en fazla ΔE_{00} değişimi gösterdi ($p=0,00$).

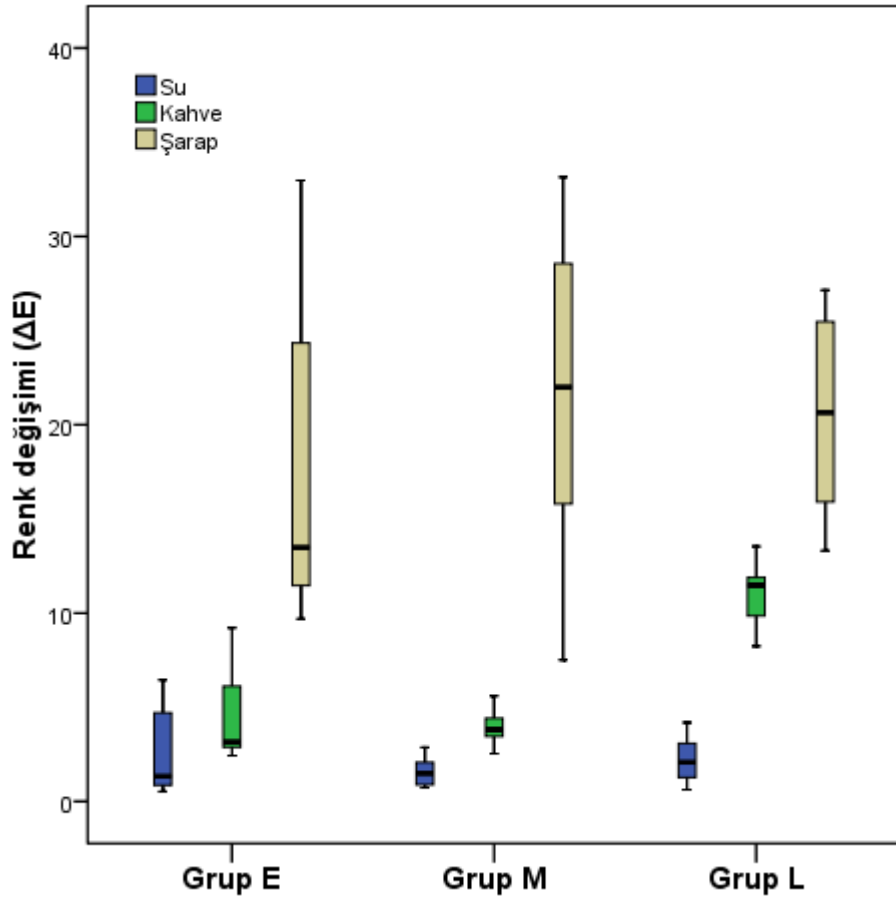
12. gün ile 60. gün arasında ΔE_{00} değerlerinde değişime göre, distile suda bekletilen Grup LD ile kahvede bekletilen Grup LK istatistiksel benzer değişimler gösterirken, şarapta bekletilen Grup LŞ diğer iki gruptan istatistiksel daha fazla renk değişimi gösterdi ($p=0,00$).



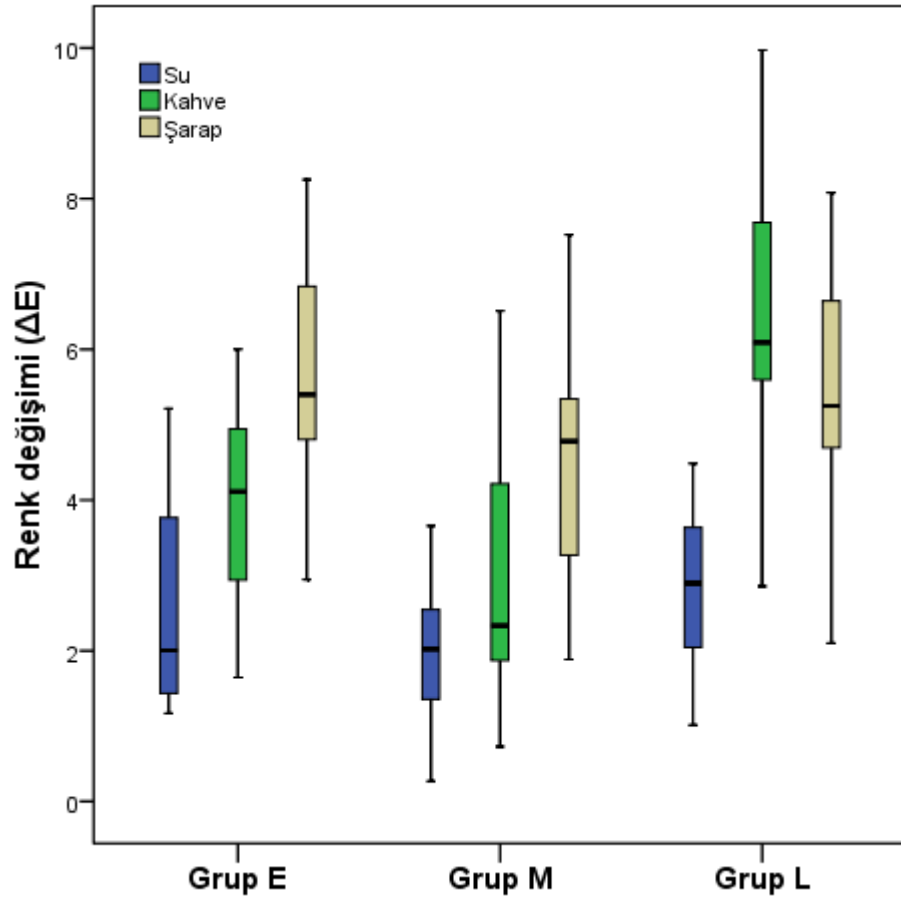
Şekil 3.2. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 1. gün arasındaki değişimi.



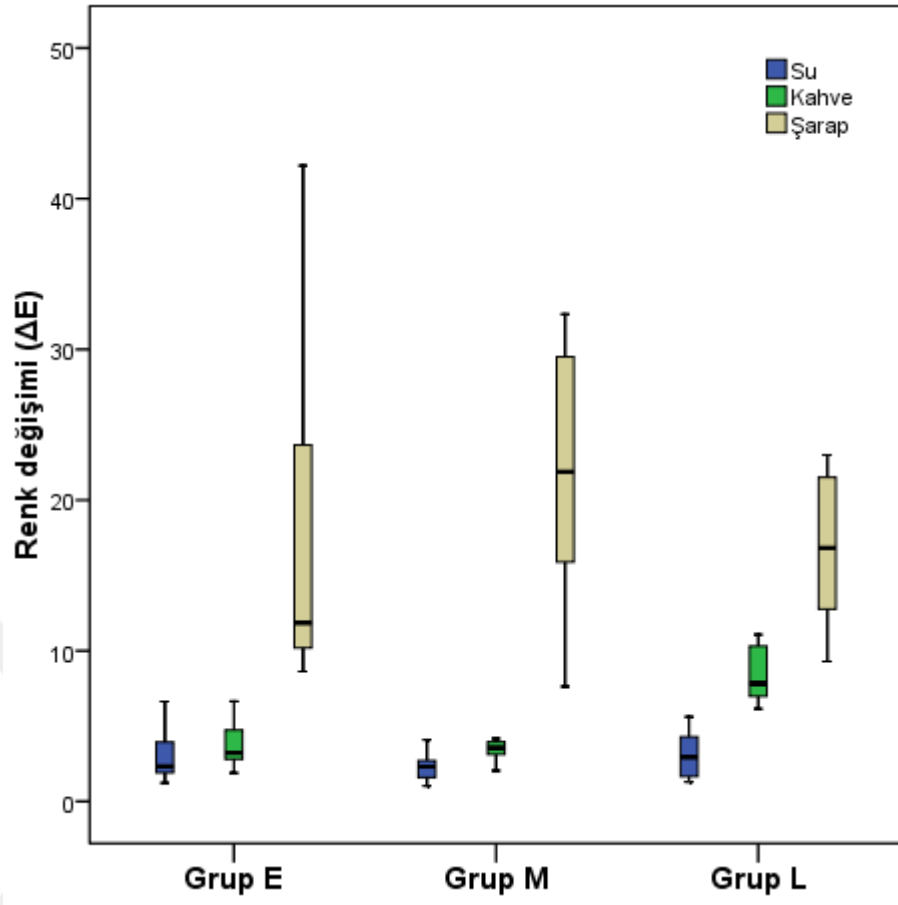
Şekil 3.3. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 12. gün arasındaki değişimi.



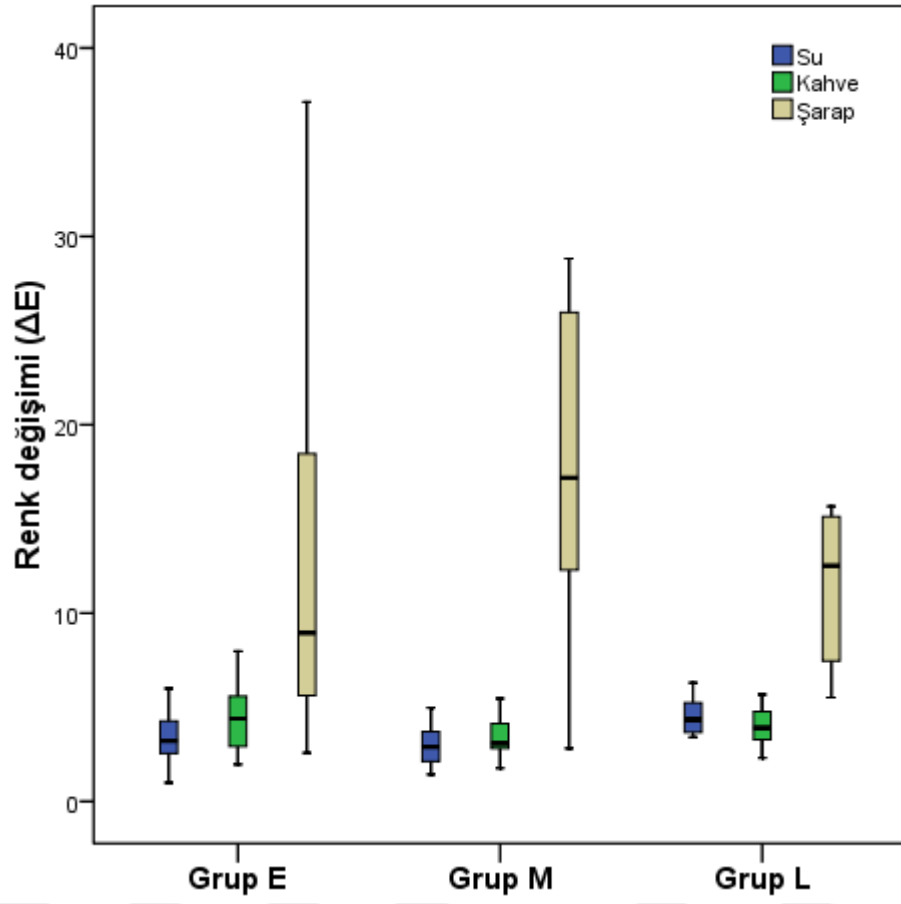
Şekil 3.4. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin Başlangıç ile 60. gün arasındaki değişimi.



Şekil 3.5. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 1. gün ile 12. gün arasındaki değişimi.



Şekil 3.6. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 1. gün ile 60. gün arasındaki değişimi.



Şekil 3.7. Lekelenme solusyonlarında bekletilen örneklerin ΔE_{00} değerlerinin 12. gün ile 60. gün arasındaki değişimi.

Çizelge 3.3. Test grupları ve bekletildiği solusyonlara göre Ra ile ΔE_{00} ölçümleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önemlilik düzeyleri.

	Grup E		Grup M		Grup L	
	<i>r-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>r-değeri</i>	<i>p-değeri</i>	<i>r-değeri</i>	<i>p-değeri</i>
Başlangıç - 1.Gün						
<i>Su</i>	-0.136	0.689	0.018	0.958	0.745	0.008
<i>Kahve</i>	-0.310	0.354	0.469	0.145	-0.136	0.689
<i>Şarap</i>	0.309	0.355	-0.027	0.937	-0.645	0.032
Başlangıç - 12.Gün						
<i>Su</i>	0.364	0.272	0.345	0.298	0.182	0.593
<i>Kahve</i>	0.469	0.145	0.378	0.252	-0.082	0.811
<i>Şarap</i>	-0.191	0.574	0.527	0.096	0.300	0.370
Başlangıç - 60.Gün						
<i>Su</i>	-0.073	0.832	-0.127	0.709	-0.027	0.937
<i>Kahve</i>	-0.260	0.441	-0.123	0.719	0.045	0.894
<i>Şarap</i>	0.491	0.125	-0.155	0.650	-0.164	0.631
1.Gün - 12.Gün						
<i>Su</i>	0.200	0.555	0.027	0.937	0.091	0.790
<i>Kahve</i>	-0.032	0.926	-0.519	0.102	-0.018	0.958
<i>Şarap</i>	0.082	0.811	0.527	0.096	0.618	0.043
1.Gün - 60.Gün						
<i>Su</i>	-0.027	0.937	-0.236	0.484	0.409	0.212
<i>Kahve</i>	0.123	0.719	-0.273	0.416	0.136	0.689
<i>Şarap</i>	0.636	0.035	-0.136	0.689	0.009	0.979
12.Gün - 60.Gün						
<i>Su</i>	0.264	0.433	0.182	0.593	-0.091	0.790
<i>Kahve</i>	-0.077	0.821	-0.036	0.915	-0.027	0.937
<i>Şarap</i>	0.645	0.032	-0.191	0.574	-0.155	0.650

Spearman'ın korelasyon testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0.001$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Hızlandırılmış Yapay Yaşlandırma (HYY) işlemi uygulanan, Grup EY, Grup MY ve Grup LY test gruplarının, kendi içlerindeki deney öncesi ve deney sonrası Ra değerlerinin değişimleri incelendiğinde elde edilen bulgular Çizelge 3.4 de verildi.

