

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**ÜÇ BOYUTLU YAZICIYLA ÜRETİLMİŞ TOTAL PROTEZ
KAİDE MATERYALİNDE YAPILAN FARKLI YÜZEY
İŞLEMLERİNİN RENK STABİLİTESİNE ETKİSİ**

Dt. Yusuf Şamil DOYMUŞ

**Protetik Diş Tedavisi PROGRAMI
UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA
2021**

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**ÜÇ BOYUTLU YAZICIYLA ÜRETİLMİŞ TOTAL PROTEZ
KAİDE MATERYALİNDE YAPILAN FARKLI YÜZEY
İŞLEMLERİNİN RENK STABİLİTESİNE ETKİSİ**

Dt. Yusuf Şamil DOYMUŞ

**Protetik Diş Tedavisi PROGRAMI
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ahmet Atila ERTAN**

**ANKARA
2021**

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü/Dekanlık tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açıktır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. (2)
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

14/07/2021 Yusuf Şamil

Doymuş

i

ⁱ “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

(1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*

(2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ay aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*

(3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir * Kurum ve kuruluşlarla yapılan iş birliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

** Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Prof. Dr. Ahmet Atila ERTAN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığımı beyan ederim.

Yusuf şamil Doymuş

TEŞEKKÜR

Öğrencisi olduğum için gurur duyduğum, H.Ü. Protetik Diş Tedavisi'ni tercih etme sebebim olan, dönem dönem çok yordduğum ama bilgi ve tecrübelerini her zaman sabırla benimle paylaşan, bana sadece akademik anlamda değil hayata dair projeksiyonlar çizen, uzmanlık eğitimi sonrasındaki hayatımda da her zaman desteğini esirgemeyeceğini bildiğim ve her zaman yanında olmak istediğim çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Atila Ertan'a,

Dünyanın en kibar ve en düşünceli insanı olan, tanıdığım için çok şanslı hissettiğim, kısa sürede bana çok değerli katkıları olan çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Filiz Keyf'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca güzel söylemleriyle beni her zaman motive eden ve çok değerli mesleki tecrübelerini paylaşan çok değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Nur Emel Hersek, Sayın Prof. Dr. Nesrin Anıl ve Sayın Prof. Dr. Şenay Canay'a,

Tez jürimde bulunarak bizi onurlandıran çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Selim Erkut'a,

Özellikle implantoloji eğitimimde katkılarından dolayı, akademik vizyonu ile bana örnek olan Kanıta Dayalı Diş Hekimliği'ni bana kazandıran çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Kıvanç Akça'ya,

Titiz ve özenli çalışmasıyla örnek olan ve mesleki tecrübelerini aktaran çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Barış Güncü'ye,

Her zaman her konuda güler yüzle karşılayan çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Güliz Aktaş'a,

Tüm sorunlarımın çözümünde müthiş yoğun olmasına rağmen beni hiç kırmayan, mesleki anlamda ve hayata dair çok çok değerli katkılarından dolayı bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Mehmet MUHTAROĞULLARI'na ve uzmanlık eğitimim

süresince bana katkıda bulunan tüm saygı değer H.Ü. Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve personeline,

Tüm H.Ü Diş Hekimliği Fakültesi idari personeline,

Her ihtiyacım olduğunda yanımda olduğunu hissettiğim, uzmanlık eğitim sürecimde çok değerli tecrübelerini aktaran canım abim Hakan Yalçın'a,

İlkokul yıllarımdan beri her zaman yanımda olan canım kardeşim Selimhan Türer ve eşi Emine Gürsoy Türer'e,

Uzmanlık eğitim sürecimde ekip olarak birlikte çalışmaktan müthiş keyif aldığım, her zaman yardımına koşan, dostluğunu derinden hissettiğim başta kardeşim Mert Tezcan olmak üzere, Burak Açar, Aybeniz Nazaraliyeva, Dilara Şahin, İrem Sözen Yanık, Hale Arıkan, Gulaiym Batyrbekova, Merve Uzel, Aylin Çakmak ve diğer çok değerli asistan arkadaşlarıma,

Bana her zaman her koşulda yanımda olduklarını hissettirdikleri ve benim bugünlere gelmem için büyük emek veren için başta canım anneme olmak üzere canım babama, ablam Münevver Doymuş'a, abim Emin Doymuş'a ve canım kardeşim Büşra Doymuş'a,

Tüm kalbimle sonsuz teşekkür ederim...

ÖZET

DOYMUŞ Y. Ş., Üç boyutlu yazıcıyla üretilmiş total protez kaide materyalinde yapılan farklı yüzey işlemlerinin renk stabilitesine etkisi. Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi. Protetik Diş Tedavisi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2021.

Dijital gelişmeler, tam protezlerin tasarımında ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (BDT-BDÜ) teknolojisinin ve 3B Yazıcıların kullanılmasını sağlamıştır. BDT-BDÜ ile üretilen protezlerin konvansiyonel olarak üretilenlere göre birçok klinik avantajı bulunmaktadır. Renklenmeyi engellemek için alınacak önlemlerden biri de yüzey pürüzlülüğü azaltmaktır. Yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için kaide materyallerine (KM) ışıkla sertleşen Yüzey Kaplama (YK) veya Polisaj (P) işlemi gereklidir, fakat protezlerin doku yüzeylerine YK ve P uygulanmaz. Çalışmamızda konvansiyonel yöntem ve 3B Yazıcı ile üretilmiş polisajlı, yüzey kaplamalı ve polisajsız yüzeylerde hazırlanan protez kaide materyallerinin farklı renklendirici gıdalardaki (kahve, şarap) renk stabilitesinin in-vitro olarak karşılaştırmalı olarak araştırılması amaçlanmıştır. Toplam n=216 örnek ve her alt grup için n=12 örnek üretilmiştir. 108 örnek konvansiyonel yöntemle, 108 örnek 3B Baskı ile üretilmiştir. Tüm örneklerin yüzey pürüzlülükleri (Ra) ölçülmüştür. Tüm örnekler distile su, kahve ve şarap renklendirici gıdalarda yedi gün bekletilmiştir. Renklendirme işlemi öncesi ve sonrası renk ölçümü Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile yapılmış, renk değişimi CIEDE2000(ΔE) değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler iki yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. 3B Baskı ile üretilen polisajsız yüzeye sahip örnekler en yüksek yüzey pürüzlülük ortalaması (23,714 μm Ra) göstermiştir. 3B Baskı ile üretilen polisajsız yüzeye sahip kahvede ve şarapta bekletilen gruptaki örneklerin ΔE^{00} değerleri tüm örnek gruplardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Diğer gruplardaki ΔE değerleri algılanabilirlik (1,72) ve kabul edilebilirlik (4,08) eşik değeri altında kalmıştır. 3B Baskı ile üretilen kaide materyalleri için yüzey işlemi gerekliliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yüzey kaplama, eklemeli üretim, protez kaide materyali, yüzey pürüzlülüğü

Destekleyen kurumlar: H.Ü.B.A.K.B Destek Projesi (Proje Kodu: THD-2021-19010)

ABSTRACT

DOYMUŞ Y. Ş., The effect of different surface treatments on the color stability of the total denture base material produced with a three-dimensional printer. Hacettepe University, Faculty of Dentistry, Thesis in Prosthodontics, Ankara, 2021. Digital developments have enabled the use of computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD-CAM) technology and 3D Printers in the design and production of full dentures. Prostheses produced with CAD-CAM have many clinical advantages compared to those produced conventionally. One of the measures to be taken to prevent coloration is to reduce the surface roughness. Light-cured Surface Coating (SC) or Polishing (P) treatment is required on base materials (BM) to reduce surface roughness, but SC and P are not applied to the tissue surfaces of dentures. In our study, it was aimed to comparatively investigate the color stability of denture base materials prepared on polished, surface coated and unpolished surfaces produced by conventional method and 3D Printer in different coloring foods (coffee, wine) in-vitro. A total of n=216 samples and n=12 samples for each subgroup were produced. 108 samples were produced by conventional method and 108 samples were produced with 3D printing. Surface roughness (Ra) of all samples was measured. All samples were kept in distilled water, coffee and wine coloring foods for seven days. Color measurement before and after the coloring process was made with a Konica Minolta CM 3600d spectrophotometer, and the color change CIEDE2000(ΔE) values were evaluated comparatively. Obtained data were analyzed with two-way ANOVA. The samples with the unpolished surface produced by 3D Printing showed the highest surface roughness average (23.714 μm Ra). The ΔE^{00} values of the samples in the group kept in coffee and wine with unpolished surface produced by 3D printing were found to be significantly higher than all sample groups ($p < 0.05$). ΔE values in other groups remained below the thresholds of detectability (1.72) and acceptability (4.08). Surface treatment is required for base materials produced with 3D Printing.

Keywords: denture glaze, additive manufacturing, denture base material, surface roughness.

Supported by H.Ü.B.A.K.B. Support Project (Project Code: THD-2021-19010)

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	Error! Bookmark not defined.
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iii
ETİK BEYAN	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Polimerler	3
2.1.1. Polimerlerin Yapısı	3
2.1.2. Polimerizasyon ve Polimerizasyon Yöntemleri	4
2.1.3. Polimerik Materyallerin ve Rezinlerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları	6
2.2. Protez Kaide Materyalleri	7
2.2.1. İdeal Kaide Materyalinin Özellikleri	7
2.2.2. Protez Kaide Materyallerinin Sınıflandırılması	9
2.2.3. Isı ile Polimerize Olan Rezinler	12
2.2.4. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Akrilik Rezinler	14
2.2.5. Işık ile Polimerize Olan Akrilik Rezinler	15
2.2.6. Mikrodalga Enerjisi ile Polimerize Olan Akrilik Rezinler	15
2.3. CAD/CAM Sistemler	17
2.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Tarihçesi	17
2.3.2. CAD/CAM Sistemlerin Avantajları	17
2.3.3. CAD/CAM Sistemlerin Dezavantajları	18
2.3.4. CAD/CAM Sistemlerin Bileşenleri	18
2.4. Yüzey	25
2.4.1. Yüzey Bitirme İşlemleri	25

2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü	27
2.5. Işık ve Renk	28
2.5.1. Diş Hekimliğinde Renk	28
2.5.2. Renk Sistemleri	29
2.5.3. Renk Değişimi (Renklenme) ve Renk Stabilitesi (Renklenme Dayanımı)	31
2.5.4. Renk Ölçümü ve Kullanılan Sistemler	32
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. 3B Yazıcı ile Üretilecek Örneklerin Hazırlanması	38
3.2. Konvansiyonel Yöntem ile Üretilecek Örneklerin Hazırlanması	40
3.3. Polisaj ve Yüzey Kaplama yüzey işlemlerinin yapılması	43
3.4. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümünün Yapılması	47
3.5. Üretilen Örneklerin Renklendirici Gıda Solüsyonlarında Bekletilmesi	48
3.6. Renklendirme İşlemi Öncesi ve Sonrası Yapılan Renk Ölçümü	51
4. BULGULAR	56
5. TARTIŞMA	80
6. SONUÇLAR	89
7. KAYNAKLAR	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

3B	3 Boyutlu
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
AM	Additive Manufacture- Eklemeli Üretim
ANSI/ADA	Amerikan Uluslararası Standartlar Enstitüsü/Amerikan Dış Hekimleri Birliği
Au	Altın
C	Chroma- Doygunluk
CAD-BDT	Computer Aided Design- Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM-BDÜ	Computer Aided Manufacturing- Bilgisayar Destekli Üretim
CCD	Charged Coupled Device-Yük Bağlısımlı Aygıt
CIE	Commission Internationale de l'éclairage- Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CNC	Computer Numerical Control- Bilgisayarlı Sayısal Kontrol
CoCr	Kobalt-Krom
DLP	Dijital Işık İşleme
FDM	Erimiş Biriktirme Modellemesi
FFM	Erimiş Flament Üretimi
H	Hue-Renk Tonu
IPN	Interpenetrating polymer network- İç içe geçen polimer ağı
ISO	International Standards Organization- Uluslararası Standartlar Organizasyonu
L	Lightness-Parlaklık
LCD	Sıvı Kristal Ekran
LED	Light Emitting Diode- Işık Yayan Diyot
Log	Logaritma
LOM	Lamine Nesne Üretimi
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
P	Polisaj
Pd	Palladyum

PMMA	Polimetilmetakrilat
Ra	Roughness Average- Pürüzlülük Ortalaması
Rpm	Revolutions per Minute- Dakikadaki devir sayısı
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SiO2	Silisyum dioksit
SLA	Stereolitografi
SLS	Seçici Lazer Sinterleme
SPM	Taramalı Uç Mikroskobu
Stl	Standard Triangle Language-Standart Üçgenleme Dili
Tg	Glass Transition Temperature- Cam Geçiş Sıcaklığı
TiO2	Titanyum dioksit
UDMA	Üretandimetakrilat
UV	Ultraviyole
YK	Yüzey Kaplama
µm	Mikrometre

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
2.1. Polimerlerin yapısı.	3
2.2. 3B Baskı teknolojileri.	22
2.3. Görünür ışık spektrumu.	29
2.4. Munsell renk sistemi.	30
2.5. CIELab renk sistemi.	30
2.6. CIEDE2000 ΔE formülasyonu.	31
3.1. Örnek grupları, alt grupları ve örnek numaralarının dağılımı.	38
3.2. Ackuretta Free Shape 120 üç boyutlu yazıcı.	39
3.3. Üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş örnekler.	39
3.4. Alpha 3D ile baskı tablası üzerine yerleştirilen örneklerin üstten görünümü.	39
3.5. Alpha 3D ile baskı tablası üzerine yerleştirilen örneklerin yandan görünümü.	40
3.6. MD-2.8L Mercury ultrasonik temizleyici.	40
3.7. Konvansiyonel Isıyla Polimerize PMMA örneklerin üretileceği muflaların hazırlanması.	41
3.8. Zetalabor 85 Shore A (Zhermack) laboratuvar kondanzasyon silikonu.	41
3.9. Elite Dental Stones Sandy Brown Type IV Extra Hard (Zhermack) alçı.	41
3.10. Konvansiyonel ısıyla polimerize PMMA toz-likit.	42
3.11. Örneklerin distile su, kahve ve şarap için farklı plastik kaplardaki görünümü.	42
3.12. Tüm örneklerin örnek numaralarının görüldüğü yüzeyleri.	43
3.13. PSA 360 [P600] grit SiC zımpara.	43
3.14. PSA 600 [P1200] grit SiC zımpara.	44
3.15. Buehler Phoenix Beta polisaj cihazı.	44
3.16. Polisaj pastası.	44
3.17. Carlo De Giorgi Lux-1 (Milano, İtalya) yatay polisaj makinesi.	44
3.18. Dento-blast 50 μ m (Dentona AG, Dortmund) alüminyum oksit.	45
3.19. GC Akrilik Primer.	45
3.20. GC OPTIGLAZE Color Clear.	46

3.21. GC Labolight LV-III'da Optiglaze Color Clear Polimerizasyonu.	46
3.22. GC Labolight LV-III'da Optiglaze Color Clear polimerizasyonu.	47
3.23. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü öncesi profilometre cihazının kalibrasyonu.	47
3.24. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü öncesi profilometre cihazının kalibrasyonu.	48
3.25. Perthometer M2 profilometre cihazı ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü.	48
3.26. Distile su, kahve ve şarap solüsyonlarındaki örnekler.	49
3.27. Nüve ND12 distile su cihazı.	49
3.28. Nescafé klasik.	50
3.29. Kırmızı şarap.	50
3.30. Örneklerin distile su, kahve ve şarap solüsyonlarında 37 °C'de etüvde bekletilmesi.	50
3.31. Örneklerin 37 °C'de etüvde bekletildiğini gösterir termometre.	51
3.32. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.	52
3.33. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.	52
3.34. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.	52
3.35. Nikon D7100 ile alınan örnek fotoğrafları.	53
3.36. OLYMPUS SZ61 stereomikroskop.	53
3.37. OLYMPUS SZ61 stereomikroskop.	54
3.38. x40 büyütmede OLYMPUS SZ61 Stereomikroskop kullanılarak alınan örnek fotoğrafları.	54
4.1. Farklı üretim tekniğinde, yüzey işleminde ve renklendirici gıdalarda pürüzlülük ve renk değişim (CIEDE2000) değerlerine ilişkin saçılım grafiği (Ham veriler).	72
4.2. Farklı üretim tekniğinde, yüzey işleminde ve renklendirici gıdalarda pürüzlülük ve renk değişim (CIEDE2000) değerlerine ilişkin saçılım grafiği (Logaritmik dönüşüm yapılmış veriler).	72
4.3. Distile suda üretim tekniği ve yüzey işlemi Ortalama \pm Standart Hata kestirimleri (Log 10 dönüşümlü veri).	75
4.4. Kahvede üretim tekniği ve yüzey işlemi Ortalama \pm Standart Hata kestirimleri (Log10 dönüşümlü veri).	75
4.5. Şarapta üretim tekniği ve yüzey işlemi Ortalama \pm Standart Hata kestirimleri (Log10 dönüşümlü veri).	76

- 4.6.** Tüm üretim tekniği, yüzey işlemleri ve renklendirici gıda gruplarında renk değişim (CIEDE2000) ölçümlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10) 76
- 4.7.** Tüm üretim tekniği ve yüzey işlemleri gruplarında pürüzlülük (Ra) ölçümlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10). 77
- 4.8.** ROC eğrisi grafiği. 78

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
3.1. Yüzey kaplama ajanı Optiglaze Color Clear.	46
3.2. Kullanılan renklendirici gıdalar.	50
4.1. Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.	56
4.2. Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.	62
4.3. CIEDE2000 ΔE değerleri.	68
4.4. Normallik testi (Shapiro-Wilk).	69
4.5. Varyansların Homojenlik testi (Levene İstatistik).	70
4.6. Tanımlayıcı istatistikler.	71
4.7. Farklı sınıflarda renk değişimlerine ilişkin 2 yönlü ANOVA sonuçları.	74
4.8. ANOVA Sonucuna ilişkin ikili karşılaştırmalar (Post-Hoc Testleri).	74
4.9. Tüm üretim tekniği ve yüzey işlemi gruplarında pürüzlülük (Ra) ölçümlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10).	78
4.10. Ortalama Ra ile CIEDE2000'e göre renk değişim sınıflaması için Youden İndeksine göre en iyi kesim noktası.	79
4.11. Ra ve CIEDE2000'e göre renk değişim sınıflamaları.	79
4.12. Örnek gruplarının ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.	79

1. GİRİŞ

İmplant destekli çıkarılabilir tam protezler; tam dişsiz hastalar için sık uygulanan tedavi seçeneğidir. Tam dişsiz hastalar için yapılacak protetik tedavi seçeneğinde kullanılabilen pembe renkli kaide materyaline, rezorbe olmuş dokuları yerine koymak için çok sık ihtiyaç duyulmaktadır. Bir protezden beklenen, doğal yapının estetiğini ve işlevini olabildiğince sağlamaktır. Ayrıca hasta, hekim ve teknisyen için biyouyumluluk, mekanik dayanım ve maliyet önemli etkenlerdir. Polimetilmetakrilat (PMMA), bu özellikleri sayesinde tam protezler için en çok tercih edilen kaide materyali haline gelmiştir. Konvansiyonel ısıyla polimerize polimetilmetakrilat, tam protez için standart malzeme ve üretim süreci olmuştur. Bununla birlikte uzun yıllardır tercih edilen yöntem ve malzeme olmasına rağmen, birçok eksiklik ve dezavantaj da mevcuttur.

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (BDT-BDÜ) teknolojisinin, 1980'lerde diş hekimliğinde kullanılmaya başlandığından beri, sabit ve hareketli protezler ile ilgili klinik ve laboratuvar işlemleri gelişmiştir (1). BDT-BDÜ ile üretilen tam protez ilk olarak 1994 yılında Maeda ve arkadaşları tarafından tanıtılmıştır (2). BDT-BDÜ protezler geleneksel olarak üretilmiş protezlere göre, randevu sayısının azalması ve elektronik arşivleme gibi klinik avantajlar içerir (3). Hastaların geleneksel olarak üretilmiş protezlere göre BDT-BDÜ çıkarılabilir protezleri daha fazla tercih ettikleri bildirilmiştir (4, 5). BDT-BDÜ teknolojisi ile tam protez üretim teknikleri yeni ortaya çıkmış olmasına rağmen yakın zamanda rutin iş akışında yer alacağı beklenmektedir (6, 7). Son onbeş yılda, BDT-BDÜ'in diş hekimliğine hızlı entegrasyonu nedeniyle, dijital iş akışında tam protez üretimi için giderek daha fazla sayıda yeni teknik ve klinik protokol tanıtılmıştır (8, 9)(10). Dijital olarak üretilmiş protezler (BDT-BDÜ), eksiltmeli (kazıma) üretim veya katmanlı (eklemeli) üretim kullanılarak yapılabilir (11). Üretimi yapılacak tasarımın prefabrike bloktan kazınarak yapıldığı üretim eksiltmeli üretim olarak adlandırılır (7, 12). Katmanlı (eklemeli) üretim, ham madde israfını azaltırken katman katman üretimi sayesinde aynı anda birden fazla karmaşık yapıdaki protezi oluşturabilir (13, 14). Katmanlı üretim veya Üç Boyutlu (3B) Baskı, diş hekimliğinde popülerlik kazanmıştır (15). Eklemeli (Katmanlı) üretim teknolojileri arasında, hazne (vat)

fotopolimerizasyonu, bir haznedeki sıvı fotopolimeri polimerize etmek için ultraviyole lazer, yüksek güçlü ışık projeksiyonu veya LCD panel kullanır. Üretilen nesnenin polimerizasyonu katman katman elde edilir (16). Her bir katmanın kalınlığı, hazne (vat) fotopolimerizasyonu yapan farklı Üç Boyutlu Yazıcılar için 20 ila 150 µm arasında değişebilir (17). Sıvı Kristal Ekran (LCD) ve Dijital ışık işleme (DLP), yüksek çözünürlüğü, hızlı işleme hızı ve düşük maliyeti nedeniyle dental uygulamalar için en umut verici 3B Baskı teknolojilerindedir (18). Bir Üç Boyutlu Yazıcıdaki LCD panelden veya DLP projektörden gelen ışık, ışığa duyarlı malzemeleri katman katman polimerize etmek için gerekli enerjiyi sağlar (19, 20).

Bir malzemenin rengini zaman içinde ve belirli bir ortamda tutma özelliği olan renk stabilitesi, tüm dental materyaller için önemli bir klinik özelliktir (21). Kimyasal özellikler, artık monomer miktarı, yüzey pürüzlülüğü, su emilimi, fiziksel ve kimyasal koşullar protez kaide materyallerinde renk değişimine neden olur (22). Renk değişiklikleri hasta memnuniyetsizliğine ve protez değiştirme ihtiyacına yol açabilir (23). Son çalışmalarda, plak birikimi için yüzey pürüzlülüğünün eşik değeri ($R_a=0,2$ µm) belirtilmiştir. Bu eşik değer üzerindeki yüzey pürüzlülüğünde plak birikiminde eş zamanlı bir artış olduğu gösterilmiştir (24, 25). Pürüzlü yüzeylere sahip dental restorasyonların, daha az estetik ve renk değişikliğine daha yatkın olduğu görülmüştür (25, 26). Tüm dental restorasyonlarının çeşitli nedenlerle optimum pürüzsüzlükte yüzeyleri olmalıdır (27). Pürüzsüz yüzeyler oluşturmak için hastaya teslim edilmeden önce akrilik rezinli tam ve kısmi protezler için bir parlatma işlemi gereklidir (28). Protez doku yüzeyine rutin iş akışında polisaj uygulanmaz, çünkü; polisajsız yüzeyin, özellikle maksillada daha iyi bir retansiyon sağladığına inanılmaktadır (28). Kaide materyallerine yüzeydeki hataları doldurmak, aşınma direncini arttırmak ve daha iyi renk stabilitesi sağlamak için yüzey kaplama materyalleri uygulanır (24). Protezlere alternatif olarak yüzey kaplama materyali uygulamak, üreticiler ve diş hekimleri tarafından tavsiye edilmiştir (29). Ayrıca, geleneksel cilalamaya bir alternatif olarak, eklemeli olarak üretilen protez kaideleri için kaplama malzemelerinin kullanımı tercih edilebilir (30).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Polimerler

2.1.1. Polimerlerin Yapısı

Polimerler, çok sayıda düşük moleküler ağırlıklı monomerin kimyasal bir reaksiyon ile çok yüksek molekül ağırlıklı uzun zincirli makromoleküllere dönüşmesiyle oluşur. Bu polimeri oluşturan monomerler tek türde ise homopolimer, farklı türlerde ise heteropolimer olarak adlandırılır. İki farklı tipte monomer bir polimeri oluşturursa buna “kopolimer”, üç farklı tipte monomer bir polimeri oluşturursa “terpolimer” adı verilir. Diş hekimliğinde kullanılan polimerler genellikle homopolimer yapıdadır. Monomer rezinler diş hekimliğinde sık tercih edilir, çünkü şekillendirilip kalıplanabilirler ve daha sonra polimerize olduklarında katı bir hale dönüştürülebilirler. Polimerlerin yapısı hem seramik hem de metallere temel olarak farklıdır. Bu farkı anlamak için, elastik modülü ve polimerlerin mukavemetini moleküler düzeyde dikkate almak gerekir (31, 32). Polimerler her bir ünite arasında kovalent bağlar, polimer zincirleri arasında ise Van der Waals bağları sayesinde bir bütün olurlar. Akrilik protez kaide materyalleri polimer yapıda olup, farklı şekillerde polimerize olabilirler (31-33). Polimer zincirleri “doğrusal (lineer)” ve “dallanmış” yapıda olabilir. Dallanmış yapıdaki polimerler ana zincire yan dal olarak bağlanan diğer zincirlerle oluşur. Bu yan dallar başka bir ana zincire bağlanarak “çapraz-bağlı” polimerleri oluştururlar (31)



Şekil 2.1. Polimerlerin yapısı (Phillips' science of dental materials 2012'den değiştirilerek çizilmiştir.)

2.1.2. Polimerizasyon ve Polimerizasyon Yöntemleri

Monomerlerden polimerlerin oluştuğu kimyasal reaksiyona polimerizasyon adı verilir. Polimerizasyon düşük moleküler ağırlıklı monomerlerin yüksek moleküler ağırlıklı polimer zincirlerine dönüştüğü kimyasal reaksiyondur. Monomerin komşu bir monomere bağlanmasına izin vermek için açılan ortak bir çift bağ gereklidir. Bunun iki yolu vardır; ilave ve kondanzasyon polimerizasyon (32, 33).

İlave Polimerizasyon

Kimyasal değişiklik olmaksızın çok sayıda aynı kimyasal yapıdaki çift bağ içeren doymamış molekülün birleşerek yüksek molükül ağırlıklı makromoleküle dönüşmesi olayıdır. Bir monomerin aktif hale gelmesi iki karbon atomu arasındaki çift bağın açılmasıyla olur. Çift bağın açıldığı monomer diğer monomer ile reaksiyona girer ve aktivitesini diğer moleküle aktarır. Böylelikle çift bağların zincir reaksiyonu başlar ve ilerler. Yan ürün oluşmaz. Diş hekimliğinde genellikle ilave polimerizasyon ile polimerize olan rezinler kullanılır. İlave tip polimerizasyon üç şekilde gelişir (34).

- *Serbest köklerin oluşturduğu polimerizasyon*
- *Halka açılma polimerizasyon*
- *İyonik polimerizasyon*

Kondanzasyon Polimerizasyon

İki molekülün reaksiyonu sonucu üçüncü bir makromolekül oluşur. Bu reaksiyon sonucunda küçük molekülü bir yan ürün daha oluşur. Diş hekimliğinde kullanılan ölçü maddelerinden kondanzasyon tipi silikonların sertleşme reaksiyonu bu polimerizasyona bir örnektir. Diş hekimliğinde protez kaide materyali olarak kullanılan polimerler serbest köklerin açığa çıkması ile ilave tip polimerizasyon yaparlar ve yan ürün oluşmaz. Reaksiyon dört safhada oluşur (32, 33).

- *Başlangıç (İndüksiyon) Safhası*

- *Yayılma (İlerleme) Safhası*
- *Zincir Transferi Safhası*
- *Sonlanma (Terminasyon) Safhası*

Başlangıç (indüksiyon) safhası, serbest radikallerin meydana geldiği safhadır. Serbest radikaller, polimer zincirlerinin büyümesini gerçekleştirir. Azo birleşikleri veya organik peroksitler başlatıcı olarak kullanılır. Benzol peroksit en sık kullanılan başlatıcıdır. Reaksiyon; ısı, ışık, kimyasal ya da herhangi bir etkenle peroksit bağlarının kırılması sonucunda serbest radikallerin oluşması ve bunların monomer ile reaksiyona girmesiyle başlar (35).

Yayılma, büyüme safhasında, başlangıç safhasında meydana gelen serbest radikaller metil metakrilat ile reaksiyona girer ve yeni serbest kökler oluştururlar. Reaksiyon yaygınlaşır ve devam eder. Zincirler boy olarak büyümektedir (32, 33).

Zincir transferi safhası, bu safhada büyüyen çemberin aktif radikali başka molekülle transfer olur (Bir monomere ya da inaktive olmuş bir polimer zincirine) ve böylece daha sonraki büyüme için yeni bir radikal oluşur. Örnek olarak bir monomer molekülü, büyüyen bir makromolekül tarafından aktive edilebilir, bu durumda sonlanma reaksiyonu (*terminasyon*) makromolekülde oluşmaktadır. Bunun sonucunda büyüme için yeni bir çekirdek oluşur. Aynı mekanizmayla daha önceden polimerizasyon reaksiyonu yok edilmiş bir zincir, tekrar aktive edilebilir ve büyümeye devam edebilir (32).

Sonlanma safhasında, iki büyük zincirin radikalleri arasında kovalent bağ oluşur. Zincirleme reaksiyon monomer molekülleri polimere dönüşünceye kadar devam eder. Her zaman reaksiyon sonunda bir miktar artık monomer kalır ve ölü polimer zincirleri oluşur. Bu zincirlerden polimerizasyon devam etmez. Hidrokinon gibi düşük miktarda inhibitörler raf ömrünün uzatılması için monomerin içerisine ilave edilir (32, 33, 36).

2.1.3. Polimerik Materyallerin ve Rezinlerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Polimerik malzemeler diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Polimerlerden biri veya daha fazlası kullanılmadan neredeyse tek bir klinik işlem bile gerçekleştirilemez.

- *Protetik Diş Tedavisi:* protez kaideleri ve dişler, yumuşak astarlar, kişisel kaşıklar, ölçü malzemeleri, kor yapım malzemeleri, geçici restorasyonlar, simantasyon/yapıştırma malzemeleri ve maksillofasiyal protezler
- *Restoratif Diş Tedavisi:* dentin bağlanma (adezyon) ajanları, kavite dolgu materyalleri, rezin ve cam iyonomer simanlar, pit ve fissür örtücüler, splintleme malzemeleri ve veneerler
- *Ortodonti:* braketler, braket yapıştırıcı rezinler, simanlar ve separatörler
- *Endodonti:* güta perka çubuklar, kök kanal dolgu materyalleri ve rubber-dam örtüleri
- *Ekipman:* karıştırma bolleri, spatula, ağız koruyucuları (spor ekipmanı) ve koruyucu gözlük

Polimerik rezinlerin, diş dokusundaki eksiklikleri restore etmek ve kaybedilen dişleri yerine koymak için kullanımı artmaktadır. Bu rezinler diğer rezinlerle, doğrudan diş dokusuna veya amalgam gibi diğer restoratif malzemelere yapıştırılabilir. Tam dişsiz hastada, çiğneme fonksiyonunun geri kazandırılabilmesi için protezdeki dişleri bir arada tutan ve taşıyan bir protez kaide materyali olarak kullanılabilir. Bu restoratif ve protetik uygulamaların çoğu metakrilat rezinlere dayanmaktadır (32).

2.2. Protez Kaide Materyalleri

Protez kaidesi, protezin dokuya bakan yüzeyi ile temasta olan ve dişleri içermeyen pembe kısmıdır. Günümüzde akrilik rezin protez kaide materyali yapımı için evrensel olarak kullanılmaktadır (37). PMMA rezini, 1936'dan beri protez kaide materyali olarak kullanılmaktadır. Kullanım ve onarım kolaylığı, kabul edilebilir estetik özellikleri ve düşük maliyeti avantajlarıdır. Artık monomer, boyutsal stabilitesinin ve mekanik özelliklerinin zayıf olması dezavantajlarıdır (38). Akrilik rezinler kimyasal aktivasyon, görünür ışık aktivasyonu ve ısı (geleneksel su banyosu veya mikrodalga enerjisi kullanılarak) ile polimerize edilebilirler (39). Mikrodalga ile polimerize edilmiş rezinler, geleneksel ısı ile polimerize edilmiş rezinlere bir alternatiftir. Geleneksel ısı ile polimerize edilmiş rezinlere kıyasla, polimerizasyon süresinin kısalmasına, daha iyi doğruluğa, adaptasyona ve eğilme mukavemetine sahiptir. Poliamid termoplastik polimerler ilk olarak 1950'lerde protez kaide malzemesi olarak kullanılmıştır. Tekrarlayan protez kırıkları ve akrilik rezinlere alerjiler gibi özel durumlar için tercih edilmektedirler (38).

2.2.1. İdeal Kaide Materyalinin Özellikleri

Bir protez kaide materyalinde olması gerekenler fiziksel, mekanik, kimyasal, biyolojik ve çeşitli özellikler başlıkları altında uygun bir şekilde sıralanmıştır.

Fiziksel özellikler: İdeal bir protez kaide materyali, doğal intraoral yumuşak dokuların görünümünü taklit edebilmelidir. Bu gerekliliğin önemi, hasta ağzını açtığı anda kaidenin görünür olup olmayacağına bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Bir protez kaide materyali olarak kullanılan polimer, kullanım sırasında yumuşamayı ve bozulmayı önlemek için yeterince yüksek bir cam geçiş sıcaklığı (glass transition temperature-Tg) değerine sahip olmalıdır. Ağızdaki normal sıcaklık 32 °C ile 37 °C arasında değişse de hastaların 70 °C'ye kadar sıcak içecekler tükettikleri ve tavsiyeye rağmen protezlerini çok sıcak hatta kaynar suda temizledikleri dikkate alınmalıdır.

Protezin şeklinin belirli bir süre içinde değişmemesi için materyalin iyi bir boyutsal stabiliteye sahip olması gerekir. Termal yumuşamaya bağlı olarak

oluşabilecek distorsiyonlar, internal stresler, devam eden polimerizasyon ve su absorpsiyonu gibi diğer mekanizmalar boyutsal değişikliğe sebep olabilir.

Protezlerin mümkün olduğunca "hafif" olması için malzemenin ideal olarak düşük bir özgül ağırlık değerine sahip olması gerekir. Bu durum, üst protez üzerinde etkili olabilecek yer çekimine bağlı yerinden çıkarıcı kuvvetleri azaltır.

Yüksek bir termal iletkenlik değerine sahip protez kullanan kişinin ağız mukozasının korunmasını, sıcak ve soğuk uyaranlara normal bir reaksiyonu vermesini sağlayacaktır. Kaide ısıyı iyi iletmiyor ise, hastanın normalde "dayanamayacağı kadar sıcak" olarak algılayacağı bir içeceği içmesi sonucunda içecek boğaz mukozasını tahriş edebilmektedir.

Protez kaidesi ideal olarak radyopak olmalıdır. Normal tanısal radyografik teknikler kullanarak tespit edilebilmelidir. Hastalar zaman zaman protezleri yutabilir ve araba kazası gibi şiddetli bir kaza durumunda hareketli protez parçalarını aspire edebilirler. Protezin veya protez parçasının erken radyolojik tespiti, en iyi tedavi yöntemine karar vermede çok yardımcıdır (37).

Mekanik özellikler: Tartışmalı olmakla birlikte, çoğu klinisyen protez kaide materyalinin sert olması gerektiğini düşünmektedir. Bu nedenle yüksek elastik modül değeri avantaj kabul edilir. Isırma ve çiğneme sırasında oluşan gerilim tipi kuvvetlerin kalıcı deformasyona neden olmaması için yüksek bir elastik limit değeri gereklidir. Yüksek elastik modül ve yüksek elastik limit değerinin kombinasyonu, kaidenin nispeten ince kesitte üretilebilmesini sağlayacaktır.

Üst protez kırıkları genellikle protez orta hattında, bükülme (fleksiyon) nedeniyle oluşur. Protez kaidesi, kırıkların olmaması için yeterli *flexural strength* değerine sahip olmalıdır. Protez kaide materyallerinin, aşındırıcı protez temizleyicilerinden veya fonksiyon sırasında aşınmasını minimuma indirmek için yeterli aşınma direncine sahip olmaları gerekmektedir (37).

Kimyasal özellikler: Bir protez kaide materyali kimyasal olarak inert olmalıdır. Ağız sıvılarında çözünmemeli, su veya tükürüğü emmemelidir çünkü bu durum materyalin mekanik özelliklerini değiştirebilir ve protezin hijyenik olmamasına sebep olabilir (37).

Biyolojik özellikler: İyi polimerize olmadığı durumlarda, protez kaide materyali, kullanan teknisyene zarar vermemelidir. Protez kaide materyali toksik olmamalı ve hasta için tahriş edici olmamalıdır. Kaide materyalinin ideal olarak ağız sıvılarına karşı emilimi düşük olmalıdır. Bununla birlikte, bir dereceye kadar emilim meydana gelirse, kaide materyali bakteri veya mantar üremesi için uygun bir ortam oluşturmamalıdır. (37).

Diğer özellikler: İdeal bir protez kaide materyali nispeten ucuz olmalı ve uzun bir raf ömrüne sahip olmalıdır, böylece bozulmadan depolanabilmelidir. Materyal, pahalı işleme ekipmanlarına gerek kalmadan manipüle edilmesi ve üretilmesi kolay olmalıdır. Kırılmalar meydana geldiğinde tamiri kolay olmalıdır (37).

2.2.2. Protez Kaide Materyallerinin Sınıflandırılması

Termal Davranışlarına Göre Yapılan Sınıflandırma

1. Termoplastik
2. Termoset (40)

Yapısına Göre Yapılan Sınıflandırma

1. Vinil rezinler
2. Polistiren
3. Akrilik rezinler
4. Epoksi rezinler

5. Multifonksiyonel akrilik rezinlerdir (40).

ISO 1567 Standardına Göre Yapılan Sınıflandırma

Protez kaide materyali olarak kullanılan polimerler Uluslararası Standartlar Enstitüsü; ISO (International Standards Organization) 1567 standardına göre ise şu şekilde sınıflandırılmıştır:

Tip 1: Isı ile polimerize olan polimerler

Sınıf 1: Toz ve sıvı olarak ayrı şekilde

Sınıf 2: Plastik pat şeklinde

Tip 2: Otopolimerizan polimerler

Sınıf 1: Toz ve sıvı olarak ayrı şekilde

Sınıf 2: Toz ve sıvı akışkan rezinler şeklinde

Tip 3: Termoplastik toz içeren polimerler

Tip 4: Işık ile polimerize olan polimerler

Tip 5: Mikrodalga ile polimerize olan polimerler (41).

Polimerizasyon Tipine Göre Yapılan Sınıflandırma

Polimerizasyon şekillerine göre akrilik rezinlerin sınıflandırılması aşağıda belirtilmiştir (31).

1. Isı ile polimerize olan akrilik rezinler

a. Konvansiyonel yöntemle polimerize olan akrilik rezinler

i. Doldurucusuz akrilik rezinler

ii. Güçlendirilmiş akrilik rezinler

- b. Yüksek çarpma dayanıklılığına sahip akrilik rezinler
2. Kendi kendine polimerize olan akrilik rezinler (Otopolimerizan rezinler)
3. Enjeksiyonla kalıplama tekniği kullanılarak polimerize olan akrilik rezinler)
4. Görünür ışıkla polimerize olan akrilik rezinler

CAD/CAM Kaide Materyalleri (Eksiltmeli ve Eklemeli Üretim)

Eksiltmeli Üretim

PMMA, metilmetakrilatın polimerizasyonu ile üretilen sentetik bir polimerdir. PMMA bloklar, uzun süreli tek kuronlar ve sabit bölümlü protezler için kullanılan frezelenen bir bloktur. PMMA inleyer ile cam seramik inleyeri karşılaştıran yakın tarihli bir çalışma, mekanik özelliklerin ve marjinal uyumun her iki grup için de benzer olduğunu göstermiştir (42). PMMA restorasyonlarına artan ilgi, gelişmiş optik ve fiziksel özelliklere sahip PMMA bloklarının geliştirilmesini sağlamıştır (Telio CAD, Ivoclar Vivadent, Shaan, Lihtenştayn ve VITA CAD- Temp MultiColor Blocks, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya). PMMA'dan üretilen restorasyonlar, iyi bir estetik elde etmek için kolayca parlatılabilir (43).

Son zamanlarda, CAD/CAM PMMA bloklardan, frezeleme ile geleneksel protezlere benzer renkli ve cilalı protez kaideleri üretilebilmekte ve bu kaidelere çift çapraz bağlı rezin materyalden frezelenen dişler yapıştırılabilmektedir. CAD/CAM PMMA protezlerinin mukavemet ve yüzey pürüzlülük özellikleri, geleneksel ısıyla polimerize edilmiş PMMA ile karşılaştırıldığında, üstün mukavemet ve yüzey özellikleri sergileyerek daha dayanıklı bir protez olduğunu göstermiştir (44). Birbirinden farklı özelliklere sahip birçok CAD/CAM PMMA blok vardır. BDT ve BDÜ teknikleri ile hazır bloklardan kazınarak elde edilen protezlerin, geleneksel protezlere göre daha iyi retansiyon ve daha düşük travmatik ülser sıklığı göstermeleri gibi avantajlara sahip oldukları belirtilmiştir (45).