Çizelge 3.4. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası gruplara ait Ra değerleri

	Başlangıç	HYY	p-değeri	Değişim	p-değeri
Gruplar					0.535
E	0.20 (0.17-0.26)	0.21 (0.18-0.25)	0.689	0.02 (-0.07 - 0.06)	
M	0.23 (0.16-0.40)	0.28 (0.20-0.39)	0.894	-0.003 (-0.18 - 0.18)	
L	0.16 (0.09-0.17)	0.19 (0.15-0.26)	0.155	0.02 (-0.04 - 0.18)	

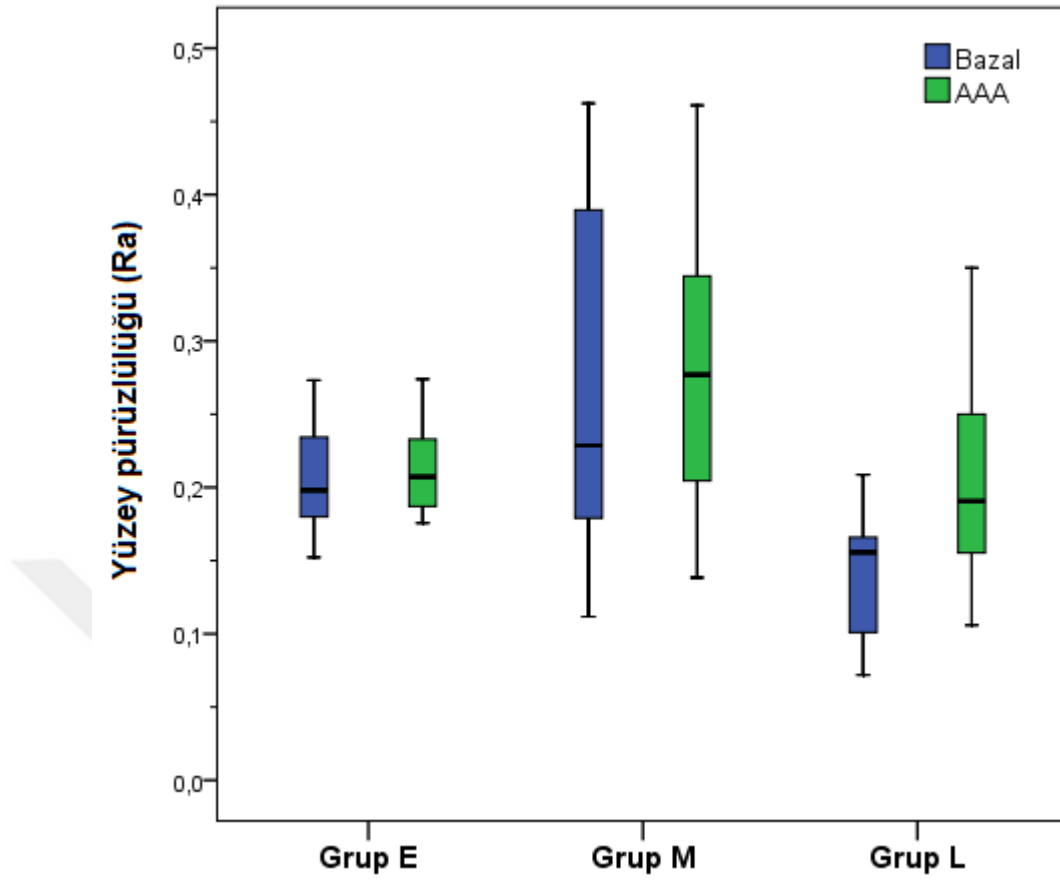
Veriler; medyan (çeyrekler arası genişlik) biçiminde gösterildi. Gruplar içerisinde başlangıç ile HYY uygulanan karşılaştırmalar, Wilcoxon İşaret testi, Bonferroni Düzeltmesine göre sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi ($p<0.001$). Gruplar arasında, başlangıç ile HYY işlemi sonrası, medyana gelen değişim yönünden yapılan karşılaştırma, Kruskal Wallis testi sonucunda istatistiksel anlamlı tespit edildi ($p<0.05$).

Grup EY’de, HYY işleminin yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde istatistiksel anlamlı etki saptanmadı ($p=0,689$).

Grup MY’de, HYY işleminin yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde, istatistiksel anlamlı etki saptanmadı ($p=0,894$).

Grup LY’de, HYY işleminin yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde, istatistiksel anlamlı etki saptanmadı ($p=0,155$).

HYY işlemi uygulanan test örneklerinde, gruplar arasında yaşlandırma öncesi ve sonrası, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerindeki değişim, birbirine benzer saptandı ($p=0,535$) (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. HYY işlemi öncesi ve sonrası, test edilen grupların kendi içlerinde ve gruplar arasında ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

HYY işlemi uygulanan test gruplarında, başlangıç ve 384 saat sonra renk ölçümlerinden elde edilen L, a ve b değerlerinden elde edilen verilerle hesaplanan ΔE_{00} değerlerindeki değişim incelendiğinde, istatistiksel anlamlı fark elde edildi ($p < 0.001$). ΔE_{00} 'de en fazla değişim Grup LY'da, bunu takiben Grup EY'da izlendi. En az renk değişimi, grup MY'da gözlemlendi (Çizelge 3.5 ve Şekil 3.9).

Çizelge 3.5. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası gruplara ait ΔE_{00} değerleri

	ΔE_{00}
Grup E	1.92 (1.58-2.53) ^{a,b}
Grup M	1.31 (1.10-1.85) ^{a,c}
Grup L	6.13 (5.69-6.20) ^{b,c}
p-değeri	<0.001

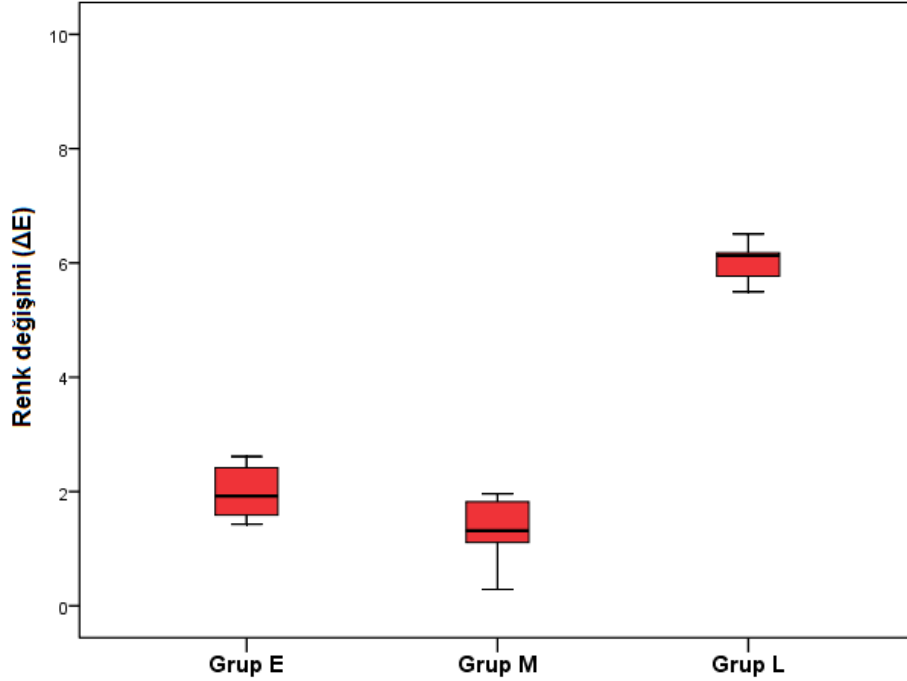
Veriler; medyan (çeyrekler arası genişlik) biçiminde gösterildi.

Kruskal Wallis testi uygulandığında:

a: Grup E ile Grup M arasında fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$),

b: Grup E ile Grup L arasında fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$),

c: Grup M ile Grup L arasında fark istatistiksel anlamlı ($p<0.001$) tespit edildi.



Şekil 3.9. HYY işlemi öncesi ve sonrası, grupların kendi içlerinde ve gruplar arasında ΔE_{00} değerlerinin değişimleri

Hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulanan örneklerin hepsinde ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) ve renk değişikliği (ΔE_{00}) değerleri arasında korelasyon incelendiğinde, başlangıç ile 384 saat sonra HYY arasında, istatistiksel anlamlı fark tespit edilmedi ($p=0,87$).

HYY işlemi uygulanan grupların kendi içlerinde ΔE_{00} ve R_a değerlerindeki değişimler incelendiğinde elde edilen bulgular (Çizelge 3.6. ve Şekil 3.10):

Grup EY’da ΔE_{00} ile R_a değeri arasında korelasyon tespit edilmedi ($p=0,355$).

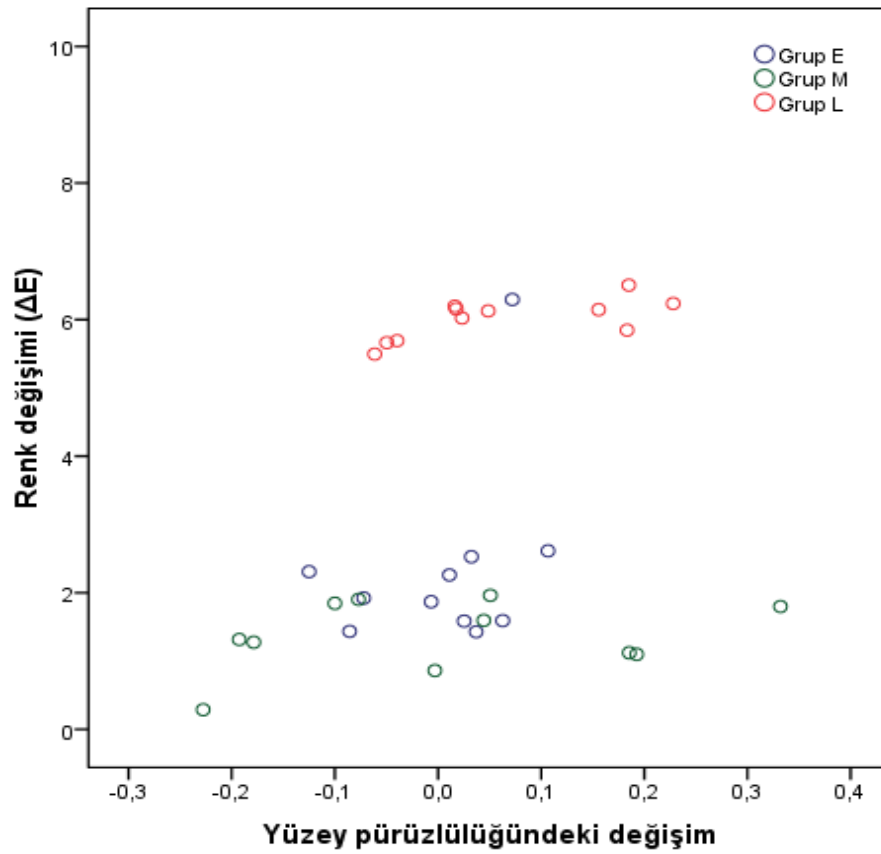
Grup MY’da ΔE_{00} ile R_a değeri arasında korelasyon tespit edilmedi ($p=0,574$).

Grup LY’da ΔE_{00} ile R_a değeri arasında korelasyon tespit edilmedi ($p=0,015$).

Çizelge 3.6. Başlangıç ve HYY işlemi sonrası, renk değişimi (ΔE_{00}) ile ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değişim değerleri arasında korelasyon katsayıları ve önemlilik düzeyleri.

	n	Korelasyon katsayısı	p-değeri
Grup E	11	0.309	0.355
Grup M	11	0.191	0.574
Grup L	11	0.709	0.015
Genel	33	0.302	0.087

Spearman'ın korelasyon testi, Bonferroni Düzeltmesine göre $p < 0.017$ için sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi $p < 0.05$ için sonuçlar istatistiksel anlamlı kabul edildi.



Şekil 3.10. HYY işlemi sonrası, test gruplarında ΔE_{00} ile R_a değerlerinin değişimi.

4. TARTIŞMA

Estetik restorasyonlarda önemli başarısızlık sebeplerinden biri, restorasyon yüzeylerinin pürüzlenmesine bağlı lekelenmesi ve renk stabilitesini koruyamamasıdır. Renk stabilitesi, herhangi bir dental materyalin orijinal rengini kaybetmemesi ya da koruması olarak tanımlanır. Restorasyonların renk değişimine uğramaları, yüzey pürüzlülüklerinde değişimler, dental plak akumülasyonu, lekelenme yapan ajanlara bağlı pigmentasyon, su absorpsiyonu ve dehidratasyon gibi farklı sebeplerle açıklanır.

CAD/CAM teknolojilerinin ve materyallerin gelişmesi ve kullanımlarının artması, bu sistemlerde kullanılan restoratif materyallerin optik özelliklerinin incelenme gereksinimlerini artırır (Arocha ve ark., 2014; Chu ve ark., 2010). Tez çalışmamızda, CAD/CAM sistemlerinde kullanılan üç farklı yapıda CAD/CAM materyalinin, yüzey pürüzlülüklerinin lekelenme üzerine etkisi profilometre ve spektrofotometre test teknikleri ile incelendi.

Güth ve ark. (2013), farklı içerikli 16 indirekt kompozit rezin materyalin optik özelliklerini değerlendirdi ve kontrol grubu olarak mükemmel ve tekrarlanabilir optik ve estetik özelliklerinden dolayı VITABlocs Mark II cam seramik kullandı. Tez çalışmamızda, kontrol grubu olarak VITABlocs Mark II cam seramik tercih edildi.

CAD/CAM materyallerinde, standart üretilen blok boyutları, 10x12x15 mm boyutlarındadır ve bu nedenle, çalışmamızda, test örnekleri 10 mm çapında hazırlandı. İndirekt üretilen birçok polimer materyal için, üretici firmalar tarafından, en az 1mm kalınlık tavsiye edilir. İndirekt restorasyon kalınlığı, 0.5 mm ila 2.0 mm arasında farklı kalınlıklarda hazırlanır, test ölçümlerinde standardizasyon sağlanması için çalışmamızda test örnekleri 2mm $\pm$ 0.03mm kalınlığında hazırlandı ve polisaj yapıldı. Stawarczyk ve ark. (2012), CAD/CAM teknolojisinde kullanılan, farklı kompozit rezin polimerler ile cam seramik materyallerin renklenmelerini inceledikleri çalışmalarında, örnek boyutlarını, ISO 4049'a uygun, 15 mm çapında ve

1 mm kalınlığında hazırladı. Arocha ve ark. (2014), Lava Ultimate ve Paradigm isimli CAD/CAM rezin materyallerin renklemelerini değerlendirdikleri çalışmalarında örnek boyutlarını, çalışmamızda olduğu gibi 10 mm çapında ve 2mm kalınlığında hazırladı.

Restoratif materyallerin lekelenme dirençlerinin değerlendirildiği çalışmaların çoğunda örnekler ya hiç cilalanmamış ya da aynı teknikle cilalanmıştır. Ancak, farklı materyaller, aynı teknikle cilalandığında, farklı yüzey pürüzlülükleri kazanır (Lu ve ark., 2005). Tez alışmamızda, test edilen VITABlocs Mark II cam seramik materyale glaze işlemi uygulanabilmesine rağmen, diğer iki grup Lava Ultimate ve VITA ENAMIC, glaze işlemine gerek duymaz. Çalışmamızda, bütün test gruplarının bitirme işlemlerinin standardizasyonu için, önce 10000 devir/dakika dönen el aletiyle (NSK, Tokyo, Japonya), pembe silikon karbid lastik disk (Flexible diamond impregnated spirals, EVE Diacomp Plus Twist, EVE Ernst Vetter GmbH, Pforzheim, Almanya) ile, daha sonra 5000 devir/dakika dönen el aletiyle (NSK, Tokyo, Japonya), küçük partiküllü gri disk (Flexible diamond impregnated spirals, EVE Diacomp Plus Twist, EVE Ernst Vetter GmbH, Pforzheim, Almanya) ile bitirme ve cilalama işlemi yapıldı.

Çalışmamızın yüzey pürüzlülük ölçümleri, literatürde çok sayıda çalışmada olduğu gibi, profilometre kullanımı ile belirlendi (Kursuoğlu ve ark., 2014; taşlı ve ark., 2008). Ölçümler sonunda, istatistiksel değerlendirmeler, elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri ile gerçekleştirildi.

Yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip, başka bir deyişle yüksek Ra değerine sahip dental restorasyonların, zaman içerisinde daha fazla renk değişimine uğradığı belirtilir (Kursuoğlu ve ark., 2014; Rashid, 2014).

Lu ve ark. (2005), dört farklı indirekt kompozit rezin materyali belli sürelerle kahve solusyonu içinde beklettikten sonra yüzey pürüzlülükleri ile zamana bağlı lekelenmeleri, spektrofotometrik ve profilometrik lmlerle inceledikleri çalışmalarında, yüzey pürüzlülüğü ile lekelenme arasında korelasyon olduğunu tespit

etti. Pürüzlü yüzeye sahip test örneklerinde daha fazla lekelenme izlenirken, daha az pürüzlü yüzeye sahip test örneklerinde daha az lekelenme saptandı. Ayrıca, kahvenin dental materyaller üzerinde, renklenme = lekelenme yapıcı etkisi tekrar doğrulandı.

Kursoğlu ve ark. (2014), dental seramik materyallerin yüzey yapıları ile lekelenmeleri arasındaki korelasyonu inceledikleri araştırmalarında, cilalama ile bitirilen seramik yüzeylerinin, glaze işlemi ile elde edilen kadar pürüzsüz olmadığını ve bu yüzeylerin lekelenmeye daha yatkın olduğunu, artan yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ile lekelenmenin arttığını ifade eder. Çalışmamızda, VITABlocs Mark II, feldspatik seramik materyale, ilave ısı uygulaması ile glaze işlemi uygulanmadı, test edilen diğer iki materyale uygulanan bitirme ve cilalama işlemi uygulandı. Bu nedenle, VITABlocs Mark II ile Vita ENAMIC ve Lava Ultimate birbirlerine benzer yüzey pürüzlülük değerleri sergiledi (Tablo 3.3). Çalışmamızda renk stabilite için hazırlanan test örnekleri incelendiğinde, Lava Ultimate test örneklerinin başlangıç yüzey pürüzlülük değerleri, VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II pürüzlülük değerlerinden daha yüksek tespit edildi (Çizelge3.1).

Ghinea ve ark. (2011), farklı kompozit rezin restoratif materyallerin yüzey pürüzlülükleri ile farklı solusyonlarda bekletilme sonrası renk değişimlerini inceledikleri çalışmalarında, cilalama işlemleri sonrasında yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olan kompozit rezin restoratif materyallerin zaman içerisinde daha fazla lekelenme gösterdiklerini ifade eder ve yüzey pürüzlülüğü ile lekelenmenin doğru orantılı olduğunu bir kez daha açıklar. Direkt restoratif materyaller için geçerli olan, artan yüzey pürüzlülük değeri, artan lekelenme ile sonuçlanır hipotezi, çalışmamızdan elde edilen sonuçların ışığı altında, indirekt restoratif materyaller içinde geçerlidir.

İç (intrinsik) lekelenme, materyalin kendi yapısındaki değişimlerden meydana gelir. Bu bağlamda, rezin matriks yapı, hidrofobik veya hidrofilik olması, doldurucu tipi, yapısı, boyutu, lekelenme oluşumunda etkilidir. Örneğin, trisiklodekan (TCD) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi üretan grupları içeren monomerler, Bis-GMA içeren gruplara göre lekelenmeye daha dirençlidir. Bu durum, Bis-GMA içeren

materyallerin, düşük viskozite ve su absorpsiyon özellikleri ile açıklanır (Alharbi ve ark., 2017).

Hem polimer infiltre seramik materyaller (VITA ENAMIC) hem de rezin nano seramik materyaller (Lava Ultimate), hidrofobik ürethan dimetakrilat (UDMA) ve hidrofilik trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) içerirler. TEGDMA daha fazla su emilimi gösterir ve bu sebeple hidrofilik renklendirici maddelerin rezin matrikse penetre olmalarına olanak sağlar. Bu nedenle, her iki materyal renklenmeye yatkındır. Çalışmamızda, bu iki materyalin renklenmeleri birbirine benzer tespit edilmedi. Rezin nano seramik (Lava Ultimate) materyal, polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) materyalden daha fazla renk değişimi gösterdi. Rezin nano seramik materyaller polimer infiltre seramik materyallerden farklı, bisfenol A-glicidil metakrilat (Bis-GMA) içerdiği için daha fazla renklenmeye sebep olabilir. Gajewski ve ark., (2012), Bis-GMA'nın UDMA ve TEGDMA'dan daha fazla su emilimi sergilediğini ifade eder. UDMA'nın renk değişimine karşı, daha az su emilimi göstermesinden dolayı, Bis-GMA'dan daha fazla dirençli olduğu belirtilir. Rezin nano seramik materyallerin daha fazla renklenmelerinin sebebi, Bis-GMA monomeri ile açıklanır (Stawarczyk ve ark., 2012). Çalışmamızda, kullanılan Bis-GMA içeren Lava Ultimate, yapısında Bis-GMA içermeyen diğer materyallerden daha fazla renk değişimi göstermesinin nedeni, yapısındaki Bis-GMA'nın VITA ENAMIC'in yapısındaki TEGDMA'dan daha fazla hidrofilik olmasıdır. Ayrıca, VITA ENAMIC'in yapısında bulunan UDMA, hidrofobik özellikte olması nedeni ile daha az renk değişimi göstermesine başka bir etkidir.

Barutçigil ve Yıldız (2012), direkt kompozit rezin restoratif materyallerin iç (intrinsik) ve dış (extrinsik) lekelenmelerini inceledikleri çalışmalarında, rezin matriks yapısında Bis-GMA içeren kompozit rezin materyallerin UDMA içerenlerden daha fazla renklenme gösterdiğini, TEGDMA içerenlerin ise en az renklenme gösterdiğini tespit etti. Elde edilen bu veriler, çalışmamızda elde edilen sonuçları destekler.

Arocha ve ark. (2014), CAD/CAM kompozit rezin materyaller ile laboratuvarında işlenen kompozit rezin materyallerin, lekelenmelerini inceledikleri çalışmalarında, çalışmamızda kullanılan rezin nano seramik materyalin (Lava Ultimate) diğerlerinden daha fazla renk değişimine uğradığını gösterdi ve bu sonuç rezin nano seramik materyallerin Bis-GMA içeriklerine bağlı su emiliminden kaynaklanması ile açıklandı.

Lekelenme direnci, materyalin su emilimi ve hidrofilik ya da hidrofobik olması ile ilişkilidir. Çalışmamızdan elde edilen veriler, rezin matriks yapının lekelenme üzerine etkili olduğunu doğrular. Hidrofilik yapıya sahip materyaller daha fazla oranda su emilimi yapar, lekelenme solusyonları karşısında, hidrofobik olanlardan göreceli olarak daha yüksek oranlarda renklenme gösterir.

Acar ve ark. (2016), hibrit dental seramik, rezin nano seramik, lityum disilikat cam seramik ve nano kompozit rezin materyallerin, lekelenmelerini inceledi. Çalışmalarının sonucunda, çalışmamızın sonucuna benzer şekilde, rezin nano seramik dental materyaller sırasıyla, hibrit seramik ve lityum disilikat cam seramik materyallerden daha fazla renklenme gösterdikleri tespit edildi. Bu veriler, çalışmamızda elde edilen bulgular ile benzerlik gösterir.

CAD/CAM blokların üretim aşamasında, polimerizasyon ve fabrikasyon işlemleri, bu materyallerin lekelenme direncini olumlu yönde geliştirir. Temel olarak, aynı kompozisyonlardan oluşan direkt kompozit rezin Filtek Supreme ve CAD/CAM blok Lava Ultimate'in lekelenme dirençleri incelendiğinde, bu kavram daha net şekilde anlaşılır (Alharbi ve ark., 2017).

Geçmişte yapılan, dental restoratif materyallerin lekelenme dirençlerinin değerlendirildiği çalışmalarda, farklı lekelenme solusyonları, kırmızı şarap, kola, kahve, çeşitli meyve suları, çay ve kontrol amaçlı distile su kullanıldı. Bu çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda, çalışmamızda, kırmızı şarap ve kahve lekelenme solusyonu olarak, distile su ise kontrol amaçlı tercih edildi. Çalışmamızda,

24 saat sonunda 1 ay, 12 gün sonunda 1 yıl ve 60 gün sonunda 5 yıl klinik kullanıma bağlı, lekelenme değerleri saptandı.

Kahve üreticileri, bir bardak kahvenin ortalama 15 dakika sürede tüketildiğini ifade eder. Kahve tüketen kişilerin, günde ortalama 3.2 bardak kahve tükettikleri belirtilir. Bu nedenle, kahve solusyonunda örneklerin 24 saat süreyle bekletilmesi 1 aylık kahve tüketimine eş değer kabul edilir (Ertaş ve ark., 2006; Güler ve ark., 2005).