Eklemeli Üretim

3B Baskı tekniği, tam protez üretimi için polimerize edilmemiş reçineler kullanır ve baskı işlemi sonrası, işlemi tamamlamak için son aşamada ışıkla polimerizasyon olan final kütleme adımı gerektirir. 3B Baskı iş akışı sırasında, final kütleme işleminden önce tam protezler tamamen polimerize edilmediğinden, polimerizasyon büzülmesi teorik olarak mümkündür. Kısmen polimerize edilmiş tam protez baskı platformundan sökülürken protezlerde bir deformasyon meydana gelebilir. Ayrıca, bitmiş protezler üzerinde her zaman uygun bir çözücü ile uzaklaştırılması gereken bir polimerize olmayan rezin tabakası kalır. Eklemeli üretim sürecinin avantajları arasında daha yüksek doğruluk, daha az malzeme israfı ve düşük altyapı maliyetleri yer alır. Dezavantajları arasında ise tüm materyallerin eklemeli üretim ile üretilmemesi, katman katman üretime bağlı oluşan merdiven etkisi, tekrarlanabilirlik ve destek yapılaraya ihtiyaç duyulması sayılabilir (46).

2.2.3. Isı ile Polimerize Olan Rezinler

En sık tercih edilen polimerizasyon çeşididir. Bu rezinler, toz-likit halinde bulunur. Likit; yani monomer saf metilmetakrilattır. Toz; yani polimer ise küçük küresel parçacıklar halindeki polimetilmetakrilattır (47). Konvansiyonel ısıyla polimerize olan akrilik rezinler basınçla kalıplama veya enjeksiyon tekniği ile de hazırlanabilirler. Isı ile polimerizasyonda sıklıkla kullanılan yöntemdir. Polimer ve monomer üretici firma tarafından bildirilen uygun oranlarda karıştırıldıktan sonra karışım hamur kıvamına geldiğinde, mufla içerisindeki protez kalıp boşluğuna yerleştirilir, mufla kapatılır ve pres altında basınç uygulanır, üretici firma önerilerinde sıcak su banyosuna konularak ısı ile polimerizasyonu sağlanır (32).

Rezin hamurunda sırasıyla ıslak kum, liflenme, hamur ve lastik aşamaları gözlenir. Hamur aşamasının sonlarında materyalin fiziksel ve kimyasal özellikleri pres altında basınç uygulamak için ideal aşamadır. Hamur aşamasında kalma süresi, protez kaide rezininin çalışma zamanı olarak değerlendirilir. Klinik kullanımda rezinlerin büyük çoğunluğu 10 dakikadan daha kısa bir sürede hamur aşamasına ulaşır. ANSI/ADA (Amerikan Uluslararası Standartlar Enstitüsü/Amerikan Diş Hekimleri

Birliği) Spesifikasyon No: 12, hamur aşamasının en az 5 dakika sürmesi gerektiğini ifade etmektedir (32).

Isı ile polimerize edilen kaide materyalleri ısı kaynağına göre su banyosu veya mikrodalga yöntemiyle polimerize edilebilirler. Isı ile polimerizasyon ekzotermik bir reaksiyon olduğundan polimerizasyon 74°C civarında tutulmalıdır. Polimerizasyon işleminde karbonların çift bağları parçalanarak tek bağ haline dönüşür ve bu aşamada dışarı çıkan enerji ısıya dönüşür ve sıcaklık artışı gerçekleşir. Sıcaklık artışı ile monomer daha hızlı hareket etmeye başlar ve akışkan bir hal alır, benzoil peroksit bu aşamada hızlıca parçalanır (48).

Isıtma işleminin koşulları, yapısı ve süresi polimerizasyon siklusu olarak tanımlanmaktadır (48).

Konvansiyonel basınçla kalıplama tekniği ile polimerize olan akrilik rezinler

Protez kaide materyallerinin üretimi için en sık tercih edilen yöntemdir. Yöntem; mufla içerisinde oluşturulan protez boşluğuna, hazırlanan akrilik hamurunun yerleştirilip basınç altında preslenmesini ve sıcak suda polimerize edilmesini içerir. Hacimsel olarak önerilen toz/likit (polimer/monomer) oranı 3:1'dir. Hazırlanan akrilik karışımında polimer miktarı arttıkça polimerizasyon süresi azalır ve polimerizasyon büzülmesi de böylelikle daha az olur (47).

Enjeksiyon kalıplama tekniği ile polimerize olan akrilik rezinler

Bu yöntemde, akrilik rezin mufla içerisinde hazırlanan boşluğa basınçla gönderilir. Böylece polimerizasyon büzülmesi bir miktar telafi edilebilmektedir. Polimerizasyon işleminde sırasında 6 atmosferlik sabit hava basıncında hamur kıvamındaki akrilik rezin, özel mufla içerisindeki protez boşluğuna enjekte edilir ve polimerizasyon işleminde ısı altında tamamlanır (47).

Enjeksiyon kalıplama tekniği konvansiyonel yönteme göre daha az artık monomer içerir ve boyutsal stabilitesi daha iyidir. Ayrıca, prova yapılmasına gerek kalmaz, daha homojen yapıda bir protez kaidesi elde edilir ve akrilik rezin protez boşluğunun tüm detaylarına ulaşır. Dezavantajları arasında; özel muflalar ve enjeksiyon ekipmanları gerektirmesi ve maliyetinin yüksek olması vardır (31).

2.2.4. Kimyasal Olarak Polimerize Olan Akrilik Rezinler

Konvansiyonel otopolimerizan rezinler

Kimyasal olarak polimerize olan akrilik rezinlerin polimerizasyonunun başlaması için ısı yerine kimyasal bir madde kullanılır. Başlangıç aşamasından sonraki reaksiyonlar ise ısı ile polimerize olan akrilik rezinlerle aynıdır. Partikül yapılarının düzensiz ve molekül ağırlığının düşük olmasından dolayı polimer partikül oranı daha fazladır. Bu daha zayıf ve esnek yapı oluşmasına sebep olur. Isı ile polimerize olan akrilik rezinlere göre laboratuvar işlemleri daha kısa ve basittir. Polimerizasyon hızlı gerçekleştiği için artık monomer miktarı daha fazladır. Moleküller arası bağlar zayıftır. Bu durum su emiliminin fazla olmasına, dolayısıyla boyutsal stabilitesinde zayıf olmasına sebep olur (47).

Dökülebilir (akışkan) akrilik rezinler

Dökülebilir akrilik rezinler, karıştırıldığında viskozitesi düşük, akışkan ve kimyasal olarak aktive olabilen akrilik rezinlerdir. Dökülebilir akrilik rezinlerin polimerleri (tozları) düzenli yapıdadır. Yüksek molekül ağırlıklı polimere sahip olması nedeniyle, karıştırma ve dökme işlemleri sırasında viskozite artışı engellenmiş olur (47).

Bu teknikte mufla aşaması sırasında, modelin yumuşak dokuya bakan ölçü yüzeyi alçı üzerinde, akrilik dişler ve döküm kanalı ise irreversible (geri dönüşebilir) hidrokolloid (agar) içerisinde kalacak şekilde hazırlanır. Jel halindeki agar alçı kadar rijit olmadığı için akrilik dişleri stabil bir şekilde yerinde tutamamasından dolayı akrilik rezinin dökülmesi sırasında dişlerin hareket etmesi gibi teknik dezavantajı

vardır. Ek olarak, mum atımı ısı ile işlemle yapılamadığı için, model ve dişler üzerinde mum artıkları kalabilmekte ve monomerin yüzeyleri ısıtması riske girebilmektedir (31).

Enjeksiyon kalıplama tekniği ile oda ısısında polimerize olan rezinler

Kimyasal olarak polimerize olan bazı akışkan rezinlerin şekillendirilmesi ise enjeksiyon tekniği ile kalıplanarak yapılabilir. Ancak bu teknikte üretim yapılabilmesi için özel bir düzenek ve teknik ekipman gerekmektedir (47).

2.2.5. Işık ile Polimerize Olan Akrilik Rezinler

Işıkla polimerize olan akrilik rezinler, geleneksel ısı ile polimerize olan rezinlerle karşılaştırıldığında darbe dayanımı ve sertlik açısından benzer düzeydedir; fakat elastik modülü belirgin derecede daha düşüktür. Bu nedenle, ışıkla polimerize olan akrilik rezinden üretilmiş bir protez çiğneme kuvvetleri altında ısı ile polimerize olan akrilik rezine göre daha çok elastik deformasyon gösterir (31).

Yüksek molekül ağırlıklı oligomerlerin kullanılması sayesinde, ışıkla polimerize olan akrilik rezinler geleneksel yöntemle üretilen rezinlere göre daha düşük polimerizasyon büzülmesi gösterir. Işıkla polimerize olan akrilik rezinlerin, artık metilmetakrilat monomeri içermemesi önemli bir avantajdır ve metilmetakrilat alerjisi olan hastalarda tercih edilebilir olması göz önünde bulundurulabilir (31).

Bu materyaller, üretilen metakrilat (UDMA) matriks, akrilik kopolimer, silika doldurucular ve reaksiyon başlatıcı (fotoaktivatör) olarak kamforokinonamin içermektedir. Hammaddede halindeki materyal rulo ve plakalar şeklinde üretilir ve hamur kıvamındadır. Işık geçirmeyen plastik ambalajlarda muhafaza edilir. Polimerizasyon için kuartz halojen lambalar ile üretilen 400-500 nm dalga boyuna sahip, görünür mavi ışık içeren bir hazne kullanılmaktadır. Hazne içerisinde protezin her bölgesi ışıkla eşit polimerize olacak şekilde ışık ile eşit oranda temas etmesi sağlanır (49).

2.2.6. Mikrodalga Enerjisi ile Polimerize Olan Akrilik Rezinler

Mikrodalga ısıtma, termal öz iletkenlik esasına dayanan bir yöntemdir. Bu nedenle mikrodalga enerjisi ile ısıtma, akrilik rezinler termal iletken madde olmadıkları için etkili bir yoldur. Mikrodalga ışınları, alçı içerisinden geçerek dış ortamı ısıtmadan doğrudan akriliği ısıtır. Bu sayede polimerizasyon için gerekli ısı akrilik rezin kütlesi içinde daha etkili olarak dağılır ve tüm monomerlerin kısa sürede polimerize olmasını sağlar (47).

Mikrodalgaların elektromanyetik sahası içinde metilmetakrilat molekülleri, 2450 MHz frekansta saniyede 5 milyar kez dönme hareketi yaparlar. Yüksek hızdaki bu hareket sonucunda moleküller arasında sürtünme oluşur ve ısı açığa çıkar. Açığa çıkan bu ısı ile akrilik rezinin polimerizasyonu gerçekleşir. Metal muflalar mikrodalga ışınlarının rezine ulaşmasını engeller, bu yüzden ısı ve basınca dayanıklı fiberle güçlendirilmiş plastik muflalar kullanılmalıdır. Mufla haricindeki ekipman geleneksel yöntemlerle aynıdır (47).

Mikrodalga polimerizasyonu çalışmalarında genellikle bilinen rezinler kullanılabilirken, bazı firmaların bu yöntem için özel olarak ürettikleri “mikrodalga rezinleri” de mevcuttur (50).

2.3. CAD/CAM Sistemler

2.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Tarihçesi

Teknolojik gelişmeler sonucunda diş hekimliğinde yeni malzemeler ve ileri teknoloji içeren sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemi diş hekimliğinde kullanılan en popüler ileri teknoloji sistemlerinden birisidir (51).

CAD (Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım); bir maddenin bilgisayar sistemleri kullanılarak geliştirilmesi ve tasarımının yapılmasıdır. Böylelikle üç boyutlu model çizimi sanal olarak gerçekleştirilebilmektedir (52).

CAM (Computer Aided Manufacturing-Bilgisayar Destekli Üretim) ise ölçülen ve planlanan veriler kullanılarak bilgisayar desteği ile üretimin yapılmasıdır (52).

Diş hekimliğinde CAD/CAM sistemi ilk defa 1970'de Duret ve Preston tarafından kullanılmıştır (53). Ağız içinden ölçü optik olarak alınıp fonksiyonel restorasyonlar üretilmiştir.

1980'lerde Moermann ve Brandestini CEREC sistemi tanıtmışlardır (54). Klinikte, hastanın ağız içi kamera ile prepare edilmiş kavitesinin ölçüsü alınmış, restorasyon tasarlandıktan sonra klinikte bulunan cihazda seramik bloktan inley üretilmiştir. Böylelikle bir günde restorasyon hazırlanması mümkün hale gelmiş ve diş hekimliğinde gerçek bir yenilik yapılmıştır. CAD/CAM'in gelişiminde önemli bir diğer kişi 1980'lerde Procera sistemini geliştiren Matts Andersson'dur (1).

2.3.2. CAD/CAM Sistemlerin Avantajları

- Konvansiyonel ölçü işlemlerine, ağız içi tarayıcı ile ölçü alındığı durumlarda gerek kalmamıştır.

- Daha dayanıklı restorasyonları daha kısa sürede üretme imkanı sağlamıştır (53, 55).
- Protez yapım aşamalarından kaynaklanan hatalar azalmıştır ve aşamalar azaldığı için çapraz enfeksiyon riski de azalmıştır (56).
- Seramik malzemelerin füzyon, kondansasyon, sinterizasyon işlemleri kısmen azalmıştır (56).
- Seans sayısı azalmıştır, hasta ve hekim için zaman tasarrufu sağlanmıştır (57).
- Geçici restorasyon hazırlama gibi işlem basamakları birkaç saat içerisinde restorasyonların hazırlanabilmesi sayesinde ekarte edilmiştir (57).
- Verilerin dijital data olarak arşivlenmesi sayesinde tekrarlayan üretimler yapmak kolaylaşmıştır.
- Ölçülerin ve tasarımların dijital ortamdaki transferi saniyeler içerisinde gerçekleştirilebilmektedir, bu sayesinde başka ülkeden veya şehirden hizmet almak kolaylaşmıştır.

2.3.3. CAD/CAM Sistemlerin Dezavantajları

- Üretim için kurulacak sisteme ek bütçe ayırmak gerekmektedir.

2.3.4. CAD/CAM Sistemlerin Bileşenleri

- **Tarama**

Ağız içi ve ağız dışı (laboratuvarda) tarayıcılarla elde edilen veriler bilgisayara aktarılarak dijital data içeren sanal bir model oluşturulur (12).

Ağız içi kameralar optik tarayıcılardır, fotoğraf çekerek ve video kaydı alarak veri elde edebilenler olarak ikiye ayrılır. İlk gruptakiler dentisyonun bireysel görüntüsünü kaydeden tek görüntü kameralarıdır. CEREC, Itero (Align Technology),

PlanScan (Planmeca), CS 3500 (Carestream Dental LLC) ve Trios (3 Shape) bu gruba örnektir. Video kaydı alan ikinci gruba True Definition (Lava), Apollo DI (Sirona) ve OmniCam (Sirona) sistemleri örnektir. Sistemler arasında kullanım prensibi, kayıt, ışık kaynağı, titanyum dioksit pudra gerekliliği açısından farklılıklar vardır (58).

Laboratuvar tarayıcılar, mekanik veya optik tarayıcılardır. Mekanik tarayıcıların uç kısımlarında bulunan iğne ile tarayıcının dişe göre pozisyonu korunur, hastadan alınan ölçü ya da ölçüden elde edilen model taramasında kullanılır (59). Optik tarayıcılar harekete oldukça duyarlıdır. Hasta ya da hekimin herhangi bir hareketi hatalı görüntü elde edilmesine neden olabilir (60).

- **Tasarım**

Bilgisayar ekranında üç boyutlu sanal dental restorasyonlar tasarlamak için çeşitli yazılımlar vardır. Kullanıcılar otomatik olarak tasarlanan restorasyonları seçebileceği gibi birçok özelliği değiştirerek yeni tasarımlar da üretebilir. Veri toplama sistemlerinde olduğu gibi yazılımlar da genellikle CAD/CAM sistemine özeldir ve çoğunlukla sistemler arasında değiştirilemez. Restorasyon tasarlandığında, CAD yazılımı sanal olarak oluşturulan modeli belirli bir komut setine dönüştürür ve tasarlanan restorasyonu üreten CAM ünitesini çalıştırır (61).

- **Üretim**

CAM sistemleri

Üç Boyutlu Yazıcı (Eklemeli Üretim)

Eklemeli üretim veya 3 boyutlu baskı teknolojisi diş hekimliğinde hızla gelişmektedir. Eklemeli Üretim veya Üç Boyutlu Baskı teknolojileri arasında Stereolitografi (SLA), Dijital Işık İşleme (DLP) ve LCD diş hekimliğinde en çok tercih edilen üretim teknikleridir. Eklemeli Üretim, 3B tasarımla oluşturulmuş modeli katman katman materyal ekleyerek oluşturulmasına olanak tanır. CAD tasarımı tamamlandıktan sonra çok kesitli görüntülere bölünür. Z eksenindeki her milimetre

materyal için, üretim hassasiyetine göre değişkenlik gösteren yaklaşık olarak ardışık yerleşen 5-20 katman vardır. Sıvı fotopolimer polimerize edilerek cerrahi şablonlar, modeller, ortodontik apareyler ve protezler üretmek için kullanılabilirler (62). 3B baskı, minimum malzeme kullanımı ile daha karmaşık tasarımları üretme şansı sunar (63). Pasif üretim olarak adlandırılan üretim sırasında materyal üzerine herhangi bir kuvvet uygulanmaması bir avantajdır (64). Kolay erişilebilir ve düşük maliyetli olması diğer avantajları arasındadır (65). Yazdırılan nesnenin kalitesi, 3D yazıcının ve reçinenin özelliklerine bağlıdır. Çözünürlük, doğruluk ve tekrarlanabilirlik gibi belirli faktörler bir 3D yazıcının kapasitesini tanımlar.

Üç Boyutlu Yazıcı ile üretimin avantajları

Mevcut makine çeşitliliği nedeniyle üretimde esneklik: Bazı makineler, üretimin sırasında yapıyı değiştirmek zorunda kalmadan aynı anda birden fazla malzemeyi basabilir. Bu esas olarak organik veya çok renkli materyallerin üretimi ile sınırlı olmakla birlikte, teknolojinin ilerlemesi bir gün çok bileşenli diş protezlerinin ve bunların alt yapısının karmaşık protez vakaları için tek bir makinede, tek seferde üretilmesine izin verebilme potansiyeli sunar (66).

Pasif üretim: Bu üretim tekniği materyal üzerine kuvvet uygulamaması sayesinde, özellikle eksiltmeli üretim sisteminin bazı dezavantajlarının da üstesinden gelir. Kazıma ünitelerindeki freze sistemlerinin aşınmasına, frezeleme sırasında oluşan gürültüye, ısı üretimine ve ayrıca üretim sırasında oluşabilecek yüzey hasarına neden olabilecek yüzey sertliği yüksek metallerin işlenmesi bir dezavantajdır (64).

Minimal hammadde israfı: Eksiltmeli üretimde, hammadde %96 oranında aşındırılabilir ve aşındırılan materyal artıkları genellikle tekrar kullanılamaz. Buna karşılık, eklemeli üretim genellikle gerekli miktarda materyal kullanma eğilimindedir ve %40 daha az gereksiz kullanım sağlar (63). Ek olarak, üretim sonrası polimerize olmamış reçinenin yaklaşık %95 ila %98'i gelecekteki üretim döngülerinde tekrar kullanılabilir. Bu sadece hammaddenin toplam maliyetini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda hammaddenin toplam ağırlığı ve boyutunun önemli olduğu durumlarda da önemlidir. Eksiltmeli imalatta olduğu gibi önceden şekillendirilmiş bir malzeme

bloğunun boyutlarıyla sınırlandırılmak zorunda kalmadan, nihai ürünün toplam boyutu sadece makinenin yapım odasının boyutu ile sınırlıdır; bu boyut genellikle freze sistemleri için önceden oluşturulmuş blokların sunduğu boyuttan daha büyüktür.

Üç Boyutlu Yazıcı ile üretimin limitasyonları

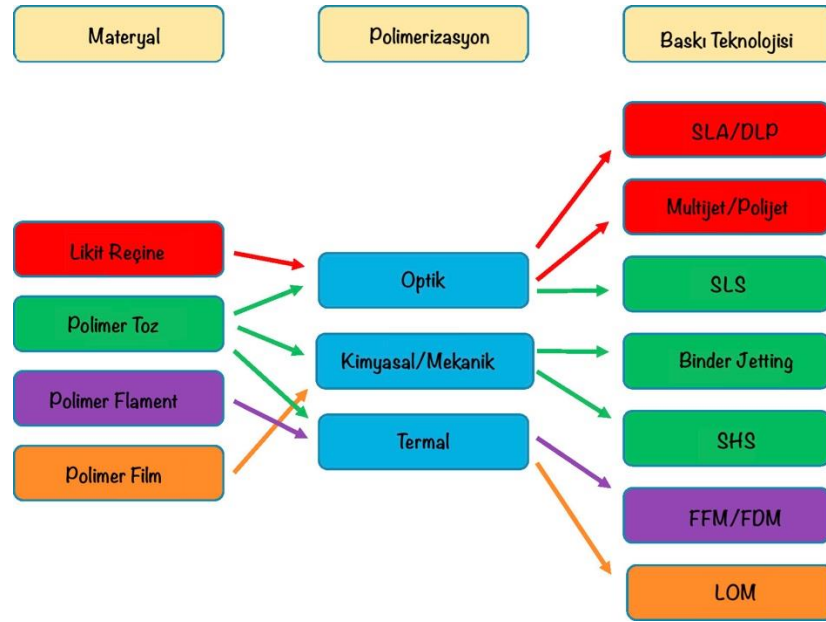
Merdiven etkisi: Katman kalınlığı mümkün olan en küçük çözünürlüğe ayarlanmadıkça, eklemeli üretimin katman katman doğası, bitmiş ürün üzerinde bir merdiven etkisi bırakır. Katman kalınlığı minimum olarak ayarlandığında bu durumun önüne geçilebilir ancak bu durum üretim süresini önemli ölçüde artırmaktadır (67).