Lekelenmeye sebep olan içecekler, leke oluşturma potansiyellerine göre, yüksekten düşüğe doğru sıralandığında, en çok lekelenme kırmızı şarap, kahve ve çay şeklinde devam eder. Birçok çalışmada, alkolün rezin matriks yapıyı yumuşatarak, lekelenmeyi kolaylaştırdığı rapor edilir. Ancak, kırmızı şarabın yarattığı lekelenmenin alkolün bu etkisinden mi yoksa kırmızı şaraptaki renk pigmentlerinden mi kaynaklandığı halen net değildir (Alharbi ve ark., 2017). Kahvenin içinde, düşük polaritede sarı renk molekülleri vardır ve bunların polimer ağına afiniteleri lekelenme sebebidir. Çayın leke oluşturma etkisi ise, içindeki tannik asit ve pigmentlerine bağlıdır (Arocha ve ark., 2014).

Günümüze kadar yapılan lekelenme çalışmalarından elde edilen veriler, kahveden kaynaklanan renklenmenin kahvedeki renk pigmentlerinin hem adsorbsiyonundan hem de absorbsiyonundan meydana geldiğini gösterir. Bu absorbsiyon ve pigmentlerin materyalin organik fazının içine penetrasyonu muhtemelen kahvenin sarı pigmentlerinin polimer faz ile uyumlu olmasıyla ilişkilidir (Alharbi ve ark., 2017).

Alharbi ve ark., (2017), kahve dışındaki bütün lekelenme solusyonları (distile su, çay, kırmızı şarap, yapay tükürük), Lava Ultimate ve VITA ENAMIC'e benzer sonuçlar sergiler. Kahvede ise VITA ENAMIC, Lava Ultimate'den daha iyi lekelenme direnci gösterir. Bu materyal Paradigm MZ100 ile kıyaslandığında, ikiside daha yüksek lekelenme direnci sergiler.

Renk değerlendirme işleminin, objektif şekilde yapılabilmesi için, kantitatif, başka bir deyişle, sayısal renk değerlendirmesi yapan spektrofotometrik cihazlarının tercih edilmesi daha uygundur (Arocha ve ark., 2014). Çalışmamızın renk değerlendirmeleri sırasında, ISO/TR28642 standartlarına bağlı kalındı ve renk ölçümleri, bu standarda uygun şekilde spektrofotometre ile yapıldı. ISO standartlarına göre gerçekleştirilen spektral ölçümler, spektrofotometre ile yapıldığında, kolorimetre ile yapılanlara göre, renk değişim ölçümleri daha doğru sonuçlar verir (Vichi ve ark., 2013).

İdeal ışık kaynağı, öğleden sonra, saat 12:00 ile 15:00 arasında görölen doğal gün ışığıdır. Standart gün ışığı değeri, ortalama 5500-7500 K'dir. Standart D₆₅ ışık kaynağı gün ışığını temsil eder ve renk ısısı ortalama 6500 K'dir. Diş hekimliği uygulamalarında, renk ölçümlerinin belirlendiği, ISO/TR28642 standartına göre, renk ölçümlerinin yapıldığı ortamın aydınlatılmasında, CIE standardı D₆₅ ışık kaynağı kullanılır (Hamdan, 2009; ISO/TR28642, 2011). Çalışmamızda, renk ölçümleri, çevresel faktörlerin elimine edilebilmesi için, renk ölçüm kutusu içinde ISO/TR28642 standartlarına uygun şekilde, D₆₅ ışık kaynağı altında yapıldı.

Vita Easysshade (Vita Zahnfabric, Almanya), hem Vitapan Classic hemde Vita 3D Master renk skalalarını referans alan birçok spektrofotometre arasında, en fazla tekrarlanan renk belirlenmesi ile güvenilir bir cihazdır. Birçok araştırmacı, Vita Easysshade ile geleneksel renk yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmaları, Vita Easysshade kullanımı ile yapılan renk ölçümlerinin daha güvenilir olduğunu belirtir (Lehmann ve ark., 2010; Trakyalı, 2013).

Khashayar (2013), 5 farklı renk ölçüm cihazının güvenilirliklerini değerlendirdiği doktora tez çalışmasında, kolorimetre ile gerçekleştirilen renk ölçümlerinin, spektrofotometre ile ölçümlerden daha az güvenilir olduğu sonucuna ilaveten spektrofotometre ölçüm aygıtları arasında Vita Easysshade isimli cihazın in-vitro ve in-vivo güvenilir sonuçlar verdiğini tespit etti.

Renk farklılıklarının ve renk değişimlerinin hesaplanması için, farklı formüller geliştirildi. Diş hekimliğine ait renk çalışmalarının büyük kısmında, CIELab renk formülü kullanılır ve ΔE_{ab} hesaplanır. CIEDE2000 renk farkı formülünün geliştirilmesiyle birlikte, ΔE_{00} şeklinde hesaplandığında, renk farklılıklarının eşik değerleri, her iki formül arasında farklılıklar gösterir. Habekost (2013), ΔE_{ab} ve ΔE_{00} renk değişim formüllerinin hassasiyetlerini incelediği çalışmada, ΔE_{00} formülünün ΔE_{ab} formülüne göre daha karmaşık ancak, daha küçük renk farklılıklarını ortaya çıkaran hassas bir teknik olduğunu tespit etti. Ghinea ve ark., (2010 ve 2011), dental seramik materyallerde renk farklılıklarının eşik değerlerini, CIELab ve CIEDE2000 formüllerini karşılaştırarak değerlendirdi. Çalışmalarının sonucunda, CIEDE2000 formülünün dental seramik materyallerin renk farklılıklarının değerlendirmesinde daha uygun olduğu, in-vivo renk analizleri ile tespit etti. Bu iki formül arasında algılanabilir ve kabul edilebilir eşik değerler açısından istatistiksel anlamlı farklılık saptandı. CIEDE2000 formülüne göre, dental materyallerde renk değişimi $\Delta E_{00} < 1,28$ görsel olarak algılanamaz, $1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$ algılanabilir ancak klinik olarak kabul edilebilir ve $\Delta E_{00} > 2,24$ klinik olarak kabul edilemez şeklinde belirlenir. Bu veriler ışığında ve CIEDE2000 formülü kullanılarak renk analizi yapılan diğer çalışmalarda göz önünde bulundurularak, tez çalışmamızın bulguları yorumlanırken; $\Delta E_{00} < 1,28$ görsel olarak algılanamaz, $1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$ algılanabilir ancak kabul edilebilir ve $\Delta E_{00} > 2,24$ klinik olarak kabul edilemez şeklinde değerlendirildi.

Hamdan (2009), geleneksel metal destekli porselen materyaller ile lityum disilikat cam seramik materyallerin lekelenmelerini, kahve, çilek suyu ve distile su ortamında 24 saat süreyle beklettikten sonra, CIELab formülü ile ΔE hesaplaması ile değerlendirdi. Çalışmasının sonucunda, her iki grupta renkte minimal değişiklikler tespit etti. Ancak, bu değişikliklerin porselenlerin renk stabilitelerinde ve renklenme dirençlerinde istatistiksel anlamlı sonuçlar vermediğini ifade etti. Bu tez çalışmasının en önemli kısıtlılığı, test örneklerinin lekelenme solusyonlarına maruz kaldıkları süre olan 24 saatin, bu tür lekelenme deneyleri için kısa bir süre olması ve sadece 1 aylık klinik kullanıma eşdeğer süre olmasıdır.

Arocha ve ark. (2014), CAD/CAM kompozit rezin materyaller ile laboratuvarında işlenen kompozit rezin materyallerin lekelenmelerini, çay, kahve, şarap ve distile su içinde beklettikten sonra incelediler. Renk ölçümleri, başlangıç, 1 hafta, 2 hafta ve 4 hafta lekelenme solusyonlarında beklendikten sonra gerçekleştirildi. Renkte ortaya çıkan değişikliklerin saptanmasında, CIEDE2000 formülü kullanıldı, ΔE_{00} hesaplandı. Çalışmalarının sonucunda, Bis-GMA içeren Lava Ultimate'in, Bis-GMA içermeyen laboratuvarında işlenebilen indirekt kompozit rezin materyalden daha fazla renk değişimine uğradığı tespit edildi. Bu durum, tez çalışmamızın Lava Ultimate sonuçlarını destekler.

Stawarczyk ve ark., (2015), polimer ve seramik gibi farklı yapıda CAD/CAM materyallerin renklenmelerini inceledikleri çalışmalarında, lekelenme solusyonu olarak, kırmızı şarap, köri solusyonu, taze tere solusyonu ve distile su kullandı. Test örnekleri, 14 gün süreyle bu solusyonlarda bekletildi. 14 gün sonunda, en fazla renklenme, kırmızı şarapta bekletilen örneklerde, en az renklenme ise distile suda bekletilen örneklerde saptandı. Renk farkının hesaplanmasında, CIELab renk formülü tercih edildi. Şarapta bekletilen Lava Ultimate ve VITA ENAMIC test örnekleri, cam seramik test örneklerinden daha fazla lekelenme gösterdi.

Stawarczyk ve ark., (2016), CAD/CAM sistemlerinde kullanılan farklı materyallerin renk stabilitelelerini, spektrofotometre ile inceledi ve aynı renk tonundaki materyallerin, CIELab renk sistemi parametrelerine göre ve Vita Easyshade verilerine göre, birbirleri arasında farklılıklar gösterdiğini tespit etti.

Alharbi ve ark., (2017), farklı CAD/CAM blok ve 3 ayrı direkt kompozit rezin restoratif materyalin distile su, kahve, kırmızı şarap, çay ve yapay tükürük gibi 5 ayrı solusyonda farklı bekletme sürelerinde renk değişimlerini inceledi. 10 mm çapında, 1 mm kalınlığında test örnekleri, 120 gün süreyle 37°C inkübatör içinde, test solusyonlarında bekletildi. Test örneklerinin renklenme dinamiğinin değerlendirilmesi için, başlangıç, 12. gün, 36. gün, 60. gün ve 120. gün sonunda renk ölçümleri, CIELab sistemine göre L, a ve b değerleri ile değerlendirildi. CIELab renk farkı formülü kullanımı ile ΔE_{ab} değeri elde edildi. Elde edilen veriler doğrultusunda,

en fazla renklenme şarapta bekletilen test örneklerinde, bunu takiben kahve, çay, yapay tükürük ve distile su içinde bekletilenlerde rapor edildi. Test örnek türleri açısından en fazla renklenme, direkt kompozit rezin restoratif materyal Filtek Supreme'de en az renklenme ise Filtek Sirolan'da gözlemlendi. Sırasıyla; VITABlocs Mark II, Lava Ultimate'den; Lava Ultimate VITA ENAMIC'ten; VITA ENAMIC, FiltekSirolan'dan daha fazla renklenme gösterdi. Bu sonuçlar, çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, Lava Ultimate'ın VITA ENAMIC'ten daha fazla lekelenmesi açısından çalışmamızın sonuçlarını destekler.

3M ESPE kendi laboratuvarlarında yaptığı ve Lava Ultimate'in lekelenmesini incelediği bir çalışmada, 7 gün süre ile 1 mm kalınlığındaki örneklerini 37 °C'de kırmızı şarap içinde bekletti. Örneklerin renklenmeleri, CIELAB renk sistemiyle, spektrofotometre yöntemiyle değerlendirildi. Bu çalışmada, Lava Ultimate, VITABlocs Mark II CAD/CAM seramik ve Tetric Evoceram direkt kompozit rezin restoratif materyal ile kıyaslandı. Çalışmanın sonucunda, Lava Ultimate'in renk değişimi, VITABlocs Mark II ile benzer sonuçlar gösterdi. Tetric Evoceram, direkt kompozit rezin restoratif materyal ise Lava Ultimate'den iki kat daha fazla renk değişimi gösterdi (Vita Zahnfabrik, 2010).

Çalışmamızda test edilen örneklerin, distile su içinde farklı sürelerde bekletildiğinde, renk değişimleri (ΔE_{00}) incelendiğinde, istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Kahve içinde bekletilen test örnekleri kendi aralarında renk değişimleri açısından (ΔE_{00}) değerlendirildiğinde, 12. gün sonunda ve 60. gün sonunda Lava Ultimate, VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II'den daha fazla renklenme gösterdi. VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II benzer sonuçlar sergiledi. Kırmızı şarap içinde bekletilen Lava Ultimate 1. gün sonunda, VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II'den daha fazla renklendi. VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II benzer sonuçlar gösterdi. 12. gün sonunda; Lava Ultimate, VITA ENAMIC'den, VITA ENAMIC, VITABlocs Mark II'den daha fazla renk değişimi gösterdi. Kırmızı şarap içinde bekletilen test örneklerinde, en fazla renk değişimi Lava Ultimate'de izlenirken, en az lekelenme VITABlocs Mark II'de tespit edildi. Ancak, 60. gün sonunda, ΔE_{00} değerlendirmesinde, kırmızı şarapta bekletilen örnekler arasında

istatistiksel anlamlı fark bulunmadı. Başlangıç yüzey pürüzlülük değerleri ile 1.gün, 12. gün ve 60.gün sonunda elde edilen ΔE_{00} değerleri arasında korelasyon tespit edilmedi.