Seramik yapıların üretimi: Seramik yapıların (zirkonya ve alümina) üretimi için bazı ilerlemeler kaydedilmiştir, ancak eklemeli üretim tekniğiyle üretilen gözenekli yapılar, büzölmeye neden olacak kapsamlı bir son işlem gerektirir. Bu nedenle, eksiltmeli üretimdeki homojen yapıya sahip değildir (68).

Tekrarlanabilirlik: Üretim hızı ve doğruluğu artarken, birçok eklemeli üretim yapan makine hala belirli dental uygulamalar için gereken doğruluk veya tekrarlanabilirlikte baskı yapamamaktadır (64). Arttırılmış doğruluğun arandığı durumlarda, genellikle üretim hızı düşer.

Destek yapılara ihtiyaç: Üretim aşamasında gerekli destek yapılarının yerleştirilmesi ilave adımlar gerektirmektedir ve üretim yapıldıktan sonra uzaklaştırılmalıdır. Bu destek yapılar, üretim sürecinde tüm sarkan yapıları destekler (69).

Dental kullanım için özgünlük: 3B baskı teknolojisi diş hekimliğinde hala gelişmeye devam ettiğinden, şu anda mevcut olan birçok yazıcı, eksiltmeli üretimde olduğu kadar diş hekimliği uygulamaları için uygun değildir (1).



Şekil 2.2. 3B Baskı teknolojileri; SLA: Stereolitografi, DLP: Dijital Işık İşleme, SLS: Seçici Lazer Sinterleme, FFM: Erimiş Filament Üretimi, FDM: Erimiş Biriktirme Modellemesi, LOM: Lamine Nesne Üretimi.

Stereolitografi (SLA)

Stereolitografi, fotopolimerize bir sıvı polimer havuzu üzerinde hareket eden konsantre bir ultraviyole ışık kullanarak katı katmanları üretir. Önce parçayı sabitlemek ve herhangi bir sarkan yapıyı desteklemek için bir platform inşa edilir. Her katmanın kalınlığını ifade eden z eksen çözünürlüğü yüksek çözünürlük gerektiren uygulamalarda 50 µm veya daha az olacak şekilde ayarlanır. Standart veya daha düşük çözünürlük gerektiren parçalar için 200 µm veya daha fazlası olarak ayarlanır (17). İlk katman polimerize olduktan sonra, platform z eksen çönürlülüğü miktarı (yaklaşık 30-200 mikron) kadar alçalmakta ve sonraki katman kürlenmektedir. Bu işlem üretim tamamlanana kadar tekrarlanır. Üretilen materyal üzerindeki istenmeyen polimerize olmamış reçine artıkları bir çözücü (genellikle izopropil alkol) ile temizlenir ve reçine tam polimerizasyon için bir ultraviyole fırına yerleştirilir (64). Parça tamamlandığında fazla reçine boşaltılır ve yeniden kullanılabilir. SLA teknolojisinde, z eksen çözünürlüğünü belirleyen sertleşme derinliği, foto-başlatıcı, ışına maruz kalma koşulları (dalga boyu, güç ve maruz kalma süresi/hızı), boyalar, pigmentler ve eklenen UV emiciler tarafından kontrol edilir, bu işlemler için tipik olarak UV lazerler veya UV LED'ler biçimindeki UV kaynaklarını kullanır (17).

Dijital Işık İşleme (DLP)

Eklemeli üretim tekniklerinden biri olan dijital ışık işleme (DLP), doğru 3B nesnelere üretmek için sürekli olarak ince fotopolimerize reçine katmanları oluşturmak için bir dijital mikro ayna cihazı ve ultraviyole ışık kullanır (17). DLP 3B baskı, minimum 50 µm boyutunda baskı yapabilen yüksek baskı çözünürlüğüne sahiptir. Günümüzde yazdırılabilir boyut 100*60 mm'den 190*120 mm'ye kadar olabilir. DLP 3D baskı, nesnelere küçük boyutlu ve yüksek hassasiyetle yazdırma avantajına sahiptir (70). Normalde, DLP 3B baskı için serbest radikal ışığa duyarlı reçine kullanılır. Yüksek hassasiyet, DLP 3D baskının en büyük avantajıdır. Ancak, yüksek hassasiyeti garanti etmek için projeksiyonun boyutu sınırlıdır. Bu nedenle, DLP 3B yazdırma yalnızca küçük boyutlu nesnelere yazdırabilir. DLP 3B yazıcı çok pahalıdır. DLP 3D baskı teknolojisi yüksek hassasiyete sahip küçük boyutlu modeller üretebilmesi nedeniyle ağırlıklı olarak kuyumculuk ve diş hekimliği alanlarında kullanılmaktadır (71).

Likit Kristal Ekran (LCD)

Lazer tarama SLA'dan dijital projeksiyon DLP'ye ve en son LCD baskı teknolojisine kadar tüm foto-kürleme 3B baskı teknolojilerinde, temel fark ışık kaynağı ve görüntüleme sistemidir. DLP ve LCD 3D baskı teknolojisi arasındaki en büyük fark görüntüleme sistemidir. LCD 3D baskı tekniğinde görüntüleme sistemi olarak likit kristal ekran kullanılmıştır. Bir sıvı kristale bir elektrik alanı uygulandığında, moleküler düzeni değişmekte ve ışığın geçmesini engellemektedir. Gelişmiş likit kristal ekran teknolojisi sayesinde likit kristal ekranın çözünürlüğü çok yüksektir. Baskı doğruluğuna ek olarak, DLP ve LCD 3D baskı arasındaki en büyük fark ışık yoğunluğudur. Işık yoğunluğunun, baskı hızını ve sertleşme derecesini belirleyen foto-polimerizasyon için önemli bir faktör olduğu iyi bilinmektedir. Bu nedenle, yalnızca başlatıcı miktarı artırılırsa veya ışığa maruz kalma süresi uzatılırsa, DLP 3D baskı için ışığa duyarlı reçine, LCD 3D baskıda kullanılabilir. (72) LCD yazıcılar çok ucuzdur ve iyi çözünürlüğe sahiptir. Bununla birlikte, LCD'nin kullanım ömrü kısadır ve düzenli olarak değiştirilmesi gerekir, LCD 3B yazıcıların ışık yoğunluğu çok zayıftır, çünkü ışığın yalnızca %10'u LCD ekrandan

geçebilir ve ışığın %90'ı LCD ekran tarafından emilir. Likit tankının düzenli olarak temizlenmesi gerekir. Artık LCD 3B yazıcılar dış hekimliğinde rutin olarak kullanılmaktadır (71).

Sprey Baskı

Sprey baskı ile 20 µm'nin altındaki katman boyutları mümkün olduğundan yüzey bitirme gerektirmeyen oldukça karmaşık geometrilere pürüzsüz parçalar üretebilmek mümkündür. "PolyJet" ve "Multijet" olarak da adlandırılan sprej baskı tekniği, 2000 yılında bir İsrail şirketi olan Objet tarafından patenti alınmıştır. Sprej 3B baskı, birçok püskürtme ucu dizisi birlikte çalışarak modelleri yüksek kalitede yazdırabilir. Yüzlerce, binlerce püskürtme ucu çalışırken platformda katman katman sıvı ışığa duyarlı reçine tabakası püskürtür, baskı memeleri XY düzlemi boyunca hareket eder. Işığa duyarlı reçine çalışma tablasına püskürtüldüğünde, silindir, püskürtülen reçinenin yüzeyini düz hale getirmekte ve UV lamba ışığa duyarlı reçineyi polimerize etmektedir. Sprej baskı ve ilk katmanın kürlenmesi tamamlandıktan sonra, cihazın yerleşik tezgahı son derece hassas bir şekilde katman kalınlığını düşürür ve püskürtme uçları bir sonraki baskı ve kürlenme katmanı için ışığa duyarlı reçineyi püskürtmeye devam eder. Teoride, Sprej 3B baskı teknolojisinde ışık kaynağının dalga boyu sınırsız olabilir. Böylece Sprej 3B baskı için radikal, katyonik ve hibrit fotopolimerizasyon seçilebilir. Ek olarak, enjekte edilebilir olmasını sağlamak püskürtmenin düşük viskoziteye ihtiyaç duyması nedeniyle reçinenin viskozitesi Sprej 3B baskı için önemlidir. Bu nedenle, düşük viskoziteli ve ısıtmalı püskürtme ucu ön koşuldur. Sprej 3B baskıda çok sayıda püskürtme ucu olduğu için farklı malzemeler püskürtülebilir. Böylece, farklı malzemelerin, farklı renklerin, farklı sertliklerin vb. ihtiyaçlarını karşılayabilen çeşitli malzemeler, çok renkli malzemeler aynı anda basılabilir. Şu ana kadar, Sprej 3B baskı, çok renkli modelleri basabilen tek teknolojidir. Sprej 3B baskı, 16 µm'ye kadar düşük katman kalınlığı yazdırabilen çok yüksek doğruluğuna sahiptir. Destek malzemelerinin eriyebilir veya çözülebilir olması nedeniyle, desteklerin çıkarılması işlemi zarar görmeden ve kolayca yapılır. Bu nedenle, baskı modellerinin yüzeyi pürüzsüzdür. Ancak Sprej 3B yazıcılar çok pahalıdır. Malzemeler de pahalıdır ve düşük viskozite gereklidir. Sprej 3B baskı, yüksek işlem hassasiyeti gerektiren alanlarda kullanılır. (71)

Kazıma (Eksiltmeli Üretim)-Ekstraktif Yöntem

Ekstraktif Yöntem genellikle, kısmen veya tamamen sinterlenmiş bir malzemeden tasarlanmış hacimsel şeklin, 3, 4, 5 eksenli frezeleme sistemleri olarak adlandırılan, tanımlanmış yollarda hareket eden, ıslak veya kuru durumda çalışan bir freze makinesi kullanılarak frezelenmesini içerir (64). Kazıma sistemleri laboratuvarında veya hasta başında (chairside) olabilir. Restorasyonu, protezi veya apareyi dijital olarak tasarlamak için dijital bir dosya (stl, “Standard Triangle Language”) kullanılır, final tasarım üretim için frezeleme sistemine gönderilir. Son zamanlarda kazınabilir materyaller arasında mum, polimetilmetakrilat (PMMA), kompozit rezinler, yüksek performanslı polimerler, metaller ve seramikler bulunur; bunlar arasında cam seramikler, yaygın olarak rezin bazlı seramikler olarak bilinen seramik partiküllerle güçlendirilmiş polimerler, hibrid seramikler olarak da bilinen seramik infiltre edilmiş polimerler ve polikristalin seramiklerdir.

2.4. Yüzey

2.4.1. Yüzey Bitirme İşlemleri

- **Polisaj ve cila**

Akrilik rezinin alüminyum oksit bazlı polisaj pastası veya sabunla parlatılmasıyla daha düşük yüzey pürüzlülüğü seviyeleri elde edilebilir. Teknisyenler, protez kaide materyali olan rezini parlatmak için etkili teknikler kullanırlar. Kaba bitirme işlemini, su ve ince süngertaşı veya silikon parlatıcılarla ön polisaj takip eder. Daha sonra polisaj pastası veya ince alüminyum oksit parçacıkları içeren sıvı kullanılarak ince cilalama ile sonlandırılır. Klinik uygulamalarda hareketli protezlerin akrilik rezin kısımlarını düzeltmek için yapılan aşındırmadan hemen sonra kullanılmak üzere hasta başında çeşitli polisaj kitleri geliştirilmiştir. Polisaj kitleri üreticilerine göre yeterince pürüzsüz akrilik rezin yüzeyi sağlayabilirler (24)

Aşındırıcı ile kaplı disk ve şeritler aşındırıcı partiküllerin uygun bir yapıştırıcı madde ile esnek bir materyale (hafif ağırlıklı kağıt, metal veya polyester gibi)

bağlanması ile üretilirler (48). Üzerlerinde ince bir tabaka aşındırıcı bulunduğu için etkinlikleri kısa sürelidir bu yüzden tek kullanımlıktırlar (73). Genellikle alüminyum oksit aşındırıcılarla kaplanmışlardır ancak silikon karbit, zımpara, kuartz ve lal taşı ile kaplananlar da vardır. Belli bir sıra ile kaba grenli disklerden başlayıp çok ince grenli disklerle bitirilerek kullanılırlar (74).

Partikül büyüklükleri kaba grenli diskler için 100-55 µm, ultra ve süper ince diskler için 7-8 µm arasında değişir (75). Aşındırıcı kaplı diskler ve şeritler düz veya konveks yüzeyler için uygundur (74).

- **Yüzey kaplama**

Protezlerin yüzey kaplaması için bazı materyaller kullanılmıştır. Üreticilere göre, bir yüzey kaplama materyali, akrilik rezin yüzeyini daha pürüzsüz hale getirecek, artık yiyecek birikimini, plak yapışmasını azaltacak, renklenmeyi ve daha iyi ağız hijyeni koşulları sağlayacaktır. Yüzey kaplama materyalleri, yüzey pürüzlülüğünü azaltan, polimerizasyondan sonra düzensizlikleri ve oksijen inhibisyon tabakasını ortadan kaldıran doldurucusuz, düşük viskoziteli rezinlerdir. Bitirme/parlatma işlemlerinden sonra oluşan mikro çatlakları ve mikro kusurları kapiler hareketle doldurarak restorasyonların optimal özelliklerini ve özellikle yüzey düzgünlüğünü iyileştirmek için yüzey kaplama materyalleri önerilir. Bununla birlikte, aşınmaya karşı düşük direnç, alttaki materyale zayıf bağlanma ve bazı materyallerin yüzeye düzensiz dağılmasından kaynaklanan düşük yüzey kalitesi gibi sorunlara yol açabilir (76).

Yüzey kaplama materyalleri

PMMA, yüzey aşınması ve çizilmesine karşı en dirençli dental polimerlerden biridir. PMMA rezinlerin sertliğini, aşınma direncini arttırmak, dolayısıyla klinik ömrünü arttırmak birkaç yolla yapılabilir. İlki, PMMA yüzeyinin SiO₂ ve TiO₂ oksitlerle kaplanmasını içerir. Bu yöntem, çok daha düşük sıcaklıklarda veya ışık aktivasyonu yoluyla polimerize olan alkoksisilanlar veya alkoksititanatlar gibi çözünen katkı maddeleri ve bağlayıcı ajanlar esasına dayanmaktadır (77). İkinci modifikasyon yöntemi, PMMA rezinlerinin çapraz bağlanmasından oluşur. Bu güçlü

etkileşimler ayrıca makromoleküller arasındaki kovalent çapraz bağlarla temsil edilir. Dental üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem, PMMA protez kaideleri için iç içe geçen polimer ağ (IPN) benzeri yapılar oluşturmaktır. Polimer zincirlerinin iyonik veya kovalent bağlar yoluyla çapraz bağlanması ve birbirine bağlanması, polimer zincirlerinin serbest hareketlerini engelleyerek, amorf polimer yapısında esnekliği teşvik ederek birbirlerini geçmesini sınırlar.

2.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçümü

Başarılı bir protezin en önemli özelliklerinden biri, iyi cilalanmış ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasıdır. İdeal estetik ve ağız hijyeni sağlamak için protezlerin yüzeyleri olabildiğince pürüzsüz olmalıdır çünkü hasta protez hijyenine dikkat etse bile pürüzlülük mikroorganizma yapışmasını kolaylaştırabilir (24). Protez kaide materyallerinin pürüzlülüğü, esas olarak materyalin özelliklerinden, cilalama tekniğinden ve operatörün el becerilerinden etkilenmektedir (78). Yüzey pürüzlülüğü, materyal üzerindeki porozite ve diğer düzensizliklerin varlığı ile belirlenir (79). Yüzey pürüzlülüğü, bakteri plağının tutunmasını, lekelenmeyi ve ardından ağız sağlığını olumsuz etkilediği için önemli bir parametredir. İyi cilalanmış ve pürüzsüz protez yüzeylerinin intraoral olarak başarılı olma ihtimalinin daha yüksek olduğuna dikkat çekilmiştir (38). In vivo çalışmalar, protezlerinin cilalı yüzeylerinin yüzey pürüzlülüğününün 0,2 µm'yi geçmemesi gerektiğini göstermiştir (80). Dental materyallerdeki yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemleri, taramalı elektron mikroskopisi (SEM) gibi nitel yöntemleri ve yüzey profili analizi gibi nicel yöntemleri içermektedir. Son yıllarda yüzey pürüzlülüğü ölçümünde Taramalı Uç Mikroskopu (SPM) ve Atomik Kuvvet Mikroskopu (AFM) kullanılmaya başlanmıştır (81).

Profilometre

Profilometre, yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için sıklıkla kullanılan bir cihazdır. Profilometreler tarafından elde edilen pürüzlülük değerleri, yüzey düzensizliklerinin nicel ölçümününün sonuçlarını içermektedir (81). Profilometre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü, yüzeye temas eden “mekanik profilometre” ile yapılabildiği gibi, sensörün tarama boyunca yüzeye temas etmediği “optik profilometre” aracılığı ile de

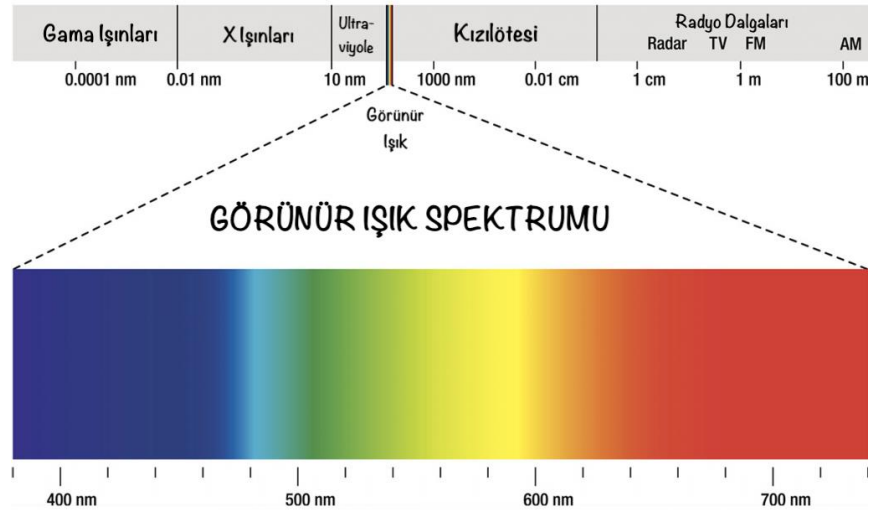
yapılabilmektedir (50). Mekanik profilometreler, 5 µm yarıçapındaki, elmas tarayıcı ucun materyal yüzeyinde gezdirilmesi sırasında, yüzeydeki girinti ve çıkıntılardan geçerek materyalin iki boyutlu yüzey profilinin çıkarılması prensibine dayalı olarak çalışmaktadır. Optik profilometre, yüzeyin hem niteliksel hem de niceliksel değerlendirilmesini sağlayan bir cihazdır. Optik ışınlar yardımıyla numune yüzeyine temas etmeden tarama yöntemiyle yüzey topografisi üç boyutlu olarak değerlendirilebilmektedir. Yüzey özelliklerinin profilometre ile değerlendirilmesinde Ra, Rz, Rpm ve Rpm/Rz gibi çeşitli parametreler mevcuttur. Bir yüzeyin ortalama pürüzlülük değeri olarak tanımlanan Ra, materyal yüzeylerinin profilometre ile analizinde en sık kullanılan parametredir (82, 83).

2.5. Işık ve Renk

2.5.1. Diş Hekimliğinde Renk

Işık, gözle görülen elektromanyetik enerji olarak tanımlanabilir. Görünür ışık spektrumunun kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç ana banda ayrıldığı esasına dayanarak, herhangi bir ışık kaynağının verdiği ışığın renk kalitesinin, bu ışık içinde mevcut olan kırmızı, yeşil ve mavi ışınların yüzde oranı ile ifade edilebilir (32).

Renklendirici pigmentler, bir nesnenin doğal tonlarıdır. Bu renkler, ışığın cismi geçmesi veya cisimden yansması ile algılandığından, yansıtan ve geçirgen ortam için renk reproduksiyonunda kullanılan eksiltici renklerle aynıdır. Diş hekimliğinde renklendirici pigmentleri anlamak zorunludur çünkü bunlar restoratif materyallerin doğasında bulunur (örn. Seramikler, kompozitler ve akrilik rezinler) (84).