60. gün sonunda, başka bir deyişle, 5 yıl klinik kullanım süresinde, bekletilen örneklerin solusyonlara göre, renk değişimlerini değerlendirdiğimiz çalışmamızda; VITA ENAMIC kırmızı şarapta, kahveden ve distile sudan daha fazla renklendi. VITABlocs Mark II ve Lava Ultimate ise, 60. gün sonunda, kırmızı şarapta kahveden daha fazla renk değişimi gösterirken, en az değişim distile suda bekletilen test örneklerinde gözlemlendi. Bu veriler, daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen, lekelenme solusyonlarının renk değişimi potansiyellerini bir kez daha doğruladı.

Çalışmamızda, lekelenme solusyonunda bekletilen test örneklerinin ΔE_{00} açısından klinik kabul edilebilirlik ve algılanabilirlikleri değerlendirildiğinde, distile suda bekletilen bütün örneklerin 60. gün sonunda ΔE_{00} ($1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$) değerleri klinik olarak algılanabilir ancak kabul edilebilir, kahve ve şarapta bekletilen bütün örneklerin 60. gün sonunda ΔE_{00} ($\Delta E_{00} > 2,24$) değerleri klinik olarak kabul edilemez şeklinde hesaplandı.

Hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi ile, test örnekleri, ısı, nem ve ultraviyole ışığa maruz bırakılarak, ağız içinde yıllar içinde gelişen şartlar, kısa sürelerde örnekler üzerine uygulanır ve restorasyonların estetik performansını etkileyebilecek renklemeler daha kısa sürelerde gözlemlenir, test edilebilir (Ghavam ve ark., 2010). Birçok araştırmacı, 384 saat süreli iklimlendirmenin normal şartlar altında, 1 yıllık klinik kullanıma eşdeğer olduğunu ve HYY'ya bağlı renk değişiminin, ilk 100 ile 300 saatlik dilimde ortaya çıktığını belirtir (Drubi-Filho ve ark., 2012; Ghavam ve ark., 2010; Pires-de-Souza, 2009).

Çalışmamızda, hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi uygulanan test örnekleri, ISO 7491 standardına uygun şekilde 384 saat süreyle, 40 Watt'lık, 280/320

nm ışıma yapan 8 adet UV-B ışık kaynağına, 50 mm mesafeden maruz bırakıldı ve bir döngü halinde 4 saat süreyle 50°C ısıda UV-B ışıması ve ardından 4 saat süreyle 50 °C ısıda yoğuşma uygulandı. Test örneklerine, 384 saat süreyle, nem, ısı ve ultraviyole uygulaması ile HYY oluşturuldu ve iç (intrinsik) lekelenmelerin daha hızlı şekilde değerlendirmesi sağlandı.

Çalışmamızda test örneklerinin hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi uygulanan kısmından elde edilen veriler doğrultusunda, istatistiksel olarak en fazla renk değişimi, rezin nano seramik Lava Ultimate’de, bunu takiben polimer infiltre seramik VITA ENAMIC ve en az renklenme cam seramik VITABlocs Mark II’de gözlemlendi. 384 saat HYY uygulamasını takiben, Lava Ultimate örneklerinde $\Delta E_{00} = 6,12$ ile en yüksek renk değişim değeri elde edildi. Bu değer, $\Delta E_{00} > 2,24$ olduğu için klinik olarak kabul edilemez renk değişimi olarak yorumlandı. VITA ENAMIC örneklerinde $\Delta E_{00} = 1,92$, VITABlocs Mark II örneklerinde ise $\Delta E_{00} = 1,31$ şeklinde tespit edildi ve bu değerler $1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$ arasında olduğundan, algılanabilir ancak kabul edilebilir renk değişimi şeklinde yorumlandı. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi sonrasında, test edilen örneklerin yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel anlamlı bir değişim tespit edilmese de en fazla artış Lava Ultimate’de, en az değişim ise VITABlocs Mark II’de saptandı. 1 yıl süreli HYY işleminin yüzey pürüzlülük değerlerinde fark oluşturmaması, test örneklerinin HYY işleminden önce oluşturulan mükemmel bitirme ve cilalama işlemleri ile açıklanabilir.

Yüzey pürüzlülüğü ile distile su, kahve ve şarap içinde bekletme sonrası, renk değişimi arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahip olan Lava Ultimate örneklerin, birbirine benzer yüzey pürüzlülüğü değerleri olan VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II’den daha fazla renklendiği tespit edildi. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi sonrasında da benzer sonuçlar elde edildi. HYY uygulaması sonrasında, Lava Ultimate’ın yüzey pürüzlülüğünde diğer iki gruba göre daha fazla artış tespit edilirken, VITA ENAMIC ve VITABlocs Mark II’nin yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişim tespit edilmedi. HYY işlemi sonrasında, ΔE_{00} değerlerindeki değişim açısından değerlendirmede ise, en fazla renk değişimi

rezin nano seramik Lava Ultimate’de gözlemlenirken, en az renk değişimi cam seramik VITABlocs Mark II’de izlendi. VITA ENAMIC bu iki grubun arasında renk değişimi sergiledi. Elde edilen bu veriler ışığında, daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip materyallerin lekelenme oluşturabilen sıvılar karşısında, daha fazla renk değiştireceği hipotezi doğrulandı. Yüzey pürüzlülüğünün yanı sıra, materyalin resin matriks yapısını oluşturan monomer yapıların, hidrofobik yada hidrofilik özellikte olmasıda, lekelenme üzerinde etkilidir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Çalışmamızda, monolitik restorasyon yapımında kullanılan, restorasyon elde edilmesinden sonra bitirme ve cilalama işlemlerinin aynı seansta tamamlandığı, dolayısıyla tek seansta restorasyon uygulanmasına olanak sağlayan, CAD/CAM teknolojisinde kullanılan, üç farklı yapıda, cam seramik/feldspatik seramik (VITABlocs Mark II), polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) ve rezin nanoseramik (Lava Ultimate) materyallerin, kalın ve ince grenli lastik diskler ile bitirme ve cilalama işleminden sonra, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, yüzey profilometre tekniği ile ölçüldü. Bilindiği gibi, restorasyon yüzeyinin pürüzlü olması, dental plak birikimine neden olur. Restorasyon yüzeyinde biriken dental plak, restorasyonda yıpranma, parlaklık kaybı, renk değişikliği ve boyanma ile sonuçlanır. Ayrıca, pürüzlü restorasyon yüzeyi, dil yüzeyinde iritasyon ve hastanın konforunda olumsuz etki, karşıt mine ve restorasyonda aşınma meydana getirir. Klinik olarak kabul edilen yüzey pürüzlülüğü 0.7-1.4 μm arasındadır. Beklendiği gibi, test edilen üç farklı yapıdaki materyalin, yapılarındaki farklılığına bağlı, farklı Ra değerleri elde edildi. Ancak, elde edilen tüm Ra değerleri, klinik kabul edilebilir değerler arasında tespit edildi. Dişhekimî, vakaya ve uygulayacağı indirekt restorasyon tipine göre, materyalin diğer özelliklerini de düşünerek, vakaya uygun restoratif materyali seçmelidir.

2. Üç farklı yapıda CAD/CAM materyali, üç farklı bekletme solüsyonunda (distile su, kahve, kırmızı şarap), üç farklı bekleme süresinde (1 gün, 12 gün, 60 gün) bekletildikten sonra, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ve renk değişim (ΔE_{00}) değerleri ölçüldü. 1 gün sonunda 1 ay, 12 gün sonunda 1 yıl ve 60 gün sonunda 5 yıl klinik kullanıma bağlı Ra ve ΔE_{00} değerleri ölçüldü. Ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerine bağlı, renk değişim (ΔE_{00}) değerlerinde farklılık olup olmadığı incelendi. Farklı bekleme sürelerinde, distile su içinde bekletilen test örneklerinin renk değişim (ΔE_{00}) değerleri, materyale bağlı kendi iç gruplarında, 1 gün, 12 gün ve 60 gün ölçümlerinde istatistiksel fark oluşturmadi. Test edilen materyaller kendi içlerinde karşılaştırıldığında, farklı sürelerde distile su içinde

bekletildiğinde, R_a ve ΔE_{00} değerlerinde istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı. Farklı yapıdaki materyallerden hazırlanan test örneklerinde, R_a ve ΔE_{00} değerleri söz konusu olduğunda, farklı sürelerde, distile su içinde bekleme sürelerinin olumsuz etkileri gözlenmedi. Test edilen üç farklı CAD/CAM materyalinden, herhangi biri ile, hastalara uygulanan indirekt restorasyonlar, suya maruz kaldığında, suyun materyale olumsuz etkisi olmadığı rahatlıkla belirtilir.

3. Farklı bekletme solüsyonları (kahve, kırmızı şarap), farklı bekleme sürelerinde (1 gün, 12 gün, 60 gün) farklı boyanma/lekelenme değerlerine neden olabilir. Renk değişimi/renk stabilite değerlerindeki farklılık, başka bir deyişle olumsuz renk değişimi, bekletilen solüsyon ve bekleme süresi ile ilişkili olabilir.

Kahve içinde bekletilen test örnekleri, kendi aralarında renk değişimleri açısından (ΔE_{00}) değerlendirildiğinde, 12 gün sonunda ve 60 gün sonunda, rezin nanoseramik (Lava Ultimate), polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) ve cam seramik (VITABlocs Mark II)'den daha fazla renklenme gösterdi. Polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) ve cam seramik (VITABlocs Mark II) benzer sonuçlar sergiledi.

Kırmızı şarap içinde bekletilen rezin nanoseramik (Lava Ultimate) 1 gün ve 12 gün sonunda, polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) ve cam seramik (VITABlocs Mark II)'den daha fazla renk değişimi gösterdi. Polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) ve cam seramik (VITABlocs Mark II) benzer sonuçlar gösterdi. Kırmızı şarap içinde bekletilen test örneklerinde, sırasıyla en fazla ve en az renk değişimi, rezin nanoseramik (Lava Ultimate) ve cam seramik (VITABlocs Mark II)'de tespit edildi. Ancak, 60. gün sonunda, ΔE_{00} değerlendirmesinde, kırmızı şarapta bekletilen farklı test grubu örnekleri arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmadı.

Kahve bekletme solüsyonu ve şarap bekletme solüsyonu söz konusu olduğunda, başlangıç ve 12 gün ve 60 gün bekleme süreleri karşılaştırıldığında, her iki sürenin artmasına bağlı, renk değişim (ΔE_{00}) değerlerinde artma saptandı.

Materyaller karşılaştırıldığında ise en fazla renk değişim (ΔE_{00}) değerleri, rezin nanoseramik (Lava Ultimate) test örneklerinde saptandı. Test edilen seramik ve seramik benzeri CAD/CAM materyalleri, 60 gün kırmızı şarap solüsyonunda bekletildiğinde, başka bir deyişle 5 yıl klinik kullanım sonunda, materyallerin yapısına bağlı olmaksızın birbirine benzer renk değişim değerleri sergiledi. Materyallerin renk değişiminde etkili faktörler: materyal / bekletilen solüsyon / bekletme süresi ile ilişkilidir. Bu bulguların ışığı altında, seramik ve seramik benzeri CAD/CAM materyallerden hazırlanan indirekt restorasyonların klinik başarısı için uzun süreli renklendirici sıvı tüketiminin olumsuz etkileri olacağı önceden hastalara açıklanmalıdır.

4. Başlangıç Ra ve ΔE_{00} değerleri ile 1 gün, 12 gün ve 60 gün sonunda elde edilen ΔE_{00} değerleri arasında korelasyon tespit edilmedi. Ra değerleri, klinik kabul edilebilir değerler arasında olsa da, test edilen CAD/CAM seramik ve seramik benzeri materyaller, uzun süreli renklendirici solüsyonlara maruz bırakıldığında, Ra değerinden bağımsız, başka bir deyişle, mükemmel bitirme ve cilalama işlemi uygulansa da, renk değişimi engellenemektedir. Uygulanan indirekt restorasyonların, yapıldığı materyallere bağlı olmaksızın, uzun süreli kahve ve kırmızı şarap gibi renklendirici solüsyon tüketimine bağlı, renk değişikliğine uğrayacağı, hastalara restorasyon uygulamadan önce belirtilmelidir.

5. Çalışmamızda, kahve veya kırmızı şarap gibi lekelenme solüsyonunda bekletilen, farklı seramik ve seramik benzeri CAD/CAM materyallerine ait test örneklerinin, ΔE_{00} değerleri ile klinik kabul edilebilirlik ve algılanabilirlikleri değerlendirildiğinde, distile su içinde bekletilen test edilen tüm materyal örneklerinin, 60 gün sonunda ΔE_{00} ($1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$) değerleri klinik olarak algılanabilir ancak kabul edilebilir, kahve ve şarap solüsyonu içinde bekletilen tüm test örnekleri 60 gün sonunda, başka bir deyişle, 5 yıl klinik kullanım sonunda, ΔE_{00} ($\Delta E_{00} > 2,24$) değerleri klinik olarak kabul edilemez şeklinde hesaplandı. CAD/CAM tekniği ile seramik ve seramik benzeri materyaller ile herhangi bir indirekt restorasyon yapımı düşünüldüğünde, hastanın kahve ve/veya kırmızı şarap tüketimi

sorgulanmalı ve tüketime bağlı indirekt restorasyonlarda algılanabilir renk değişikliği olacağı konusunda önceden bilgilendirilmelidir.