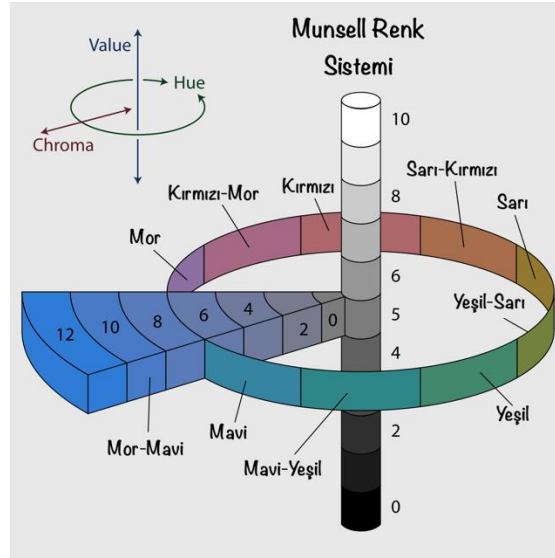
Şekil 2.3. Görünür ışık spektrumu.

2.5.2. Renk Sistemleri

Günümüzde çok sayıda renk belirleme sistemi olmasına rağmen bunlardan ikisi sıklıkla tercih edilmektedir; Munsell renk sistemi ve CIE $L^*a^*b^*$ (ΔE^*) renk sistemi (85). Bu iki renk belirleme sistemi dışında CIE (Commission Internationale de l'éclairage) 2001 yılında, güncelleme yapmış ve CIEDE2000 (ΔE^{00}) formülasyonu sunmuştur (86).

Munsell Renk Sistemi

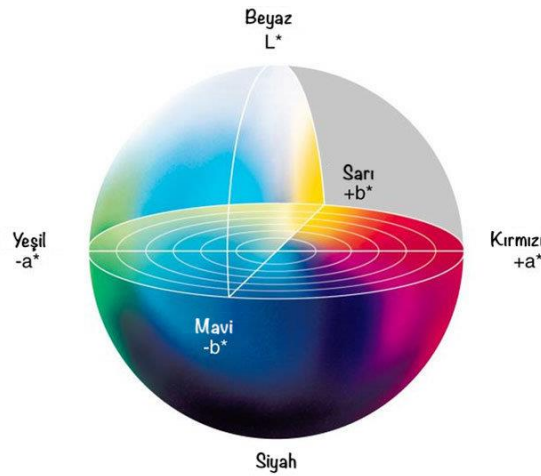
Bilinen en eski renk sistemi olan Munsell renk sistemi Albert H. Munsell 1905 yılında geliştirmiştir. Munsell renk sistemindeki renkler, küresel koordinatlar üzerinde yer alır. Sistemde value, hue ve chroma olmak üzere üç parametre vardır. Value silindirin uzun (vertikal) ekseninde yer alır ve beyazdan siyaha gri tonlarını gösterir. Hue ise silindirin etrafında yer alan halka üzerinde yerleşmiştir ve renkler içerisinde bir rengi diğerinden ayırt etmeyi sağlayan özelliştir. Chroma ise rengin doygunluk miktarını gösterir ve küresel koordinat sisteminde horizontal yönde uzanır ve merkezden dışa doğru artar (87)



Şekil 2.4. Munsell renk sistemi.

CIELab Renk Sistemi

Renk sistemleri içerisinde en sık kullanılan, 'Commission Internationale de l'Eclairage' (CIE) tarafından sunulan CIE sistemidir (88).



Şekil 2.5. CIELab renk sistemi.

İlk olarak 1931 yılında ortaya atılan bu sistem, rengin oluşturduğu spektral cevabın standart bir ışık kaynağı altında standart bir gözlemci tarafından yorumlanmasına dayanır (6, 67). L, a, b renk uzayı ise 1976 senesinde tanıtılmıştır (66). Bu sistem Munsell renk sistemine çok benzemesine rağmen bu sisteme göre avantajı renk farklılıklarını klinik olarak yorumlama olanağı sunmasıdır (10). CIELab renk sisteminde renk L, a ve b olmak üzere 3 koordinat ile ifade edilmektedir. L

koordinatı Munsell renk sistemindeki renk değerine (value) karşılık gelir ve rengin açıklık-koyuluğu hakkında fikir verir. Saf siyah 0, saf beyaz ise 100 L değerine karşılık gelmektedir. Açık renk yüksek L değerlerine karşılık gelirken koyu renkteki nesnelerin L değeri daha düşüktür (31).

CIEDE 2000 Renk Sistemi

CIE renk farklılıklarını hesaplamak için daha gelişmiş bir formül geliştirmiştir (89). Bu formül daha öncekinden daha iyi gibi görünmesine rağmen, kullanımı daha karmaşıktır (86, 90). CIEDE2000 formülü dış renkleri arasındaki algılanabilir ve kabul edilebilir renk farklılıkları için daha iyi göstergeler sağladığından renk farkı hesaplamaları için daha iyi bir uyum göstermektedir. Bunun yanında CIEDE2000 formülü klinik enstrümantal renk analizinde, CIELab formülünden daha fazla dikkate alınmalıdır (91).

CIEDE renk formülü hesaplamaları aşağıdaki denkleme göre yapılmaktadır (Şekil 6) (92) .

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

Şekil 2.6. CIEDE2000 ΔE formülasyonu.

CIEDE2000 formülünde yer alan $\Delta L'$, $\Delta C'$, $\Delta H'$ örneklerle eşleşen renk açıklığı, parlaklığı ve renk tonunu ifade eder. R_T rotasyon fonksiyonu ise, mavi bölgedeki renk ve renk tonu arasındaki farklılıkları hesaplamaktadır. Ağırlandırma fonksiyonu (S_L , S_C , S_H) ise L' , a' , b' koordinatındaki çiftlerin total renk farkları arasındaki varyasyonlarını ve parametrik faktörleri (K_L , K_C , K_H) düzenlemektedir.

2.5.3. Renk Değişimi (Renklenme) ve Renk Stabilitesi (Renklenme Dayanımı)

Renk stabilitesi, diş protezlerinin önemli bir estetik özelliğidir. Protezlerin renk değişimi; rezinin yetersiz polimerizasyonu, malzemelerin cilalanabilirliği, bir yüzey

kaplama veya glaze materyali varlığı gibi yüzey özelliklerini etkileyecek faktörlerden etkilenmektedir (93).

Ayrıca, ağız ortamındaki faktörler, sıcaklık değişiklikleri, nem, maruz kalma süresi ve pigmentli içeceklerin tüketimi protezlerin renginin değişmesine neden olabilir (94).

2.5.4. Renk Ölçümü ve Kullanılan Sistemler

Günümüzde diş renginin belirlenebilmesi için farklı sistemler kullanılmaktadır. Temel olarak bu sistemler görsel renk seçimi ve dijital sistemlerin kullanımı olarak iki gruba ayrılmaktadır (95).

Görsel Renk Ölçümü

Diş hekimliğinde renk seçimi işlemi için en sık kullanılan yöntem, diş renginin, renk skalaları ile görsel olarak karşılaştırılması yöntemidir (96). Bu yöntem diş ve skalanın aynı ışık kaynağı altında subjektif olarak karşılaştırılmasını içerir (97). Diş skalalarında mevcut renkler doğal diş renklerinin tamamını kapsamamaktadır, dolayısıyla hastayı ve/veya hekimi memnun edecek ideal bir renk seçiminin son derece zor olması dezavantajlarından birisidir (98). Görsel renk ölçümü yöntemin diğer dezavantajları ise;

Diş hekimi ile diş teknisyeni arasındaki iletişim için kullanılacak standardize skala çeşitliliğinin sınırlı olması; (99)

Renk seçimi sırasında diş hekimleri arasında veya diş hekiminin yapmış olduğu kendi seçimleri arasında farklı seçimlerin olabilmesi; (97)

Işık kaynağı, tecrübe, yaş, insan gözünün hata payı ve fizyolojik etkenler (renk körlüğü) gibi genel değişkenlerin tutarsız bir renk ölçümüne neden olabilmesi; (97)

Renk seçimi sonrası belirlenen rengin CIE L*a*b* renk skalasına dönüştürülememesi, yani rengin sayısal karşılığının belirlenmesi (96) olarak sayılabilir.

Renk seçim işlemi her zaman restore edilecek dişin preparasyonundan önce dişler dehidrate olmadan yapılmalıdır. Preparasyon sırasında dişlerin dehidrate olması hatalı renk seçimi ile sonuçlanabilir. Mine, metal, siman aşındırılmasında ortaya çıkan artıklar ve biyolojik sıvılar dişlerin renginin farklı görülmesine sebep olabilir (100)

Renk seçimi öncesi hastadan hekimin dikkatini dağıtabilecek her şeyi uzaklaştırması istenmelidir. Dudaklardaki ruj ve falza miktarda yapılmış makyaj renk seçiminin doğru biçimde yapılmasını etkileyebilir. Bu yüzden bunlar temizlenmeli veya maskelenmelidir. Renk seçimi öncesinde dişler temiz ve lekesiz olmalıdır. Hekim, dik pozisyondaki hasta ile ışık kaynağı arasında ve aynı seviyede olmalıdır. Retinadaki konuların yorulabildiği bilindiği için renk seçim işlemi 5 saniye içerisinde yapılmalıdır (101).

Klinikte en sık tercih edilen skalalar, Vitapan Classic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alamnya), Vita 3D Master (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alamnya) renk skalalarıdır. Vita Classic renk skalasında renk örnekleri hue değeri göz önüne alınarak sıralanmıştır. Vita 3D Master renk skalasında ise renk örnekleri value değerlerine göre net olarak 5 ana gruba ayrılmış; hue sağ-sol yönde, chroma ise aşağı yukarı yönde sıralanmıştır (102).

Dijital Renk Ölçümü

Yapılacak restorasyonun rengi belirlenirken hekim ve çevredeki renk, ışık gibi değişkenlere bağlı bütün etkili faktörler gözle renk belirlemesinin subjektif olması ile sonuçlanır (103). Renk ölçüm cihazlarının kullanımının gündeme gelmesinde rengin algılanmasındaki kişiler arasında farklılıkların olması ve rengin görsel olarak belirlenmesindeki standardizasyon eksiklikleri yer almaktadır (104).

Dijital renk ölçümü için günümüzde kolorimetreler, spektrometreler, spektrofotometreler ve dijital fotoğraf makineleri kullanılmaktadır. Bu cihazların kullanımı sayesinde daha objektif, sayısal karşılığı olan ve hızlı ölçümler yapılabilmektedir. Dijital renk ölçümünün en önemli avantajları bunlardır (97).

Kolorimetre

Rengin koordinatlarını veren cihazlardır. Bu cihazlar gözdeki renk reseptörlerini taklit eden renk filtrelerine sahiptir. Renk ölçümü, objeden yansıyan ışınların bu filtrelerden geçerek gerçekleştirilir (97).

Bu cihazlar üç uyaranlı x, y, z değerlerini veya CIE L*, a*, b* değerlerini verirler (105). Bu değerler matematiksel olarak analiz edilebilir ve analiz sonrası elde edilen değerlerle farklı objelerin renk parametrelerinin karşılaştırılmasında kullanılabilir (106).

CIE L*a*b* sistemini kullanan cihazlar belirli açıda ışın gönderir, daha sonra sabit bir açıyla geri dönen ışınların yansıma değerlerini ölçer. Yüzey renklerinin ölçülmesi için içerisinde üç farklı sensör bulundurur. Bu sensörler insan gözündeki kon tipi hücrelere benzer bir mekanizma ile çalışmaktadır. Dedektör içinde yer alan bu sensörler, CIE $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ ve $z(\lambda)$ sistemine yakın sonuç vermesi amacıyla yerleştirilmiştir (95).

Kolorimetrelerin dezavantajları:

Dişlerin düz yüzeylere sahip olmaması ve bu cihazların düz yüzeylerde ölçüm yapmak için tasarlanmış olmaları dezavantajlarından biridir.

'Edge-loss' diye adlandırılan, özellikle dar açıklığa sahip olan cihazlarda renk ölçümü yapılan nesneden yansıyan ışığın cihaza tam olarak dönememesi gibi problemler yaşanmaktadır (107).

Genel olarak kolorimetreler, spektoradyometre ve spektrofotometrelere göre daha kullanışlıdır ve daha küçüklerdir, ayrıca fiyatları da daha uygundur. Ancak; kolorimetrelerde, filtrelerin kısa sürede eskimekte ve bu cihazın sürekli kullanılabilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Metamerizmi değerlendirebilmek için kullanılmamaları diğer bir dezavantajdır. Dişlerin ve seramiklerin belli oranda translusent materyaller olması bu cihazda renklerin belirlenmesi sırasında ışığın kırılarak dağılmasından dolayı sonuçlarda problemler yaşanabilmektedir. Örneğin doğal diş ile aynı renkteki metal seramik bir restorasyon, translusensi değerleri farklı olduğu için kolorimetre ile okunduğunda farklı sonuçlar verebilir (108).

Dijital Fotoğraf Makineleri

Dijital kameraların renk ölçümünde kullanılması zamanla popüler hale gelmiştir. Tek bir noktanın değil tüm yüzeyin renk ölçümünün görüntüler halinde yapılabilmesi avantajlarından (109).

Yöntem; klinikte çekilen fotoğraf görüntüsünün, kameranın bağlı olduğu bilgisayarda analiz edilmesi esasına dayanır. Film üzerinde ışık odaklanması ve kimyasal reaksiyon yerine dijital fotoğraf makineleri görüntüyü CCD (sensör) ile yakalarlar. CCD'ler milyonlarca sayıda küçük ışığa hassas elemandan (fotosit) oluşur. Her bir fotosit üzerine gelen ışığa bir cevap verir. Tüm renklere sahip bir görüntü elde etmek için alıcılar (sensor) ışığın temel renkleri olan üç renkte bakabilmek için filtreler kullanır. Bu üç ayrı renk her bir piksele kaydedilebilir (109).

Renk ölçümü istenen objenin görüntüsü dijital bir kamera ile alındıktan sonra, kameranın bağlı olduğu bilgisayar ile değerler CIE $L^*a^*b^*$ cinsinden ifade edilmektedir. Sistem; dijital kamera, bağlı olduğu bilgisayar, görüntüyü yakalayan bir sürücü, bilgisayar programı ve renk sensörünü içermektedir (110).

Hekim ve teknisyen arasında iletişimi kolaylaştırmaktadır (111).

Spektrofotometreler

Spektrofotometreler yüzey renk ölçümünde en sık tercih edilen cihazlardır. Çalışma prensibi, renk ölçümü yapılacak nesneden ve standart beyaz zeminden yansıyan ışığı görülebilir spektrumda 1-25 nm aralıklarla ölçmektir (108). Ayrıca metamerizmi ayırt edebilmek için kullanılabilirler. Farklı ışık kaynaklarında farklı ölçüm değerleri verebilmektedir. Bu nedenle spektrofotometrelerin kullanım alanları arasında daha profesyonel ölçümler olan bilimsel çalışmalar, kalite kontrolleri ve rengin tarif edilmesi sıralanabilir (103).

Diş hekimliğinde ise spektrofotometrenin kullanım alanları; akrilik dişler, seramikler ve restoratif rezin materyaller gibi dental materyal renklerinin sayısal karşılığını bulmak ve iki materyal arasındaki renk farkını değerlendirmek sayılabilir (112).

Spektroradyometreler

Spektroradyometreler rengin radyometrik değerlerinin ölçümünde kullanılırlar. Spektroradyometreler renk ölçümünü, insan gözü gibi nesneye temas etmeden yapmaktadır. Renk ölçümü için, ışık kaynağı kullanımı gereklidir. Ölçüm sonuçlarını gerçek görüş şartlarında gerçekleştirebilmeleri bu aletlerin olumlu özelliklerinden biridir. Ancak ölçüm açısındaki ufak değişiklikler sonuçlarda büyük değişikliklere neden olabilmektedir ve kullanım hassasiyetlerinin yüksek olması bu aletlerin dezavantajlarıdır (108).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda konvansiyonel ısıyla polimerize polimetilmetakrilat (PMMA) rezin (Meliodont Heat Cure, Kulzer GmbH; Hanau, Almanya) ve Üç Boyutlu Yazıcıyla üretilen fotopolimerize reçine (CURO Denture Light Pink, Ackuretta Technologies Pvt. Ltd.; Tayvan) protez kaide materyalleri arasındaki polisajlı, polisajsız ve yüzey kaplamalı yüzeyler arasındaki renk stabilitesi değerlendirildi.

Hipotezler aşağıda belirtilen şekilde kuruldu:

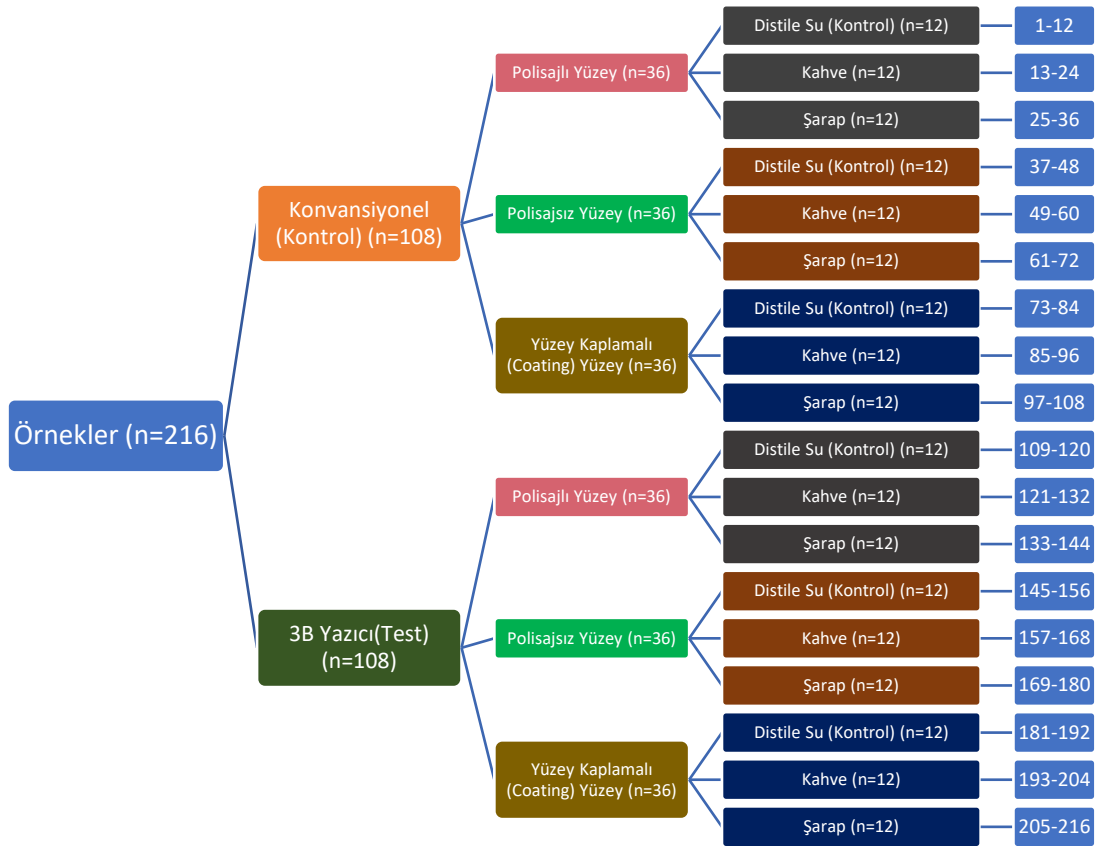
Üretim teknikleri bakımından renk değişim ölçüm ortalamaları birbirinden farklı değildir.

Yüzey işlemleri bakımından renk değişim ölçüm ortalamaları birbirinden farklı değildir.

Üretim teknikleri ve yüzey işlemleri etkileşimleri bakımından renk değişim ölçüm ortalamaları birbirinden farklı değildir.

Çalışmamızda kullanılacak örnek sayısını belirlemek için yapılan istatistiksel ön analiz sonucunda kontrol ve test gruplarının her biri için toplam örnek sayısı $n=216$ ve her alt grup için $n=12$ olarak belirlendi (GPower veriyon 3.1).

İstatistiksel analizler IBM SPSS (IBM Corp., Windows için Versiyon 26.0) ile gerçekleştirildi. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi %5 olarak kabul edildi.



Şekil 3.1. Örnek grupları, alt grupları ve örnek numaralarının dağılımı.

Üretilen tüm örneklerin bir yüzeyine herhangi bir yüzey işlemi uygulanmadı ve 1'den 216'ya kadar numaralandırıldı (Şekil 3.1).