6. Çalışmamızda, farklı yapıda CAD/CAM materyallerinden hazırlanan test örneklerine, hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işlemi uygulandı. HYY işlemi, klinik ortamda uzun süre sonunda gözlenen olası olumsuz etkilerin, laboratuvar ortamında kısa sürede elde edilmesini sağlar. Farklı yapıda restoratif materyallerin, yapısal farklılığına bağlı, olası olumsuz değişimlerden önceden haberdar olmamızı sağlar. Bu çalışmada, HYY işleminde, 384 saat sonunda, 1 yıl klinik kullanıma eşdeğer etkiler tespit edildi.

HYY işlemi uygulanan test örneklerinde, test edilen her materyal kendi içinde değerlendirildiğinde, HYY işlemi öncesi ve sonrası ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri istatistiksel anlamlı farklılık oluşturmadığı gibi, test edilen materyallerin yapısal farklılığına bağlı farklılık saptanmadı. HYY öncesi ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, sırasıyla rezin nanoseramik (Lava Ultimate) için 0.16, polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) için 0.20 ve cam seramik (VITABlocs Mark II) için 0.23 olarak tespit edildi. HYY sonrası ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, sırasıyla rezin nanoseramik (Lava Ultimate) için 0.19, polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) için 0.21 ve cam seramik (VITABlocs Mark II) için 0.28 olarak tespit edildi. HYY işlemi sonrasında, test örneklerin Ra değerlerinde istatistiksel anlamlı bir değişim tespit edilmese de, sırasıyla en fazla ve en az artış, cam seramik (VITABlocs Mark II) ve polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) materyallerinde saptandı.

HYY işlemi uygulanan test örneklerinde, test edilen her materyal kendi içinde değerlendirildiğinde, HYY işlemi öncesi ve sonrası, ΔE_{00} renk değişim değerleri yönünden istatistiksel anlamlı farklılık oluşturdu. Sırasıyla, renk değişim değerleri, en fazla değişim, $\Delta E_{00} = 6.13$ değeri ile rezin nanoseramik (Lava Ultimate), bunu takiben $\Delta E_{00} = 1.92$ değeri ile polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) ve $\Delta E_{00} = 1.31$ değeri ile cam seramik (VITABlocs Mark II), test örneklerinde tespit edildi. 384 saat HYY işlemini takiben, rezin nanoseramik (Lava Ultimate) örneklerinde $\Delta E_{00} =$

6,13 ile en yüksek renk değişim değeri elde edildi. Bu değer, $\Delta E_{00} > 2,24$ olduğu için klinik olarak kabul edilemez renk değişimi olarak yorumlandı. Polimer infiltre rezin seramik (VITA ENAMIC) test örneklerinde $\Delta E_{00} = 1,92$, cam seramik (VITABlocs Mark II) test örneklerinde $\Delta E_{00} = 1,31$ renk değişimleri tespit edildi ve bu değerler $1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$ arasında olduğundan, algılanabilir ancak kabul edilebilir renk değişimi şeklinde yorumlandı.

CAD/CAM tekniğinde kullanılan seramik ve seramik benzeri materyaller söz konusu olduğunda, 384 saat HYY işlemleri sonrasında, rezin nanoseramik (Lava Ultimate) yapısındaki materyal en olumsuz, cam seramik (VITABlocs Mark II) yapısındaki materyal en olumlu özellik sergiler.

$1,28 < \Delta E_{00} < 2,24$ değerlerinin algılanabilir ancak klinik olarak kabul edilebilir olduğu, dikkate alındığında, cam seramik/feldspatik seramik (VITABlocs Mark II) ve polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) isimli materyaller, 1 yıl klinik kullanımı taklit eden sürede, kabul edilebilir renk değişikliği sergilerken, rezin nanoseramik (Lava Ultimate) klinik olarak kabul edilemez renk değişikliği gösterir. İndirekt restorasyon uygulamaları sırasında, estetiğin ön planda olduğu durumda, cam seramik/feldspatik seramik (VITABlocs Mark II) ve polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC) materyal kullanımının daha uygun olacağı düşüncesindeyiz.

ÖZET

Üç Farklı Yapıda CAD/CAM Sabit Protez Materyallerinde Renk Stabilite ve Yüzey Pürüzlülük Değerlendirilmesi.

Bu tez çalışmasında, CAD/CAM sisteminde kullanılan üç farklı yapıda seramik ve seramik-benzeri restoratif materyallerden cam seramik yapıda, feldspatik seramik (VITABlocs Mark II, VITA Zahnfabrik), rezin matriks seramik yapıda, polimer infiltre seramik (VITA ENAMIC, VITA Zahnfabrik) ve rezin nanoseramik (Lava Ultimate, 3M-ESPE) materyallerden, her materyal için, 10 mm çapında 2 mm kalınlığında, disk şeklinde (n=44) test örneği hazırlandı. Her materyal için 44 adet hazırlanan test örneği, 4 farklı test koşulu için her test grubunda (n=11) olmak üzere 4 alt gruba ayrıldı. Hazırlanan tüm test örneklerinin yüzey pürüzlülük ölçümleri profilometre ile renk ölçümleri spektrofotometre ile gerçekleştirildi. Üç farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyalden, her test grubunda (n=11) olmak üzere hazırlanan test örnekleri, üç farklı bekleme solüsyonunda (distile su, kahve, kırmızı şarap), üç farklı sürede (1 gün, 12 gün, 60 gün) bekletildikten sonra, tüm test örneklerinin yüzey pürüzlülük ölçümleri profilometre ile renk ölçümleri spektrofotometre ile gerçekleştirildi. İlk ölçümler ile bekleme solüsyon ve bekleme süre sonlarında ölçülen, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerinde ve renk ölçüm değerlerindeki (ΔE_{00}) farklılıklar tespit edildi. Ayrıca, üç farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyalden, her test grubunda (n=11) olmak üzere hazırlanan test örnekleri, 1 yıl klinik kullanımı taklit eden 384 saat hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemine tabi tutuldu. İlk ölçümler ile 384 saat hızlandırılmış yapay yaşlandırma işleminden sonra ölçülen, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerinde ve renk ölçüm değerlerindeki (ΔE_{00}) farklılıklar tespit edildi. Elde edilen tüm verilerin istatistiksel değerlendirme sonuçlarından elde edilen bulgulara göre: üç farklı yapıda CAD/CAM restoratif materyalden hazırlanan test örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlendirmelerinde, feldspatik seramik/VITABlocs Mark II ve polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC isimli materyallerin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri benzer tespit edilirken; rezin nanoseramik/Lava Ultimate test örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değeri, feldspatik seramik/VITABlocs Mark II ve polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC isimli materyallerden daha yüksek tespit edildi. Hızlandırılmış yapay yaşlandırma (HYY) işleminden önce ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri ölçüldüğünde ise, yine feldspatik seramik/VITABlocs Mark II ve polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC, isimli materyallerin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri benzer tespit edilirken; rezin nanoseramik/Lava Ultimate test örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değeri, feldspatik seramik/VITABlocs Mark II ve polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC isimli materyallerden daha düşük tespit edildi. Bu durum, bitirme ve cilalama işlemlerinin, uygulayan kişinin tecrübesine bağlı olması ile açıklandı. Farklı bekleme sürelerinde, distile su içinde bekletilen test örneklerinin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri, materyale bağlı kendi iç gruplarında, 1 gün, 12 gün ve 60 gün ölçümlerinde istatistiksel fark oluşturmadi. Kahve bekletme solüsyonu ve şarap bekletme solüsyonu söz konusu olduğunda, başlangıç ve 60 gün bekleme süreleri karşılaştırıldığında sürenin artmasına bağlı, ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerinde artma saptandı. Farklı bekleme sürelerinde, distile su içinde bekletilen test örneklerinin renk değişim (ΔE_{00}) değerleri, materyale bağlı kendi iç gruplarında, 1 gün, 12 gün ve 60 gün ölçümlerinde istatistiksel fark oluşturmadi. Kahve bekletme solüsyonu ve şarap bekletme solüsyonu söz konusu olduğunda, başlangıç ve 12 gün ve 60 gün bekleme süreleri karşılaştırıldığında, her iki sürenin artmasına bağlı, renk değişim (ΔE_{00}) değerlerinde artma saptandı. Materyaller karşılaştırıldığında ise en fazla renk değişim (ΔE_{00}) değerleri rezin nanoseramik/Lava Ultimate test örneklerinde

saptandı. HYY işleminden önce ve HYY işleminden sonra, ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri yönünden, materyaller kendi içlerinde karşılaştırıldığında, farklılık tespit edilmedi. Ancak, renk değişim (ΔE_{00}) değerleri söz konusu olduğunda, HYY işleminden sonra, sırasıyla renk değişim değerleri, en fazla değişim, $\Delta E_{00} = 6.13$ değeri ile rezin nanoseramik/Lava Ultimate bunu takiben $\Delta E_{00} = 1.92$ değeri ile polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC ve $\Delta E_{00} = 1.31$ değeri ile feldspatik seramik/VITABlocs Mark II, test örneklerinde tespit edildi. $1.28 < \Delta E_{00} < 2.24$ değerlerinin algılanabilir ancak klinik olarak kabul edilebilir olduğu göz önüne alındığında, feldspatik seramik/VITABlocs Mark II ve polimer infiltre seramik/VITA ENAMIC isimli materyaller kabul edilebilir renk değişikliği sergilerken, rezin nanoseramik/Lava Ultimate klinik olarak kabul edilemez renk değişikliği sergiledi. Bu çalışmanın klinik önemi: CAD/CAM tekniği ile indirekt restorasyon seçimi sırasında, diş hekimi farklı yapıda materyal seçeneklerine sahiptir. Klinik uygulamalara başlamadan önce, kullanılan materyallere ait invitro ve invivo sonuçların bilinmesi, klinik başarıda etkilidir.

Anahtar Sözcükler: CAD/CAM rezin seramik materyaller, CAD/CAM seramik materyaller, Renk stabilitesi, Ultraviyole ile hızlandırılmış yaşlandırma işlemi, Yüzey pürüzlülüğü.

SUMMARY

Evaluation of colour stability and surface roughness: three different types of CAD/CAM fixed proshetic materials.

In this thesis study, three different types of ceramic and ceramic-like CAD/CAM materials as: glass matrix ceramic, feldspathic ceramic (VITABlocs Mark II, VITA Zahnfabrik), resin matriks ceramic, polimer infiltrated ceramic (VITA ENAMIC, VITA Zahnfabrik) and resin nanoceramic(Lava Ultimate, 3M-ESPE) were tested. In each material, 10 mm diameter x 2 mm thick disc specimens (n=44) were prepared and depending on 4 different test condition subdivided into 4 groups (n=11). Surface roughness and color measurements of all test specimens were determined by surface profilometer and spectrofotometry, respectively. Three different types of CAD/CAM restorative materials were stored in three different solutions media (distilled water, coffee, red wine) with three storage period (1-day, 12-day, 60-day) in each test group n=11. Then surface roughness and color measurements of all test specimens were determined by surface profilometer and spectrofotometry, respectively. Avarage surface roughness (Ra) and color difference (ΔE_{00}) between first measurements and second measurements were compared and differences were noted. Additionally, three different types of CAD/CAM restorative materials, in each test group n=11 specimens were tested by accelerated artificial aging (AAA) regime by means of 384 hours which corresponds 1 year clinical ABDge. Avarage surface roughness (Ra) and color difference (ΔE_{00}) measurements before and after AAA were compared and differences were evaluated. Obtained data were statistically analysed and avarage surface roughness (Ra) measuremts of three different types of CAD/CAM restorative materials were: feldspathic ceramic/VITABlocs Mark II, VITA and polimer infiltrated ceramic/VITA ENAMIC showed similar avarage surface roughness (Ra) values, resin nanoceramic/Lava Ultimate avarage surface roughness (Ra) values were higher than these two tested groups. Considering AAA regime, before AAA regime, feldspathic ceramic/VITABlocs Mark II, VITA and polimer infiltrated ceramic/VITA ENAMIC showed similar avarage surface roughness (Ra) values, however, resin nanoceramic/Lava Ultimate avarage surface roughness (Ra) values were lower than these two tested groups. This results were explained by skill of clinician who were conducted finishing and polishing. Depending different storage period as: 1-day, 12-day, 60-day; for the same material, test specimens were kept in distilled water did not revealed statistically significant diffrence by means of avarage surface roughness (Ra) values. However, storage mediums as: coffee and red wine comparing between storage time as: 1-day and 60-day, avarage surface roughness (Ra) values were increased depending on increased storage time and statistically significance were obtained. Considering different storage period as: 1-day, 12-day, 60-day; for the same material, test specimens were kept in distilled water did not revealed statistically significant difference by means of color change (ΔE_{00}) values. However, storage mediums as: coffee and red wine comparing between storage time as: 12-day and 60-day, color change (ΔE_{00}) values were increased depending on increased storage time and statistically significance were obtained. Comparing the tested materials, higher color change (ΔE_{00}) values were obtained from resin nanoceramic/Lava Ultimate test material. When tested materials were compared before and after AAA regime, for the same material, avarage surface roughness (Ra) values did not differ. However, color change (ΔE_{00}) values were differed after AAA regime and the higher color change ($\Delta E_{00}=6.13$) values were obtained from resin nanoceramic/Lava Ultimate test material. Followed by feldspathic ceramic/VITABlocs Mark II, VITA and polimer infiltrated ceramic/VITA ENAMIC with $\Delta E_{00} = 1.92$ and $\Delta E_{00} = 1.31$,

respectively. Considering, perceptible but clinical acceptable values: $1.28 < \Delta E_{00} < 2.24$; feldspathic ceramic/VITABlocs Mark II, VITA and polimer infiltrated ceramic/VITA ENAMIC test materials were exhibited clinical acceptable values, whereas, resin nanoceramic/Lava Ultimate test material did not exhibit. Clinical significance of this study: Clinicians have choice of different types of CAD/CAM restorative materials during the restoration of indirect restoration. Knowing in vitro and in vivo results before starting clinical applications is important for clinical success.

Keywords: CAD/CAM ceramic materials, CAD/CAM resin ceramic materials, Colour stability, Surface roughness, Ultraviolet accelerated aging.



KAYNAKLAR

- ABDULLAH AO, MUHAMMED FK, ZHENG B, LIU Y (2018). An overview of Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) in restorative dentistry. *J Dent Mater Tech.*, **7**:1-10.
- ACAR O, YILMAZ B, ALTINTAS SH, CHANDRASEKARAN I, JOHNSTON WM (2016). Color stainability of CAD/CAM and nanocomposite resin materials. *J Prosthet Dent.*, **115**:71-75.
- AGUILAR FG, GARCIA LFR, CRUVINEL DR, SOABD ABS, SOUZA FCPP (2012). Color and opacity of composites protected with surface sealants and submitted to artificial accelerated aging. *Eur J Dent.*, **6**:24-33.
- AHMED KE (2018). We're Going Digital: The current state of CAD/CAM dentistry in prosthodontics. *Prim Dent J.*, **7**:30-35.
- ALAMOUSH RA, SATTERTHWAITE JD, SILIKAS N, WATTS DC (2019). Viscoelastic stability of pre-cured resin-composite CAD/CAM structures. *Dent Mater.*, **35**:1166-1172.
- ALHARBI A, ARDU S, BORTOLOTTI T, KREJCI I (2017). Stain susceptibility of composite and ceramic CAD/CAM blocks versus direct resin composites with different resinous matrices. *Odontology.*, **105**:162-169.
- ALHARBI M, FARAH R (2020). Effect of water-jet flossing on surface roughness and color stability of dental resin-based composites. *J Clin Exp Dent.*, **12**: e169-e177.
- ALI A, TAKAGAKI T, NARUSE Y, ABDOU A, NIKAIDO T, IKEDA M, TAGAMI J (2019). The effect of elapsed time following alumina blasting on adhesion of CAD/CAM resin block to dentin. *Dent Mater J.*, **38**:354-360.
- ALKHADIM YK, HULBAH MJ, NASSAR HM (2020). Color shift, color stability, and post-polishing surface roughness of esthetic resin composites. *Materials (Basel).*, **13**:1376.
- ALLEN KL, SCHENKEL AB, ESTAFAN D (2004). An overview of the CEREC 3D CAD/CAM system. *Gen Dent.*, **52**:234-235.
- ALMEIDA BART, OLIVEIRA KF, CALDAS RA (2020). Mechanical and optical properties of feldspathic ceramics and lithium disilicate: literature review. *Rev Bras Odontol.*, **77**:1427-1430
- ARDU S, DUC O, DI BELLA E, KREJCI I (2017). Color stability of recent composite resins. *Odontology.*, **105**:29-35.

- AREZOOBAKHS A, SHAYEGH SS, JAMALI GHOMI A, HAKIMANEH SMR (2020). Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans. *J Prosthet Dent.*, **123**:105-112.
- AROCHA MA, MAYORAL JR, LEFEVER D, MERCADE M, BASILIO J, ROING M (2013). Color stability of siloranes versus methacrylate-based composites after immersion in staining solutions. *Clin Oral Invest.*, **17**:1481-1487.
- AROCHA MA, BASILIO J, LLOPIS J, BELLA ED, ROIG M, ARDU S, MAYORAL JR (2014). Colour stainability of indirect CAD/CAM processed composites vs conventionally laboratory processed composites after immersion in staining solutions. *J Dent.*, **42** 831-838.
- ATAY A, SAGIRKAYA E (2020). Effects of different storage conditions on mechanical properties of CAD/CAM restorative materials. *Odovtos-Int J Dent Sc.*, **22**:83-96.
- BAJRAKTAROVA-VALJAKOVA E, KORUNSKA-STEVKOVSKA V, KAPUSEVSKA B, GIGOVSKI N, BAJRAKTAROVA-MISEVSKA C, GROZDANVA (2018). Contemporary dental ceramic materials: chemical composition, physical and mechanical properties. *Open Access Mac J Med Sci.*, **25**:1742-1755.
- BARUTCIGIL Ç, YILDIZ M (2012). Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and sirolane based composites. *J Dent.*, **40**:57-63.
- BEUER F, SCHWEIGER J, EDELHOFF D (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Brit Dent J.*, **204**:505-511.
- BILKHAIR VA (2013). Fatigue behaviour and failure modes of monolithic CAD/CAM hybrid-ceramic and all-ceramic posterior crown restorations. PhD Thesis, Der Medizinischen Fakultät Der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Vorgelegt, Almany.
- BLATZ MB., VONDERHEIDE M., CONEJO J (2018). The effect of resin bonding on long-term success of high-strength ceramics. *J Dent Res.*, **97**:132-139.
- BONA AD, CORAZZA PH, ZHANG Y (2014). Characterization of polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater.*, **30**:564-569.
- BUSTAMANTE-HERNANDEZ N, MONTIEL-COMPANY JM, BELLOT-ARCIS C, MANES-FERRER JF, SOLA-RUIZ MF, AGUSTIN-PANADERO R, FERNANDEZ-ESTEVAN L (2020). Clinical behavior of ceramic, hybrid and composite onlays. A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health.*, **17**:7582.
- CARRILHO BALTAZAR VAZ IM, PIMENTEL COELHO LINO CARRACHO JF (2020). Marginal fit of zirconia copings fabricated after conventional impression making and digital scanning: An in vitro study. *J Prosthet Dent.*, **124**: 223.e1-223.e6.

- CASTRO EF, AZEVEDO VLB, NIMA G, ANDRADE OS, DIAS CTDS, GIANNINI M (2020). Adhesion, mechanical properties, and microstructure of resin-matrix CAD-CAM ceramics. *J Adhes Dent.*, **22**:421-431.
- CAPA N, SAY EC, CELEBI C, CASUR A (2019). Microtensile bond strengths of adhesively bonded polymer-based CAD/CAM materials to dentin. *Dent Mater J.*, **38**:75-85.
- CHEN C (2013). Zirconia-reinforced dental restorations. PhD Thesis, Academic Center of Dentistry Amsterdam, Amsterdam, Netherlands.
- CHU SJ, TRUSHKOWSKY RD, PARAVINA RD (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.*, **38**:2-16.
- CIE, International Commission On Illumination, Technical report, 2001.
- DUARTE S, SARTORI N, PHARK JH (2016). Ceramic reinforced polymers: CAD/CAM hybrid restorative materials. *Curr Oral Health.*, **3**:198-202.
- DRUBI-FILHO B, GARCIA LFR, CRUVINEL DR, SOUZA ABS, PIRES-DE-SOUZA FCP (2012). Color stability of modern composites subjected to different periods of accelerated artificial aging. *Braz Dent J.*, **23**:575-580.
- ERSU B, YUZUGULLU B, CANAY Ş (2008). Sabit restorasyonlarda CAD/CAM uygulamaları. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg.*, **32**:58-72.
- ERTAŞ E, GULER AU, YUCEL AÇ, KOPRULU H, GULER E (2006). Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J.*, **25**:371-376.
- ESQUIVEL-UPSHAWA JF, KIMA MJ, HSUA SM, ABDULHAMEEDA N, JENKINSB R, NEALC D, REND F, CLARKA AE (2018). Randomized clinical study of wear of enamel antagonists against polished monolithic zirconia crowns. *J Dent.*, **68**:19-27
- FASBINDER DJ (2010). Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent.*, **31**:2-11
- FERRUZZI F, FERRAIRO BM, PIRAS FF, BORGES AFS, RUBO JH (2019). Fatigue survival and damage modes of lithium disilicate and resin nanoceramic crowns. *J Appl Oral Sci.*, **27**:e20180297.
- FISHER H, MARX R (2002). Fracture toughness of dental ceramics: Comparison of bending and indentation method. *Dent Mater.*, **18**:12-19.
- FU L, ENGQVIST H, XIA W (2020). Glass-ceramics in dentistry: A review. *Materials (Basel)*, **13**:1049-1071.

- FURTADO de MENDONCA A, SHAHMORADI M, GOUVEA CVD, DE SOUZA GM, ELLAKWA A (2019). Microstructural and mechanical characterization of CAD/CAM materials for monolithic dental restorations. *J Prosthodont.*, **28**:587-594.
- GAJEWSKI VE, PFEIFER CS, FROES-SALSADO NR, BOARO LC, BRAGA RR (2012). Monomers used in resin composites: Degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Braz. Dent. J.*, **23**:508-514.
- GHAVAM M, TEHRAN MA, SAFFARPOUR M (2010). Effect of accelerated aging on the color and opacity of resin cements. *OperDent.*, **35**:605-609.
- GHINEA R, PEREZ MM, HERRERA LJ, RIVAS MJ, YEBRA A, PARAVINA RD (2010). Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent.*, **38**:57-64.
- GHINEA R, UGARTE-ALVAN L, YEBRA A, PECHO OE, PARAVINA RD, PEREZ MM (2011). Influence of surface roughness on the color of dental-resin composites. *J Biomed Biotech.*, **12**:552-562.
- GHINEA RI (2013). Evaluation of the CIEDE2000 (KL:KC:KH) color difference metrics and development of color prediction algorithms: Application to dental materials. Thesis, Department of Optics, Faculty of Sciences, University of Granada, Granada.
- GIERTHMUEHLEN P, RUBEL A, STAMPH S, SPITZNAGEL F (2019). Effect of reduced material thickness on fatigue behavior and failure load of monolithic CAD/CAM PICN molar crowns. *Int J Prosthodont.*, **32**:71-74.
- GOIJAT A, ABOUELLEIL H, COLON P, JEANNIN C, PRADELLE N, SEUX D, GROSGOGAT B (2019). Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.*, **121**:590-597.
- GOIJAT A, ABOUELLEIL H, COLON P, JEANNIN C, PRADELLE N, SEUX D, GROSGOGAT B (2018). Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent.*, **119**:384-389.
- GULER AU, YILMAZ F, KULUNK T, GULER E, KURT S (2005). Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *J Prosthet Dent.*, **94**:118-124.
- GUTH F, ZUCH T, ZWINGE S, ENGELS J, STIMMELMAYR M, EDELHOFF D (2013). Optical properties of manually and CAD/CAM-fabricated polymers. *Dent Mater J.*, **32**: 865-871.
- HABEKOST M (2013). Which color differencing equation should be used? *Int Circ Grap Edu and Res*, **6**:20-33.
- HAMDAN MA (2009). Effect of various staining solutions on the color of different dental ceramic systems. Thesis, King Saud University, Saudi Arabia.

- HE L, SWAIN M (2011). A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent Mater.*, **27**:527-534.
- HOORIZAD GANJKAR M, HESHMAT M, GHOLAMISINAKI M, EMAMI ARJOMAND (2017). Effect of accelerated aging on the color stability of light-cured resin cement and flowable composite through porcelain laminate veneer. *JIDAI*, **29**:103-109
- IRFAN UB, ASLAM K, NADIM R (2015). A review on CAD/CAM in dentistry. *J Pak Dent Assoc.*, **24**:112-116.
- ISO-Standarts (2000). ISO 7491 Dental Materials: Determination of color stability of dental polymeric materials: 1-2. Geneve: International Organisation for Standardization.
- ISO-Standarts (2011). ISO/TR 28642 Dentistry: Guidance on colour measurements. Geneve: International Organisation for Standardization.
- KAIZER MR, BANO S, BORBA M, GARG V, DOS SANTOS MBF, ZHANG Y (2019). Wear behavior of graded glass/zirconia crowns and their antagonists. *J Dent Res.*, **98**:437-442.
- KANG YA, LEE HA, CHANG J, MOON W, CHUNG SH, LIM BS (2020). Color stability of dental reinforced CAD/CAM hybrid composite blocks compared to regular blocks. *Materials (Basel)*, **13**:4722.
- KARTHICK A, MALARVIZHI D, TAMILSELVI R, NIVEDITHA S (2019). Ceramics in dentistry? A review. *Indian J Publ Healt Res & Develop.*, **10**:3018-3022.
- KHASHAYAR G (2013). Color science in dentistry. Thesis, Department of Dental Materials Science Academic Centre of Dentistry Amsterdam (ACTA) Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands.
- KHOO TSJ (2015). A comparison between a photographic shade analysis system and conventional visual shade matching method. Thesis, Oral Science, University of Iowa, Iowa.
- KOIS DE, ISVILANND A V, CHAIYABUTR Y, KOIS JC (2013). Evaluation of fracture resistance and failure risks of posterior partial coverage restorations. *J Esthet Restor Dent.*, **25**:110-122.
- KOIZUMI H, SAIKI O, NOGAWA H, HIRABA H, OKAZAKI T, MATSUMURA H (2015). Surface roughness and gloss of current CAD/CAM resin composites before and after toothbrush abrasion. *Dent Mater J.*, **34**:881-887.
- KOMINE F, HONDA J, KABDBA K, KUBOCHI K, TAKATA H, FUJISAWA M (2020). Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based CAD/CAM materials. *J Oral Sci.*, **62**:353-355.