3.1. 3B Yazıcı ile Üretilen Örneklerin Hazırlanması

Üç Boyutlu Yazıcı (Ackuretta Free Shape 120 Printer, Ülke) (Şekil 3.2) ile üretilen örnekler için 20 mm çapında ve 3 mm kalınlıkta hazırlanan disk şeklindeki tasarım AutoCAD 2018 (AutoDesk) yazılımı ile hazırlandı. Yapılan tasarımın baskı sırasında 45° açıda durmasını sağlayacak ve taşıyacak destek yapılar Alpha 3D yazılımında hazırlanıp yazıcıya aktırıldı (Şekil 3.4 ve 3.5). Takiben fotopolimerize reçineyle (CURO Denture Light Pink, Ackuretta Technologies Pvt. Ltd.; Tayvan) üretici firmanın önerileri doğrultusunda üretildi. Üç boyutlu yazıcıyla üretilen her örnek iş akışında önerilen üretim sonrası temizlik için MD-2.8 L (Mercury, İstanbul,

Türkiye) (Şekil 3.6) Ultrasonik Temizleyici’de izopropil alkolde 5 dakika bekletildi ve 2 dakika UV kürlenme yapıldı.



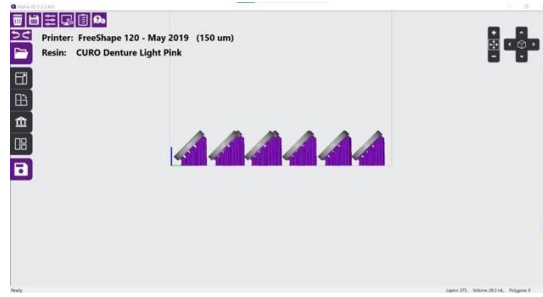
Şekil 3.2. Ackuretta Free Shape 120 üç boyutlu yazıcı.



Şekil 3.3. Üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş örnekler.



Şekil 3.4. Alpha 3D ile baskı tablası üzerine yerleştirilen örneklerin üstten görünümü.



Şekil 3.5. Alpha 3D ile baskı tablası üzerine yerleştirilen örneklerin yandan görünümü.



Şekil 3.6. MD-2.8L Mercury ultrasonik temizleyici.

3.2. Konvansiyonel Yöntem ile Üretilecek Örneklerin Hazırlanması

Konvansiyonel ısıyla polimerize akrilik rezin örneklerinin hazırlanması için belirtilen ölçülerde Üç Boyutlu Yazıcı ile üretilen çapı 20 mm ve kalınlığı 3mm olan örnekler tam kalınlık Zetalabor 85 Shore A (Zhermack) (Şekil 3.8) laboratuvar kondanzasyon silikonu içinde olacak şekilde muflaya alınıp üst yarısına Elite Dental Stones Sandy Brown Type IV Extra Hard (Zhermack) (Şekil 3.9) alçı dökülerek hazırlandı (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Konvansiyonel Isıyla Polimerize PMMA örneklerin üretileceği muflaların hazırlanması.



Şekil 3.8. Zetalabor 85 Shore A (Zhermack) laboratuvar kondanzasyon silikonu.



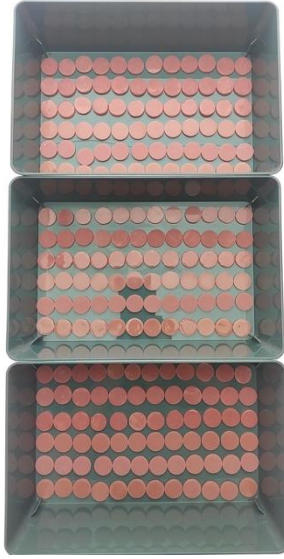
Şekil 3.9. Elite Dental Stones Sandy Brown Type IV Extra Hard (Zhermack) alçı.

Kontrol grubu örnekleri “compression molding” teknikle üretildi. Konvansiyonel ısıyla polimerize polimetilmetakrilat (Şekil 3.10) (PMMA) (Meliodent Heat Cure, Kulzer GmbH; Hanau, Almanya), tavsiye edilen karıştırma oranı 35 gram/14 ml (toz/likit) dikkate alınarak hazırlandı. Likit karıştırma kabına konuldu, uygun miktarda toz eklenip ve yaklaşık 1 dakika boyunca spatül ile karıştırıldı. Daha sonra üretici önerileri doğrultusunda mufla kaynar suya konuldu, ısı kaynağı kapatıldı

ve 15 dakika bekletildi. Ardından 20 dakika kaynatıldı. Polimerizasyonun ardından mufla, su banyosunun içinde yavaşça soğumaya bırakıldı.



Şekil 3.10. Konvansiyonel ısıyla polimerize PMMA toz-likit.



Şekil 3.11. Örneklerin distile su, kahve ve şarap için farklı plastik kaplardaki görünümü.



Şekil 3.12. Tüm örneklerin örnek numaralarının görüldüğü yüzeyleri.

3.3. Polisaj ve Yüzey Kaplama yüzey işlemlerinin yapılması

Üretilen örneklerin boyutlarının doğruluğu dijital kumpas kullanılarak kontrol edildi. Polisaj işleminin tüm örnekler için standart hale getirilebilmesi için polisajlı grup örneklerinin ön yüzeyi polisaj cihazında (Phoenix Beta; Buehler, Almanya) sırasıyla Hermes PSA 360 [P600], PSA 600 [P1200] grit adezivli SiC (silikon karbid) kağıtlar ile 400 rpm’de 30 saniye süreyle su soğutması altında hazırlandı. Daha sonra yüzeylerde pat (Universal Polishing Paste, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) kullanılarak yatay polisaj makinesi (Carlo De Giorgi Lux-1, Milano, İtalya) ile 2800 devir/dakika 90 saniye parlatıldı. Protezin doku yüzeyini temsil eden polisajsız gruplara hiçbir yüzey işlemi uygulanmamıştır.



Şekil 3.13. PSA 360 [P600] grit SiC zımpara.



Şekil 3.14. PSA 600 [P1200] grit SiC zımpara.



Şekil 3.15. Buehler Phoenix Beta polisaj cihazı.



Şekil 3.16. Polisaj pastası.



Şekil 3.17. Carlo De Giorgi Lux-1 (Milano, İtalya) yatay polisaj makinesi.

Yüzey kaplama işlemi yapılmadan önce konvansiyonel ısı ile polimerize PMMA gruptaki örneklerin yüzeyi alüminyum oksitle 2 bar altında Dento-blast 50 μ m (Dentona AG, Dortmund) ile kumlama yapıp yüzeye bağlanmayı artırmak için gerekli primer ajan (GC Acrylic Primer) fırça yardımıyla uygulanıp ışık kaynağında (GC LABOLIGHT LV-III) ile gerekli süre (üç dakika) kürlendi.



Şekil 3.18. Dento-blast 50 μ m (Dentona AG, Dortmund) alüminyum oksit.



Şekil 3.19. GC Akrilik Primer.

3B Yazıcı ile üretilen örneklerin yüzey kaplama işlemi için önce alüminyum oksitle (2 bar altında 50 μ m) kumlama yapıldı. Daha sonra hava kabarcığı oluşumunu engellemek için yumuşak bir fırça yardımıyla tek yönde ince bir tabaka halinde yüzey kaplama materyali (GC Optiglaze Color Clear, GC, ABD) ile kaplandı. Yirmi saniye sonra, GC Optiglaze Color Clear ile kaplanmış örnekler ışıkla polimerizasyon ünitesinde (GC LABOLIGHT LV-III; GC Corporation, Tokyo, Japonya) 5 dakika polimerize edildi. Polisajlı ve yüzey kaplamalı grup örnekleri tekrar ultrasonik temizleyicide 10 dakika bekletildi.



Şekil 3.20. GC OPTIGLAZE Color Clear.

Tablo 3.1. Yüzey kaplama ajanı Optiglaze Color Clear.

Kullanılan Yüzey Kaplama Ajanı	
Ürün	Optiglaze Color Clear
Üretici	GC America, GC corporation.
Bileşimi / içerikler hakkında bilgi	Metilmetakrilat (%50-70) Foto başlatıcı (%1-5) Silika dioksit %5-10 Titanyum dioksit %1-5 Difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) Fosfin oksit %1-5



Şekil 3.21. GC Labolight LV-III'da Optiglaze Color Clear Polimerizasyonu.



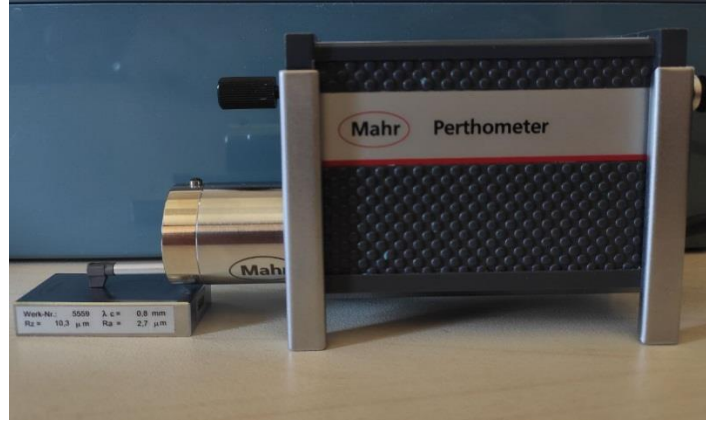
Şekil 3.22. GC Labolight LV-III'da Optiglaze Color Clear polimerizasyonu.

3.4. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümünün Yapılması

Tüm örneklerin yüzey pürüzlülüğü Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarında bulunan Perthometer M2 (Mahr GmbH, Göttingen, Almanya) profilometre cihazında 7 kez ölçülmüş ve ortalama Ra değeri hesaplandı. Ölçümler örneklerin merkezinden örnek yüzeyine paralel şekilde yapıldı. Her alt grup ölçümüne başlanırken cihaz kalibrasyonu yeniden yapıldı. Profilometre cihazında 100 μm 'lik ölçüm erişimine sahip, EN ISO 3274 standardına uygun olarak 2 μm kalınlığı ve 60° transvers açısı olan NHT-6 tarayıcı iğne kullanıldı. Ölçüm uzunluğu 5.6 mm, cut off aralığı 0.8 mm olarak ayarlandı.



Şekil 3.23. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü öncesi Perthometer M2 (Mahr GmbH, Göttingen, Germany) profilometre cihazının kalibrasyonu.



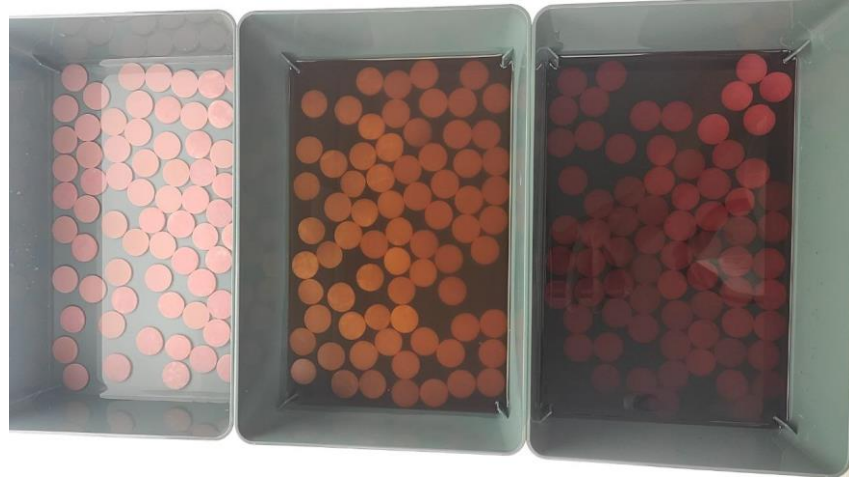
Şekil 3.24. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü öncesi Perthometer M2 (Mahr GmbH, Göttingen, Almanya) profilometre cihazının kalibrasyonu.



Şekil 3.25. Perthometer M2 (Mahr GmbH, Göttingen, Almanya) profilometre cihazı ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü.

3.5. Üretilen Örneklerin Renklendirici Gıda Solüsyonlarında Bekletilmesi

Renklendirici gıdalardan kahve çözeltisi (Nescafé Classic, Nestlé S.A.; İsviçre) 2 gram kahve üzerine kaynatılmış 1 dk bekletilmiş 200 ml su ilave edilmesi ile hazırlandı. Renklendirici gıdalardan bir diğeri olan kırmızı şarap (Ancyra, Kavaklıdere, Ankara, Türkiye) doğrudan örneklerin bekletileceği plastik kutulara eklendi.



Şekil 3.26. Distile su, kahve ve şarap solüsyonlarındaki örnekler.

Örnekler, ağız içi koşulları simüle etmek için karanlık bir ortamda 24 saat boyunca 37 °C distile su içinde saklandı. Distile su Hacettepe Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Sterilizasyon bünyesinde bulunan ND12 Water Distiller (Nüve, Ankara, Türkiye) cihazından temin edildi.



Şekil 3.27. Nüve ND12 distile su cihazı.

Kurutma işlemi 37 °C'de etüvde bekletilerek gerçekleştirildi. Kurutma işlemi sonrası renklendirici gıdalara içerisinde konmadan önce tüm örnekler için 4 kez renk renk ölçümü yapıldı ve L*, a*, b* ortalama değerleri hesaplandı. Her rezin tipinden 12 örnek, kahve ve şarap gıda çözeltilerinde bekletildi ve ayrıca rezinlerin kendi grup içi kontrolü için 12 örnek 37 °C'de distile su içerisinde bekletildi. Örnekler 7 gün bekletilmiş ve 24 saatte bir solüsyonlar değiştirildi.

Tablo 3.2. Kullanılan renklendirici gıdalar.

Kullanılan Renklendirici Gıdalar		
Ürün	Marka	Üretici
Kahve	Nescafé Classic	Nestlé S.A.; İsviçre
Şarap	Kırmızı Şarap	Kavaklıdere, Ankara, Türkiye

**Şekil 3.28.** Nescafé klasik (Nestle; İsviçre).**Şekil 3.29.** Kırmızı şarap (Kavaklıdere, Ankara, Türkiye).**Şekil 3.30.** Örneklerin distile su, kahve ve şarap solüsyonlarında 37 °C'de etüvde bekletilmesi.



Şekil 3.31. Örneklerin 37 °C’de etüvde bekletildiğini gösterir termometre.

3.6. Renklendirme İşlemi Öncesi ve Sonrası Yapılan Renk Ölçümü

Her örnek renklendirme öncesi ve sonrası ultrasonik temizleyicide distile su ile 10 dakika yıkanmış ve renk ölçümünden önce 37 °C’de etüvde bekletilerek kurutuldu. Artık monomerleri ortadan kaldırmak için 48 saat boyunca 37 °C’de damıtılmış su içinde saklandı. Her örneğin CIEDE2000 renk parametrelerini ölçmek için renklendirme öncesi ve sonrası spektrofotometre cihazı (Konica Minolta CM 3600d, ABD) kullanıldı. Spektrofotometre ile renk ölçümleri Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü AR-GE laboratuvarında gerçekleştirildi. Her renk ölçümü dört kez tekrarlanmış ve analiz için ortalama değerler L^* , a^* , b^* olarak kaydedildi. Her alt grubun ölçümüne başlamadan önce cihazın siyah ve beyaz kalibrasyonu yapıldı. Numunelerin renk değişim değerleri CIEDE2000 (ΔE^{00}) renk farkı formülü kullanılarak belirlendi;

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)} \quad (113).$$

Burada ΔE^{00} renk farklılıklarıdır, $\Delta L'$, $\Delta C'$ ve $\Delta H'$, CIEDE2000'deki her bir örnek için açıklık (L), kroma (C) ve renk tonu (H) farklılıklarıdır ve R_T , mavi bölgedeki kroma (C) ve renk tonu (H) farklılıkları arasındaki etkileşimleri hesaba katan rotasyon faktörüdür. Ağırlıklandırma fonksiyonları, S_L , S_C , S_H , L^* , a^* , b^* koordinatlarındaki renk farkı çiftinin konumundaki varyasyon için toplam renk farkını ayarladı ve parametrik faktörler, K_L , K_C ve K_H deneysel koşullar için şartlardı. CIEDE2000 renk farkı formülünün parametrik faktörleri 1 olarak ayarlandı.

Ayrıca, algılanabilirlik eşiği $\Delta E^{00} = 1.72$ birim olarak ve klinik kabul edilebilirlik eşiği $\Delta E^{00} = 4.08$ birim olarak belirlendi (114).



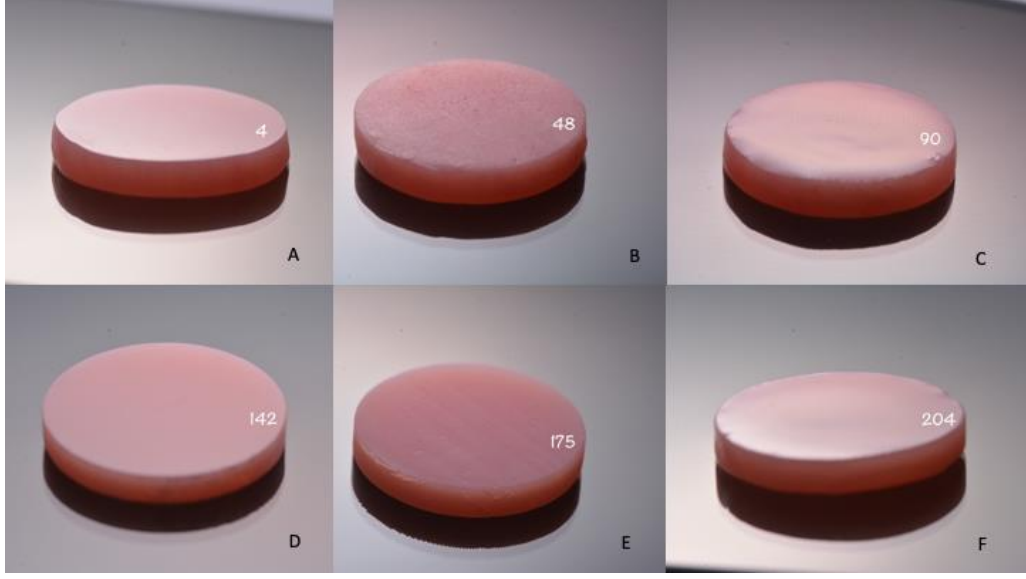
Şekil 3.32. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.



Şekil 3.33. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.



Şekil 3.34. Konica Minolta CM 3600d spektrofotometre ile renk ölçümü.

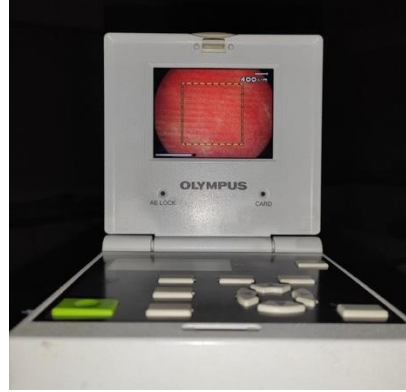


Şekil 3.35. Nikon D7100 ile alınan örnek fotoğrafları (Renklendirme öncesi) **A:** 4 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Polisajlı yüzey), **B:** 48 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Polisajsız yüzey), **C:** 90 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Yüzey Kaplamalı yüzey), **D:** 142 Numaralı Örnek (3B Baskı-Polisajlı yüzey), **E:** 175 Numaralı Örnek (3B Baskı-Polisajsız yüzey), **F:** 204 Numaralı Örnek (3B Baskı-Yüzey Kaplamalı yüzey).

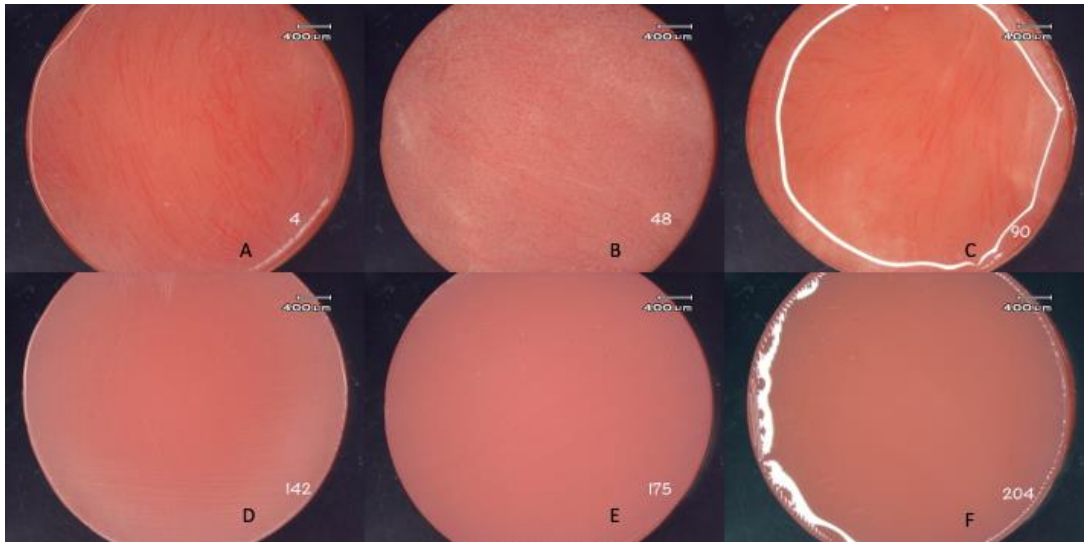
Her iki üretim tekniğinden üç farklı yüzeye sahip 1 örneğin, x40 büyütmede Stereomikroskop (OLYMPUS SZ61, Olympus Life Science Europa GmbH) kullanılarak fotoğrafı alınmıştır.



Şekil 3.36. OLYMPUS SZ61 stereomikroskop.



Şekil 3.37. OLYMPUS SZ61 stereomikroskop.



Şekil 3.38. x40 büyütmede OLYMPUS SZ61 Stereomikroskop kullanılarak alınan örnek fotoğrafları **A:** 4 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Polisajlı yüzey), **B:** 48 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Polisajsız yüzey), **C:** 90 Numaralı Örnek (Konvansiyonel-Yüzey Kaplamalı yüzey), **D:** 142 Numaralı Örnek (3B Baskı-Polisajlı yüzey), **E:** 175 Numaralı Örnek (3B Baskı-Polisajsız yüzey), **F:** 204 Numaralı Örnek (3B Baskı-Yüzey Kaplamalı yüzey)

CIEDE2000 renk parametresinin değişimini etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak amacı ile önemli olduğu düşünülen materyal, yüzey işlemleri ve renklendirici gıda faktörleri ele alınmıştır. Renklendirici sıvılara göre bağımlı değişken iki faktör göz önüne alındığında iki yönlü ANOVA yapılmıştır. Bağımlı değişken CIEDE2000 üzerinde 2 ana faktörün ve etkileşimlerin etkili olup olmadığı %95 güven düzeyinde araştırılmıştır.

İki yönlü ANOVA için önerilen model denklemi:

$$y_{ijk} = \mu + \text{üretim tekniği}_i + \text{yüzey işlemleri}_j + (\text{üretim tekniği} * \text{yüzey işlemleri}_{ij}) \\ + \varepsilon_{ijk} \quad i = 1,2 \quad j = 1,2,3 \quad k = 1, \dots, n$$

y_{ijk} : Bağımlı değişken CIEDE2000 renk parametresi

μ : Genel ortalama

üretim tekniği: Konvansiyonel üretim ve 3B yazıcı olmak üzere 2 düzeyli bağımsız değişken

yüzey işlemleri: Polisajlı, polisajsız ve yüzey kaplamalı yüzeyler olmak üzere 3 düzeyli bağımsız değişken

*üretim tekniği * yüzey işlemleri*: Materyal ve yüzel etkileşim etkisi

ε : hata etkisi

4. BULGULAR

Tablo 4.1. Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

Örnek Numarası	1. Ölçüm			2. Ölçüm			3. Ölçüm			4. Ölçüm			Ortalama		
	L1*	a1*	b1*	L1*	a1*	b1*	L1*	a1*	b1*	L1*	a1*	b1*	L1* Ort.	a1* Ort.	b1* Ort.
1	51,09	21,19	3,78	51,08	21,18	3,77	51,10	21,17	3,77	51,09	21,18	3,73	51,09	21,18	3,76
2	50,68	21,37	4,06	50,67	21,38	4,05	50,68	21,38	4,05	50,69	21,40	4,06	50,68	21,38	4,06
3	50,90	20,98	3,62	50,90	20,96	3,66	50,91	20,96	3,64	50,90	20,94	3,63	50,90	20,96	3,64
4	51,19	21,20	3,53	51,20	21,19	3,51	51,19	21,16	3,52	51,19	21,17	3,51	51,19	21,18	3,52
5	50,17	21,76	3,22	50,17	21,77	3,24	50,18	21,78	3,26	50,18	21,77	3,24	50,18	21,77	3,24
6	50,29	21,46	3,62	50,29	21,48	3,60	50,29	21,48	3,61	50,29	21,47	3,62	50,29	21,47	3,61
7	50,95	21,88	4,01	50,95	21,86	4,02	50,95	21,87	4,01	50,95	21,85	4,01	50,95	21,87	4,01
8	50,91	21,23	3,78	50,91	21,22	3,80	50,92	21,23	3,79	50,91	21,24	3,78	50,91	21,23	3,79
9	50,88	21,18	4,15	50,88	21,18	4,13	50,88	21,16	4,13	50,87	21,15	4,13	50,88	21,17	4,14
10	52,54	21,15	4,41	52,54	21,14	4,42	52,55	21,11	4,42	52,54	21,11	4,43	52,54	21,13	4,42
11	52,86	22,13	4,99	52,85	22,14	4,97	52,85	22,13	4,98	52,85	22,12	4,97	52,85	22,13	4,98
12	50,81	21,39	3,93	50,82	21,40	3,90	50,81	21,39	3,91	50,81	21,38	3,88	50,81	21,39	3,91
13	51,14	22,24	4,13	51,14	22,24	4,11	51,14	22,21	4,12	51,13	22,23	4,12	51,14	22,23	4,12
14	50,72	21,58	4,05	50,73	21,57	4,04	50,72	21,56	4,03	50,72	21,57	4,01	50,72	21,57	4,03
15	51,23	20,95	3,76	51,23	20,95	3,79	51,23	20,95	3,76	51,23	20,96	3,75	51,23	20,95	3,77
16	54,38	20,90	4,81	54,39	20,88	4,84	54,38	20,86	4,83	54,38	20,86	4,81	54,38	20,88	4,82
17	52,03	21,36	4,36	52,02	21,33	4,36	52,02	21,34	4,37	52,02	21,34	4,36	52,02	21,34	4,36
18	50,91	21,23	3,96	50,91	21,24	3,95	50,91	21,23	3,96	50,91	21,24	3,95	50,91	21,24	3,96
19	56,22	22,14	5,81	56,22	22,12	5,81	56,21	22,11	5,79	56,21	22,12	5,77	56,22	22,12	5,80
20	51,14	22,25	4,38	51,15	22,23	4,39	51,14	22,25	4,39	51,14	22,25	4,37	51,14	22,25	4,38
21	50,56	21,34	3,39	50,56	21,33	3,41	50,56	21,33	3,39	50,56	21,34	3,39	50,56	21,34	3,40
22	51,65	20,62	3,90	51,66	20,58	3,90	51,65	20,57	3,90	51,65	20,58	3,89	51,65	20,59	3,90
23	51,26	21,70	4,18	51,25	21,72	4,19	51,25	21,69	4,19	51,26	21,68	4,21	51,26	21,70	4,19
24	50,37	21,94	3,64	50,39	21,90	3,64	50,39	21,89	3,62	50,39	21,88	3,64	50,39	21,90	3,64
25	50,66	22,04	3,97	50,66	22,03	3,94	50,66	22,01	3,92	50,65	22,01	3,92	50,66	22,02	3,94
26	51,95	21,13	4,45	51,95	21,13	4,45	51,96	21,14	4,46	51,95	21,15	4,46	51,95	21,14	4,46
27	51,45	20,57	3,82	51,43	20,58	3,83	51,43	20,58	3,79	51,42	20,58	3,78	51,43	20,58	3,81
28	50,78	21,77	3,80	50,79	21,75	3,81	50,77	21,75	3,79	50,78	21,75	3,80	50,78	21,76	3,80
29	51,43	20,91	4,50	51,43	20,93	4,50	51,43	20,91	4,51	51,43	20,91	4,48	51,43	20,92	4,50
30	53,32	21,04	4,64	53,31	21,06	4,63	53,31	21,06	4,62	53,31	21,04	4,63	53,31	21,05	4,63
31	52,05	21,71	4,86	52,05	21,69	4,85	52,04	21,70	4,82	52,04	21,68	4,84	52,05	21,70	4,84
32	51,15	20,88	3,85	51,15	20,85	3,84	51,14	20,85	3,84	51,13	20,85	3,83	51,14	20,86	3,84
33	51,22	21,48	3,47	51,23	21,47	3,45	51,22	21,47	3,44	51,22	21,47	3,43	51,22	21,47	3,45
34	50,96	21,66	3,74	50,97	21,64	3,74	50,97	21,66	3,73	50,97	21,63	3,73	50,97	21,65	3,74
35	50,73	21,98	3,83	50,73	21,98	3,83	50,73	21,97	3,82	50,73	21,97	3,81	50,73	21,98	3,82

Tablo 4.1. (Devam) Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

36	51,57	23,60	4,65	51,50	23,60	4,64	51,55	23,60	4,61	51,56	23,57	4,65	51,55	23,59	4,64
37	50,93	20,91	3,25	50,92	20,91	3,24	50,91	20,91	3,23	50,92	20,88	3,25	50,92	20,90	3,24
38	55,27	20,73	5,43	55,28	20,72	5,44	55,28	20,71	5,43	55,28	20,72	5,42	55,28	20,72	5,43
39	51,09	21,77	4,03	51,10	21,80	4,03	51,11	21,81	4,02	51,10	21,81	4,01	51,10	21,80	4,02
40	51,41	21,09	3,63	51,42	21,06	3,65	51,42	21,08	3,64	51,43	21,08	3,64	51,42	21,08	3,64
41	51,65	21,51	3,97	51,65	21,49	3,95	51,64	21,51	3,94	51,64	21,50	3,94	51,65	21,50	3,95
42	51,47	21,65	4,37	51,47	21,62	4,37	51,47	21,62	4,35	51,47	21,61	4,37	51,47	21,63	4,37
43	51,55	19,98	3,42	51,55	19,96	3,40	51,54	19,98	3,37	51,55	19,97	3,37	51,55	19,97	3,39
44	52,04	21,66	3,75	52,04	21,64	3,75	52,03	21,65	3,73	52,02	21,66	3,73	52,03	21,65	3,74
45	51,90	21,26	3,45	51,90	21,24	3,46	51,91	21,23	3,47	51,91	21,23	3,46	51,91	21,24	3,46
46	53,44	20,27	4,84	53,45	20,26	4,82	53,44	20,28	4,82	53,44	20,25	4,83	53,44	20,27	4,83
47	52,11	22,17	4,50	52,11	22,16	4,49	52,11	22,17	4,49	52,11	22,16	4,49	52,11	22,17	4,49
48	52,55	20,92	4,11	52,55	20,94	4,09	52,55	20,94	4,07	52,54	20,95	4,07	52,55	20,94	4,09
49	51,36	20,28	3,38	51,34	20,31	3,37	51,33	20,32	3,37	51,32	20,33	3,36	51,34	20,31	3,37
50	50,52	21,20	3,81	50,52	21,20	3,80	50,51	21,20	3,80	50,51	21,19	3,81	50,52	21,20	3,81
51	50,14	22,56	4,06	51,15	22,52	4,07	50,14	22,52	4,05	50,14	22,53	4,05	50,39	22,53	4,06
52	52,40	20,56	4,23	52,41	20,57	4,23	52,41	20,57	4,23	52,42	20,56	4,24	52,41	20,57	4,23
53	52,76	21,01	5,82	52,75	20,99	5,82	52,75	20,99	5,80	52,74	21,00	5,80	52,75	21,00	5,81
54	50,64	21,79	3,82	50,64	21,79	3,81	50,64	21,78	3,81	50,64	21,80	3,82	50,64	21,79	3,82
55	50,63	20,99	3,52	50,63	20,99	3,50	50,65	20,95	3,47	50,65	20,90	3,48	50,64	20,96	3,49
56	50,97	21,33	4,28	50,96	21,31	4,26	50,96	21,30	4,25	50,96	21,30	4,26	50,96	21,31	4,26
57	51,97	21,95	4,77	51,97	21,94	4,70	51,96	21,95	4,74	51,97	21,95	4,75	51,97	21,95	4,74
58	51,78	20,74	3,95	51,76	20,76	3,96	51,75	20,77	3,94	51,74	20,77	3,92	51,76	20,76	3,94
59	52,57	21,41	4,56	52,57	21,40	4,55	52,58	21,40	4,55	52,57	21,40	4,57	52,57	21,40	4,56
60	52,72	21,03	4,19	52,71	21,03	4,18	52,72	21,01	4,17	52,71	20,99	4,20	52,72	21,02	4,19
61	51,75	20,26	3,65	51,74	20,26	3,64	51,74	20,26	3,64	51,73	20,27	3,61	51,74	20,26	3,64
62	51,44	20,46	3,43	51,43	20,45	3,43	51,33	20,47	3,35	51,33	20,46	3,35	51,38	20,46	3,39
63	51,27	22,16	3,63	51,29	22,14	3,66	51,28	22,15	3,64	51,29	22,12	3,66	51,28	22,14	3,65
64	51,08	21,72	3,19	51,08	21,70	3,19	51,08	21,72	3,19	51,08	21,70	3,19	51,08	21,71	3,19
65	51,94	22,79	4,82	51,95	22,75	4,85	51,95	22,78	4,83	51,95	22,77	4,85	51,95	22,77	4,84
66	51,64	21,63	3,79	51,65	21,60	3,78	51,65	21,59	3,79	51,64	21,60	3,78	51,65	21,61	3,79
67	51,00	21,26	3,14	51,00	21,25	3,14	51,00	21,25	3,14	51,00	21,23	3,13	51,00	21,25	3,14
68	51,16	20,31	3,27	51,16	20,30	3,27	51,15	20,30	3,24	51,15	20,29	3,25	51,16	20,30	3,26
69	53,24	20,97	4,43	53,24	20,96	4,43	53,23	20,96	4,42	53,23	20,95	4,43	53,24	20,96	4,43
70	50,95	21,02	3,46	50,94	21,02	3,47	50,94	21,02	3,45	50,95	20,99	3,45	50,95	21,01	3,46
71	52,22	23,11	4,89	52,22	23,11	4,88	52,22	23,12	4,85	52,22	23,10	4,85	52,22	23,11	4,87
72	50,47	21,87	3,65	50,46	21,86	3,65	50,46	21,87	3,63	50,47	21,86	3,62	50,47	21,87	3,64
73	50,33	20,13	5,66	50,33	20,12	5,63	50,32	20,11	5,64	50,33	20,10	5,62	50,33	20,12	5,64
74	50,33	20,25	6,37	50,32	20,24	6,38	50,32	20,23	6,37	50,32	20,22	6,40	50,32	20,24	6,38
75	49,78	21,43	4,95	49,79	21,41	4,94	49,79	21,43	4,94	49,79	21,40	4,94	49,79	21,42	4,94
76	50,48	20,57	4,56	50,49	20,56	4,57	50,49	20,53	4,59	50,49	20,51	4,61	50,49	20,54	4,58

Tablo 4.1. (Devam) Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

77	50,95	20,16	4,24	50,95	20,17	4,23	50,96	20,16	4,23	50,96	20,12	4,26	50,96	20,15	4,24
78	50,32	19,67	5,18	50,31	19,64	5,21	50,31	19,63	5,16	50,30	19,63	5,16	50,31	19,64	5,18
79	50,28	19,03	8,12	50,28	19,01	8,14	50,27	19,01	8,10	50,28	19,00	8,11	50,28	19,01	8,12
80	49,58	19,47	7,29	49,58	19,42	7,29	49,57	19,42	7,28	49,57	19,44	7,26	49,58	19,44	7,28
81	50,71	19,37	4,73	50,71	19,37	4,75	50,70	19,38	4,71	50,71	19,38	4,73	50,71	19,38	4,73
82	51,25	20,87	5,65	51,25	20,87	5,64	51,25	20,85	5,65	51,25	20,85	5,65	51,25	20,86	5,65
83	50,21	20,38	5,19	50,21	20,34	5,22	50,20	20,34	5,19	50,20	20,34	5,15	50,21	20,35	5,19
84	49,73	19,04	6,78	49,72	19,03	6,80	49,72	19,03	6,78	49,72	19,03	6,79	49,72	19,03	6,79
85	49,55	19,08	5,73	49,54	19,05	5,74	49,54	19,03	5,74	49,53	19,03	5,75	49,54	19,05	5,74
86	51,59	20,59	5,82	51,60	20,57	5,83	51,60	20,59	5,81	51,60	20,56	5,82	51,60	20,58	5,82
87	51,59	19,86	5,69	51,58	19,85	5,67	51,58	19,83	5,68	51,58	19,83	5,68	51,58	19,84	5,68
88	50,20	19,73	4,08	50,21	19,72	4,07	50,22	19,71	4,06	50,22	19,71	4,06	50,21	19,72	4,07
89	49,84	19,29	6,29	49,84	19,28	6,30	49,84	19,26	6,32	49,83	19,27	6,28	49,84	19,28	6,30
90	50,23	19,75	7,70	50,23	19,73	7,69	50,23	19,71	7,69	50,22	19,71	7,67	50,23	19,73	7,69
91	50,69	19,50	5,23	50,69	19,47	5,22	50,69	19,48	5,21	50,69	19,49	5,22	50,69	19,49	5,22
92	49,38	19,00	6,65	49,39	19,00	6,64	49,38	19,01	6,65	49,38	18,98	6,64	49,38	19,00	6,65
93	50,45	18,76	7,21	50,46	18,75	7,23	50,46	18,73	7,22	50,46	18,74	7,20	50,46	18,75	7,22
94	52,79	20,94	6,57	52,79	20,94	6,56	52,78	20,94	6,55	52,79	20,93	6,53	52,79	20,94	6,55
95	51,23	21,42	5,85	51,23	21,41	5,84	51,23	21,41	5,83	51,23	21,40	5,82	51,23	21,41	5,84
96	52,95	19,51	5,70	52,95	19,50	5,69	52,95	19,47	5,70	52,95	19,49	5,68	52,95	19,49	5,69
97	49,12	20,02	6,18	49,12	20,00	6,21	49,12	20,00	6,19	49,13	19,99	6,19	49,12	20,00	6,19
98	53,96	20,30	6,83	53,96	20,30	6,84	53,96	20,30	6,83	53,95	20,29	6,83	53,96	20,30	6,83
99	52,06	19,12	5,15	52,06	19,09	5,16	52,06	19,10	5,15	52,05	19,08	5,15	52,06	19,10	5,15
100	51,35	19,19	6,77	51,37	19,16	6,76	51,38	19,17	6,76	51,38	19,14	6,76	51,37	19,17	6,76
101	51,30	19,70	4,38	51,31	19,71	4,38	51,32	19,71	4,39	51,32	19,70	4,40	51,31	19,71	4,39
102	54,00	17,58	6,94	54,00	17,58	6,92	54,00	17,57	6,95	54,01	17,56	6,95	54,00	17,57	6,94
103	50,17	20,16	6,34	50,17	20,15	6,33	50,17	20,15	6,33	50,17	20,12	6,33	50,17	20,15	6,33
104	50,51	19,53	5,35	50,51	19,53	5,33	50,50	19,52	5,34	50,51	19,52	5,34	50,51	19,53	5,34
105	49,37	19,75	6,36	49,38	19,75	6,39	49,39	19,76	6,36	49,39	19,74	6,38	49,38	19,75	6,37
106	50,35	20,16	5,19	50,35	20,15	5,19	50,35	20,12	5,17	50,34	20,13	5,16	50,35	20,14	5,18
107	48,66	18,67	7,42	48,66	18,68	7,43	48,66	18,65	7,43	48,66	18,67	7,40	48,66	18,67	7,42
108	50,11	20,34	5,15	50,11	20,33	5,17	50,11	20,32	5,16	50,10	20,33	5,16	50,11	20,33	5,16
109	52,56	15,72	7,44	52,44	15,74	7,41	52,55	15,72	7,43	52,54	15,72	7,44	52,52	15,73	7,43
110	52,71	15,80	7,36	52,69	15,81	7,35	52,70	15,80	7,36	52,70	15,80	7,35	52,70	15,80	7,36
111	53,06	15,32	7,13	53,05	15,30	7,15	53,04	15,30	7,15	53,04	15,31	7,31	53,05	15,31	7,19
112	52,74	15,75	6,54	52,73	15,76	6,55	52,73	15,73	6,54	52,74	15,73	6,56	52,74	15,74	6,55
113	52,70	15,59	7,05	52,70	15,60	7,06	52,70	15,59	7,04	52,70	15,56	7,05	52,70	15,59	7,05
114	52,84	15,76	6,12	52,83	15,78	6,11	52,82	15,78	6,12	52,82	15,77	6,13	52,83	15,77	6,12
115	52,60	15,60	7,47	52,60	15,61	7,47	52,59	15,62	7,46	52,59	15,61	7,44	52,60	15,61	7,46
116	52,45	15,56	7,27	52,44	15,55	7,27	52,45	15,54	7,31	52,44	15,55	7,27	52,45	15,55	7,28
117	52,80	15,56	7,32	52,80	15,57	7,34	52,80	15,56	7,34	52,80	15,57	7,35	52,80	15,57	7,34