- KURSOGLU P, MOTRO PFM, KAZAZOGLU E. (2014). Correlation of surface texture with the stainability of ceramics. *J Prosthet Dent.*, **122**:306-313.
- LAMBERT H, DURAND JC, JACQUOT B, FAGES M (2017). Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *J Adv Prosthodont.*, **9**:486-495
- LavaTM Ultimate CAD/CAM Restorative Instructions for Use, 3M ESPE Dental Products, St. Paul United States. 2016;www.3m.com.
- LEHMANN KM, IGIEL C, SCHMIDTMANN I, SCHELLER H (2010). Four color measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent.*, **38**:65-70.
- LI RWK, CHOW TW, MATINLINNA JP (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *J Prosthodont Res.*, **58**:208-216.
- LI W, SUN J (2018). Effects of ceramic density and sintering temperature on the mechanical properties of a novel polymer-infiltrated ceramic-network zirconia dental restorative (filling) material. *Med Sci Monit.*, **24**:3068-3076.
- LIN Y, SONG X, CHEN Y, ZHU Q, ZHANG W (2013). Effect of Er:YAG laser irradiation on bonding property of zirconia ceramics to resin cement. *Photomedicine and Laser Surgery.*, **31**:619-625.
- LOHBAUER U, REICH S (2017). Antagonist wear of monolithic zirconia crowns after 2 years. *Clin Oral Investig.*, **21**:1165-1172.
- LU H, ROEDER LB, LEI L, POWERS JM (2005). Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent.*, **17**:102-109.
- MAINJOT AK, DUPONT MN, OUDKERK JC, DEWAELE TY, SADOUN MJ (2016). From artisanal to CAD/CAM blocs: State of the art of indirect composites. *J Dent Res.*, **5**:487-495.
- MILICEVIC A, GORSETA K, VAN DUINEN RN, GLAVINA D (2018). Surface roughness of glass ionomer cements after application of different polishing techniques. *Acta Stomatol Croat.*, **54**:314-321.
- MORMANN WH (2006). The evaluation of the CEREC system. *JADA.*, **137**:7-13.
- MOUROUZIS P, ANDREASIDOU E, SAMANIDOU V, TOLIDIS K (2020). Short-term and long-term release of monomers from newly developed resin-modified ceramics and composite resin CAD-CAM blocks. *J Prosthet Dent.*, **123**:339-348.
- NARENDRA P, KAURANI P (2010). Colour stability: An important physical property of esthetic restorative materials. *Int J Clin Dent Sci.*, **1**:81-84.

- O'BRIEN WJ (2002). Dental materials and their selection. 3rd ed. Illinis: Quintessence Publishing.
- OKUBO SR, KANAWATI A, RICHARDS MW, CHILDRESS S (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent.*, **80**:642-648.
- PARAVINA RD, POWERS JM (2004). Esthetic color training in dentistry. St. Louis: Elseiver Mosby.
- PEUMANS M, VALJAKOVA EB, DE MUNCK J, MISHEVSKA CB, VAN MEERBEEK B (2016). Bonding effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *J Adhes Dent.*, **18**:289-302.
- PIRES-DE-SOUZA FCP, CASEMIRO LA, GARCIA FR, RODRIGUES C (2009). Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. *J Prosthet Dent.*, **101**:13-18.
- POP-CIUTRILA IS, DUDEA D, BADEA ME, MOLDOVAN M, CIMPEAN SL, GHINEA R (2016). Shade correspondence, color, and translucency differences between human dentine and a CAD/CAM hybrid ceramic system. *J Esthet Restor Dent.*, **28**:46-55.
- POTICNY DJ, KLIM J (2010). CAD/CAM in-office technology: innvations after 25 years for predictable, esthetic outcomes. *JADA.*, **141**:5-9.
- PYO SW, KIM DJ, HAN JS, YEO IL (2020). Ceramic materials and technologies applied to digital works in implant-supported restorative dentistry. *Materials (Basel).*, **13**:1964-1982.
- RASHID H (2014). The effect of surface roughness on ceramics used in dentistry. *Eur J Dent.*, **8**:571-579.
- ROMAN CCA, CRUVINEL DR, SOABD ABS, SOUZA FCPP, PANZERI H (2013). Effect of cigarette on color stability and surface roughness of dental composites. *J Dent.*, **41**:73-79.
- RUSE ND, SADUON MJ (2014). Resin-composite blocs for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res.*, **93**:1232-1234.
- SANNINO G, GERMANO F, ARCURI L, BIGELLI E, ARCURI C, BARLATTANI A (2015). CEREC CAD/CAM chairside system. *Oral Implantol (Rome).*, **7**:57-70.
- SCARFE WC, METZ CJ (2017). Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. *Eur J Dent Educ.*, **21**:200-205.

- SCHERRER D, BRAGGER U, FERRARI M, MOCKER A, JODA T (2020). In-vitro polishing of CAD/CAM ceramic restorations: An evaluation with SEM and confocal profilometry. *J Mech Behav Biomed Mater.*, **107**:103761.
- SCHROEDER T, SILVA PB, BASSO GR, FRANKO MC, MASKE TT, CENCI MS (2019). Factors affecting the color stability and staining of esthetic restorations. *Odontology.*, **107**:507-512.
- SELVA-OTAOLAURRUCHI E, MONTIEL-COMPANY JM, AGUSTIN-PANADERO R, FONS-BADAL C, FERNANDEZ-ESTEVAN L (2020). Wear in antagonist teeth produced by monolithic zirconia crowns: A systematic review and meta-analysis. *JCM.*, **9**:997-1014.
- SEN N, TUNCELLI B (2017). CAD/CAM restorasyonlarının üretimi için kullanılan materyaller. *Turk Klinikleri J Dental Sci.*, **23**:109-115.
- SEN N, US YO (2018). Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.*, **119**:593-599.
- SEVMEZ H, BANKOGLU M, YILMAZ H (2019). Resin matrix ceramics. *Turk Klinikleri J Dental Sci.*, **25**: 351-359.
- SEYIDALIYEVA A, RUES S, EVAGOROU Z, HASSEL AJ, RAMMELSBERG P, ZENTHOFER A (2019). Color stability of polymer-infiltrated-ceramics compared with lithium disilicate ceramics and composite. *J Esthet Restor Dent.*, **32**:43-50.
- SHARMA G, WU W, DALAL EN (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res Appl.*, **30**:21-30.
- SHUMAN IE, BEN ZEV A (2015). Nanoceramic CAD/CAM restorations. *Dent Today.*, **34**:124-125.
- SILAMI FD, TONANI R, ALANDIA-ROMAN CC, PIRES-DE-SOUZA FDE C (2016). Influence of different types of resin luting agents on color stability of ceramic laminate veneers subjected to accelerated artificial aging. *Braz Dent J.*, **27**:95-100.
- SILVA LHD, LIMA E, MIRANDA RBP, FAVERO SS, LOHBAUER U, CESAR PF (2017). Dental ceramics: a review of new materials and processing methods. *Braz Oral Res.*, **31**:e58.
- SILVA P, MARTINELLI-LOBO CM, BOTTINO MA, MELO RM, VALANDRO LF (2018). Bond strength between a polymer-infiltrated ceramic network and a composite for repair: effect of several ceramic surface treatments. *Braz Oral Res.*, **32**:e28.
- SONMEZ N, GULTEKIN P, TURP V, AKGUNGOR G, SEN D, MIJIRITSKY E (2018). Evaluation of five CAD/CAM materials by microstructural characterization and mechanical tests: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health.*, **18**:2-13.

- SPITZNAGEL FA, BOLDT J, GIERTHMUEHLEN PC (2018). CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *J Dent Res.*, **97**:1082-1091.
- SPITZNAGEL FA, SCHOLZ KJ, VACH K, GIERTHMUEHLEN PC (2020). Monolithic polymer-infiltrated ceramic network CAD/CAM single crowns: Three-year mid-term results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont.*, **33**:160-168.
- STAWARCZYK B, SENER B, TROTTMANN A, ROSS M, ÖZCAN M, HAMMERLE CHF (2012). Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM Blocs versus glass-ceramic: Effect of storage media, duration, and subsequent polishing. *Dent Mater J.*, **31**:377-383.
- STAWARCZYK B, LIEBERMANN A, EICHBERGER M, GÜTH JF (2015). Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mec Behav Biomed Mater.*, **55**:1-11.
- STAWARCZYK B, SCHMID P, ROOS M, EICHBERGER M, SCHMIDLIN PR (2016). Spectrophotometric evaluation of polyetheretherketone (peek) as a core material and a comparison with gold standard core materials. *Materials.*, **9**:491-501.
- STEINBRENNER H (2018). Multichromatic and highly translucent hybrid ceramic Vita ENAMIC. *Int J Comput Dent.*, **21**:239-250.
- STRUB JR, REKOW ED, WITKOWSKI S (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restoration: Current systems and future possibilities. *JADA.*, **137**:1289-1296.
- SULAIMAN TA (2020). Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent.*, **32**:171-181.
- TAKEICHI T, KATSOULIS J, BLATZ MB (2013). Clinical outcome of single porcelain-fused-to-zirconium dioxide crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent.*, **110**: 455-461.
- TRAKYALI G (2013). Diş rengi belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *EÜ. Dişhek. Fak. Derg.*, **34**:1-10.
- 3M ESPE. Notice: Change in Indication-Lava Ultimate Restorative. <http://multimedia.3m.com/mws/media/1198023O/lava-ultimate-restorative-change-of-indication-notice.pdf>. Accessed 21 March 2018.
- ÜÇTAŞLI MB, ELİGÜZELOĞLU E, ARISU HD, ÖZCAN S, ÖMÜRLÜ H, ÇINAR S (2008). İki farklı bitirme ve parlatma sisteminin farklı viskozitedeki akışkan ve mikrodolduruculu kompozit restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi. *Türk Klinikleri J Dental Sci.*, **14**: 75-79.
- Van-NORT R (2012). The future of dental devices is digital. *Dent Mater.*, **28**:3-12.

- VENTURINI AB, PROCHNOW C, PEREIRA GKR, SEGALA RD, KLEVERLAAN CJ, VALANDRO LF (2019). Fatigue performance of adhesively cemented glass-, hybrid- and resin-ceramic materials for CAD/CAM monolithic restorations. *Dent Mater.*, **35**:534-542.
- VICHI A, SEDDA M, SIENA FD, LOUCA C, FERRARI M (2013). Flexural resistance of Cerec CAD/CAM system ceramic blocs. Part 1: Chairside materials. *Am J Dent.*, **26**:255-259.
- VITABlocs Mark II, VITA Zahnfabrik (2010). Working Instructions, <http://www.vita-zahnfabrik.com>
- XU Z, YU P, AROLA DD, MIN J, GAO S (2017). A comparative study on the wear behavior of a polymer infiltrated ceramic network (PICN) material and tooth enamel. *Dent Mater.*, **33**: 1351-1361.
- YIN R, JANG YS, LEE MH, BAE TS (2019). Comparative evaluation of mechanical properties and wear ability of five CAD/CAM dental blocks. *Materials (Basel)*, **12**: 2252-2255.
- YONDEM I, SECILMIS A, INANO (2011). Effect of finishing methods on surface roughness and color stability in all-ceramic systems. *J Non-Crystalline Solids.*, **357**:1499-1503.
- ZAHRAN M, EL-MOWAFY O, TAM L, WATSON PA, FINER Y (2008). Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology. *J Prosthodont.*, **17**:370-377.
- ZANETTI F, ZHAO X, PAN J, PEITSCH MC, HOENG J, REN Y (2019). Effects of cigarette smoke and tobacco heating aerosol on color stability of dental enamel, dentin, and composite resin restorations. *Quintessence Int.*, **50**:156-166.
- ZARUBA M, MEHL A (2017). Chairside systems: a current review. *Int J Comput Dent.*, **20**:123-149.
- ZIMMERMANN M, MEHL A, MORMANN WH, REICH S (2015). Intraoral scanning systems - a current overview. *Int J Comput Dent.*, **18**:101-129.
- ZIMMERMANN M, KOLLER C, REYMUS M, MEHL A, HICKEL R (2018). Clinical evaluation of indirect particle-filled composite resin CAD/CAM partial crowns after 24 months. *J Prosthodont.*, **27**: 694-699.