Tablo 4.1. (Devam) Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

118	52,96	15,68	6,05	52,95	15,69	6,01	52,95	15,66	6,06	52,95	15,66	6,06	52,95	15,67	6,05
119	52,62	15,52	7,32	52,61	15,52	7,30	52,62	15,51	7,32	52,62	15,51	7,29	52,62	15,52	7,31
120	52,80	15,43	7,16	52,80	15,42	7,14	52,79	15,44	7,16	52,80	15,41	7,15	52,80	15,43	7,15
121	53,03	15,46	7,29	53,02	15,45	7,31	53,03	15,47	7,28	53,02	15,44	7,32	53,03	15,46	7,30
122	52,37	15,64	7,22	52,36	15,62	7,23	52,36	15,63	7,23	52,36	15,62	7,25	52,36	15,63	7,23
123	52,64	15,75	7,06	52,64	15,75	7,06	52,64	15,74	7,05	52,64	15,76	7,07	52,64	15,75	7,06
124	52,74	15,67	6,67	52,72	15,68	6,67	52,71	15,69	6,67	52,72	15,67	6,70	52,72	15,68	6,68
125	52,85	15,53	7,44	52,85	15,52	7,45	52,84	15,52	7,46	52,85	15,51	7,46	52,85	15,52	7,45
126	52,93	15,67	5,84	52,92	15,67	5,85	52,93	15,70	5,82	52,92	15,70	5,83	52,93	15,69	5,84
127	52,85	15,47	7,37	52,84	15,47	7,36	52,84	15,45	7,38	52,83	15,47	7,38	52,84	15,47	7,37
128	52,86	15,59	6,99	52,86	15,58	7,01	52,86	15,57	7,02	52,86	15,58	7,02	52,86	15,58	7,01
129	52,70	15,47	6,99	52,69	15,46	7,00	52,69	15,45	6,98	52,68	15,46	6,98	52,69	15,46	6,99
130	53,18	15,24	7,30	53,13	15,24	7,31	53,19	15,24	7,34	53,18	15,24	7,33	53,17	15,24	7,32
131	52,55	15,61	7,13	52,55	15,61	7,12	52,55	15,58	7,11	52,55	15,58	7,14	52,55	15,60	7,13
132	52,71	15,62	7,55	52,71	15,62	7,57	52,71	15,62	7,54	52,70	15,62	7,54	52,71	15,62	7,55
133	52,78	15,67	6,98	52,77	15,67	6,95	52,77	15,66	6,96	52,76	15,66	6,94	52,77	15,67	6,96
134	52,97	15,39	7,26	52,97	15,37	7,30	52,96	15,39	7,26	52,97	15,37	7,29	52,97	15,38	7,28
135	53,03	15,30	7,12	53,03	15,30	7,13	53,03	15,32	7,11	53,02	15,29	7,12	53,03	15,30	7,12
136	52,57	15,73	7,07	52,55	15,73	7,07	52,56	15,72	7,07	52,55	15,72	7,09	52,56	15,73	7,08
137	52,92	15,58	7,28	52,92	15,57	7,31	52,92	15,56	7,31	52,91	15,56	7,31	52,92	15,57	7,30
138	52,97	15,49	7,16	52,97	15,48	7,15	52,96	15,47	7,19	52,96	15,48	7,18	52,97	15,48	7,17
139	52,88	15,82	6,24	52,87	15,80	6,25	52,86	15,82	6,26	52,86	15,81	6,25	52,87	15,81	6,25
140	53,13	15,32	7,27	53,11	15,32	7,25	53,12	15,31	7,26	53,11	15,30	7,27	53,12	15,31	7,26
141	52,90	15,41	7,28	52,91	15,40	7,32	52,91	15,40	7,31	52,90	15,41	7,32	52,91	15,41	7,31
142	52,86	15,34	7,06	52,86	15,32	7,10	52,85	15,31	7,08	52,86	15,31	7,10	52,86	15,32	7,09
143	52,71	15,57	7,33	52,71	15,56	7,37	52,70	15,57	7,37	52,70	15,55	7,36	52,71	15,56	7,36
144	52,43	15,80	7,51	52,42	15,79	7,51	52,43	15,79	7,54	52,42	15,78	7,52	52,43	15,79	7,52
145	52,82	16,47	4,62	52,81	16,46	4,65	52,81	16,46	4,63	52,80	16,46	4,62	52,81	16,46	4,63
146	54,03	15,96	3,52	54,02	15,96	3,54	54,02	15,95	3,54	54,02	15,95	3,57	54,02	15,96	3,54
147	53,54	15,98	3,62	53,52	15,98	3,63	53,52	15,97	3,63	53,52	15,98	3,62	53,53	15,98	3,63
148	53,72	16,02	3,69	53,70	15,99	3,72	53,70	16,00	3,72	53,70	16,00	3,72	53,71	16,00	3,71
149	53,16	15,99	4,37	53,14	16,00	4,39	53,14	15,98	4,38	53,14	15,98	4,40	53,15	15,99	4,39
150	52,64	16,18	5,28	52,64	16,16	5,31	52,63	16,17	5,30	52,63	16,17	5,29	52,64	16,17	5,30
151	54,28	15,47	3,42	54,27	15,46	3,45	54,26	15,46	3,45	54,26	15,46	3,46	54,27	15,46	3,45
152	54,09	15,18	4,17	54,08	15,19	4,18	54,08	15,20	4,17	54,08	15,20	4,20	54,08	15,19	4,18
153	53,96	15,36	4,58	53,94	15,35	4,61	53,94	15,35	4,61	53,92	15,35	4,63	53,94	15,35	4,61
154	53,02	16,12	4,19	53,01	16,13	4,21	53,01	16,11	4,21	53,00	16,13	4,22	53,01	16,12	4,21
155	52,94	16,28	4,70	52,93	16,28	4,72	52,92	16,29	4,69	52,91	16,29	4,72	52,93	16,29	4,71
156	54,19	15,64	3,93	54,19	15,65	3,93	54,18	15,64	3,93	54,17	15,65	3,91	54,18	15,65	3,93
157	53,20	16,03	5,08	53,19	16,04	5,09	53,19	16,03	5,10	53,19	16,02	5,11	53,19	16,03	5,10
158	53,43	16,14	4,02	53,42	16,14	4,04	53,42	16,15	4,02	53,42	16,16	4,01	53,42	16,15	4,02

Tablo 4.1. (Devam) Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

159	52,57	16,46	5,00	52,55	16,47	5,01	52,56	16,47	5,03	52,55	16,47	5,01	52,56	16,47	5,01
160	53,14	16,10	4,55	53,13	16,10	4,55	53,14	16,09	4,56	53,13	16,09	4,55	53,14	16,10	4,55
161	53,71	15,95	3,46	53,70	15,96	3,49	53,70	15,95	3,46	53,70	15,98	3,46	53,70	15,96	3,47
162	52,77	16,43	4,70	52,76	16,43	4,72	52,76	16,42	4,69	52,76	16,41	4,70	52,76	16,42	4,70
163	53,86	15,93	3,55	53,85	15,94	3,53	53,85	15,92	3,55	53,85	15,94	3,55	53,85	15,93	3,55
164	52,89	16,26	4,66	52,88	16,27	4,66	52,88	16,28	4,64	52,88	16,27	4,68	52,88	16,27	4,66
165	53,23	16,23	3,67	53,22	16,24	3,67	53,22	16,25	3,67	53,21	16,24	3,69	53,22	16,24	3,68
166	53,63	16,10	3,47	53,61	16,09	3,49	53,62	16,09	3,50	53,62	16,08	3,49	53,62	16,09	3,49
167	53,52	16,16	3,43	53,52	16,16	3,45	53,51	16,14	3,47	53,51	16,16	3,45	53,52	16,16	3,45
168	53,47	16,09	3,72	53,46	16,09	3,72	53,46	16,09	3,73	53,46	16,08	3,75	53,46	16,09	3,73
169	53,69	15,99	3,80	53,69	15,98	3,83	53,68	15,97	3,86	53,69	15,98	3,86	53,69	15,98	3,84
170	55,39	15,15	3,32	55,38	15,14	3,33	55,39	15,16	3,31	55,39	15,14	3,32	55,39	15,15	3,32
171	53,99	15,69	3,32	53,98	15,70	3,33	53,98	15,69	3,34	53,98	15,70	3,33	53,98	15,70	3,33
172	53,25	15,86	4,89	53,24	15,84	4,88	53,25	15,87	4,89	53,25	15,86	4,89	53,25	15,86	4,89
173	53,47	16,39	4,02	53,45	16,39	4,03	53,46	16,37	4,05	53,45	16,38	4,06	53,46	16,38	4,04
174	53,26	16,10	4,04	53,25	16,10	4,04	53,25	16,11	4,04	53,25	16,10	4,06	53,25	16,10	4,05
175	53,02	16,07	4,61	53,00	16,06	4,63	53,01	16,06	4,62	53,00	16,08	4,61	53,01	16,07	4,62
176	53,24	16,30	3,86	53,24	16,29	3,90	53,24	16,29	3,88	53,23	16,27	3,90	53,24	16,29	3,89
177	54,30	14,44	5,91	54,30	14,42	5,91	54,29	14,44	5,90	54,30	14,43	5,91	54,30	14,43	5,91
178	53,40	15,12	5,75	53,39	15,13	5,75	53,39	15,13	5,74	53,38	15,13	5,77	53,39	15,13	5,75
179	53,83	15,39	4,91	53,81	15,40	4,93	53,82	15,39	4,92	53,82	15,40	4,93	53,82	15,40	4,92
180	53,57	15,95	4,17	53,56	15,94	4,19	53,56	15,96	4,16	53,56	15,94	4,19	53,56	15,95	4,18
181	50,27	14,41	9,74	50,26	14,43	9,71	50,27	14,40	9,73	50,27	14,38	9,75	50,27	14,41	9,73
182	50,23	14,77	9,58	50,23	14,76	9,57	50,23	14,77	9,60	50,23	14,76	9,59	50,23	14,77	9,59
183	50,06	14,66	9,51	50,06	14,66	9,51	50,24	14,68	9,42	50,25	14,70	9,40	50,15	14,68	9,46
184	49,83	14,62	10,69	49,82	14,62	10,68	49,82	14,61	10,69	49,81	14,61	10,69	49,82	14,62	10,69
185	50,12	14,78	9,63	50,13	14,77	9,63	50,14	14,76	9,64	50,13	14,77	9,64	50,13	14,77	9,64
186	50,38	14,79	10,16	50,38	14,78	10,13	50,38	14,76	10,14	50,38	14,75	10,18	50,38	14,77	10,15
187	50,43	14,72	8,44	50,44	14,68	8,48	50,44	14,68	8,47	50,44	14,67	8,47	50,44	14,69	8,47
188	51,17	15,03	8,25	51,17	15,04	8,25	51,18	15,03	8,24	51,18	15,01	8,25	51,18	15,03	8,25
189	50,19	14,64	9,67	50,19	14,64	9,69	50,19	14,65	9,67	50,19	14,64	9,68	50,19	14,64	9,68
190	51,11	14,80	8,13	51,10	14,81	8,12	51,11	14,80	8,12	51,11	14,81	8,13	51,11	14,81	8,13
191	51,09	14,54	8,88	51,09	14,55	8,87	51,09	14,55	8,87	51,09	14,53	8,89	51,09	14,54	8,88
192	50,15	14,84	10,01	50,15	14,84	9,98	50,15	14,83	10,00	50,15	14,84	9,99	50,15	14,84	10,00
193	50,88	14,75	8,59	50,88	14,75	8,59	50,88	14,75	8,62	50,89	14,74	8,59	50,88	14,75	8,60
194	50,32	14,49	9,51	50,32	14,50	9,49	50,32	14,47	9,51	50,32	14,50	9,49	50,32	14,49	9,50
195	50,08	14,81	9,35	50,08	14,80	9,35	50,09	14,79	9,36	50,09	14,80	9,36	50,09	14,80	9,36
196	50,98	14,58	8,27	50,99	14,58	8,27	50,98	14,57	8,27	50,98	14,58	8,28	50,98	14,58	8,27
197	50,34	14,76	9,74	50,33	14,78	9,72	50,34	14,76	9,74	50,34	14,77	9,73	50,34	14,77	9,73
198	49,74	14,61	9,48	49,74	14,59	9,50	49,72	14,60	9,48	49,74	14,57	9,51	49,74	14,59	9,49
199	50,73	14,74	8,80	50,74	14,72	8,79	50,73	14,73	8,80	50,73	14,73	8,79	50,73	14,73	8,80

Tablo 4.1. (Devam) Renklendirme öncesi yapılan renk ölçüm değerleri.

200	49,74	14,28	9,78	49,74	14,29	9,77	49,73	14,31	9,75	49,73	14,27	9,79	49,74	14,29	9,77
201	50,95	14,95	8,33	50,95	14,96	8,34	50,94	14,97	8,30	50,94	14,94	8,32	50,95	14,96	8,32
202	50,35	14,56	9,71	50,35	14,58	9,69	50,35	14,57	9,69	50,35	14,56	9,69	50,35	14,57	9,70
203	49,13	14,46	10,52	49,13	14,47	10,52	49,13	14,47	10,51	49,13	14,46	10,53	49,13	14,47	10,52
204	50,34	14,57	9,14	50,33	14,58	9,13	50,34	14,56	9,15	50,34	14,56	9,14	50,34	14,57	9,14
205	51,12	14,96	8,13	51,12	14,96	8,13	51,11	14,95	8,15	51,12	14,95	8,15	51,12	14,96	8,14
206	49,84	14,66	9,89	49,85	14,66	9,91	49,86	14,65	9,90	49,86	14,66	9,89	49,85	14,66	9,90
207	50,12	15,16	10,06	50,12	15,16	10,07	50,12	15,15	10,10	50,13	15,15	10,08	50,12	15,16	10,08
208	51,14	14,84	8,40	51,13	14,82	8,41	51,13	14,82	8,42	51,13	14,82	8,42	51,13	14,83	8,41
209	49,83	14,92	9,85	49,84	14,91	9,84	49,84	14,91	9,84	49,82	14,90	9,87	49,83	14,91	9,85
210	50,22	14,71	9,31	50,21	14,70	9,32	50,21	14,69	9,33	50,21	14,71	9,32	50,21	14,70	9,32
211	49,76	14,37	9,69	49,77	14,35	9,73	49,76	14,34	9,72	49,76	14,35	9,71	49,76	14,35	9,71
212	50,98	14,42	7,96	50,97	14,42	7,97	50,97	14,42	7,99	50,97	14,40	7,96	50,97	14,42	7,97
213	51,98	15,01	5,96	51,58	15,00	5,98	51,57	14,99	5,98	51,58	4,97	5,98	51,68	12,49	5,98
214	51,53	15,01	6,57	51,53	15,01	6,57	51,53	15,01	6,58	51,53	15,01	6,57	51,53	15,01	6,57
215	51,14	15,05	7,68	51,13	15,05	7,67	51,14	15,04	7,69	51,14	15,04	7,69	51,14	15,05	7,68
216	50,04	14,62	9,35	50,04	14,65	9,34	50,04	14,63	9,32	50,04	14,62	9,34	50,04	14,63	9,34

Tablo 4.2. Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

Örnek Numarası	1. Ölçüm			2. Ölçüm			3. Ölçüm			4. Ölçüm			Ortalama		
	L2*	a2*	b2*	L2*	a2*	b2*	L2*	a2*	b2*	L2*	a2*	b2*	L2* Ort.	a2* Ort.	b2* Ort.
1	50,17	20,06	2,69	50,18	20,08	2,72	50,21	20,10	2,73	50,21	20,11	2,73	50,19	20,09	2,72
2	50,21	20,57	3,23	50,21	20,56	3,24	50,21	20,57	3,23	50,21	20,56	3,24	50,21	20,57	3,24
3	50,22	20,56	3,13	50,22	20,55	3,11	50,22	20,54	3,12	50,22	20,51	3,12	50,22	20,54	3,12
4	50,10	21,22	3,13	50,12	21,20	3,11	50,17	21,11	3,05	50,17	21,09	3,04	50,14	21,16	3,08
5	50,06	20,92	2,69	50,06	20,89	2,68	50,04	20,89	2,68	50,05	20,87	2,66	50,05	20,89	2,68
6	49,82	20,65	3,10	49,82	20,65	3,10	49,81	20,65	3,09	49,81	20,65	3,09	49,82	20,65	3,10
7	50,51	21,11	3,35	50,51	21,12	3,34	50,50	21,10	3,33	50,50	21,12	3,31	50,51	21,11	3,33
8	50,22	20,85	3,23	50,23	20,83	3,23	50,23	20,83	3,21	50,24	20,79	3,21	50,23	20,83	3,22
9	50,28	20,33	3,45	50,31	20,29	3,46	50,33	20,24	3,43	50,34	20,23	3,40	50,32	20,27	3,44
10	52,33	20,88	4,23	52,32	20,87	4,24	52,32	20,84	4,24	52,32	20,85	4,22	52,32	20,86	4,23
11	52,21	21,23	4,37	52,22	21,20	4,36	52,21	21,21	4,37	52,21	21,20	4,34	52,21	21,21	4,36
12	50,26	20,58	3,38	50,28	20,55	3,39	50,27	20,56	3,37	50,29	20,54	3,36	50,28	20,56	3,38
13	50,67	20,96	3,49	50,66	20,98	3,47	50,67	20,98	3,48	50,67	20,99	3,46	50,67	20,98	3,48
14	50,50	20,28	3,45	50,50	20,28	3,44	50,49	20,25	3,41	50,50	20,24	3,42	50,50	20,26	3,43
15	51,21	20,08	3,58	51,20	20,10	3,54	51,20	20,08	3,56	51,21	20,06	3,55	51,21	20,08	3,56
16	53,54	19,96	4,50	53,55	19,94	4,47	53,57	19,91	4,48	53,56	19,93	4,46	53,56	19,94	4,48
17	52,06	19,54	3,63	52,06	19,55	3,62	52,07	19,53	3,62	52,07	19,53	3,63	52,07	19,54	3,63
18	50,42	19,72	3,54	50,44	19,70	3,55	50,45	19,68	3,52	50,47	19,65	3,52	50,45	19,69	3,53
19	56,87	20,01	4,85	56,89	20,00	4,82	56,90	19,96	4,82	56,91	19,95	4,81	56,89	19,98	4,83
20	52,37	21,68	4,93	52,41	21,61	4,90	52,44	21,58	4,86	52,45	21,57	4,87	52,42	21,61	4,89
21	49,65	20,71	3,23	49,65	20,61	3,21	49,64	20,69	3,20	49,64	20,67	3,20	49,65	20,67	3,21
22	50,78	19,97	3,38	50,78	19,97	3,38	50,79	19,94	3,36	50,78	19,95	3,36	50,78	19,96	3,37
23	50,67	20,21	3,41	50,67	20,21	3,41	50,66	20,18	3,41	50,66	20,19	3,39	50,67	20,20	3,41
24	50,01	20,31	2,90	50,00	20,30	2,90	50,00	20,29	2,87	50,01	20,28	2,87	50,01	20,30	2,89
25	49,86	20,92	3,44	49,84	20,92	3,42	49,85	20,90	3,39	49,85	20,89	3,39	49,85	20,91	3,41
26	54,43	18,64	3,30	54,42	18,65	3,27	54,42	18,63	3,28	54,41	18,64	3,27	54,42	18,64	3,28
27	50,58	19,81	2,88	50,58	19,79	2,87	50,58	19,77	2,90	50,57	19,77	2,87	50,58	19,79	2,88
28	50,96	20,26	3,16	50,96	20,24	3,16	50,96	20,21	3,15	50,96	20,21	3,13	50,96	20,23	3,15
29	51,06	19,26	3,33	51,06	19,22	3,31	51,04	19,19	3,30	51,03	19,18	3,28	51,05	19,21	3,31
30	53,00	20,18	4,07	53,01	20,17	4,06	53,00	20,17	4,05	53,00	20,16	4,02	53,00	20,17	4,05
31	50,84	20,27	3,52	50,83	20,25	3,50	50,81	20,23	3,48	50,81	20,20	3,48	50,82	20,24	3,50
32	50,40	19,82	3,27	50,40	19,76	3,27	50,38	19,75	3,28	50,39	19,74	3,26	50,39	19,77	3,27
33	50,26	21,00	2,77	50,26	20,99	2,75	50,26	20,96	2,72	50,26	20,96	2,73	50,26	20,98	2,74
34	50,46	20,68	2,91	50,45	20,69	2,89	50,45	20,68	2,90	50,45	20,68	2,89	50,45	20,68	2,90
35	50,53	20,56	3,13	50,53	20,55	3,11	50,54	20,56	3,14	50,54	20,55	3,11	50,54	20,56	3,12
36	52,39	21,79	4,52	52,40	21,76	4,50	52,40	21,71	4,45	52,40	21,71	4,47	52,40	21,74	4,49
37	50,69	19,98	2,66	50,69	19,96	2,69	50,63	19,72	2,75	50,66	19,68	2,74	50,67	19,84	2,71
38	55,54	20,21	5,30	55,55	20,19	5,30	55,54	20,20	5,26	55,55	20,18	5,27	55,55	20,20	5,28
39	50,99	20,84	3,62	50,99	20,80	3,65	50,98	20,81	3,62	50,98	20,81	3,61	50,99	20,82	3,63

Tablo 4.2. (Devam) Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

40	51,19	20,64	2,91	51,18	20,43	2,92	51,18	20,43	2,90	51,18	20,43	2,89	51,18	20,48	2,91
41	51,43	21,29	3,76	51,43	21,29	3,76	51,43	21,26	3,75	51,42	21,25	3,74	51,43	21,27	3,75
42	52,32	20,44	4,40	52,32	20,41	4,40	52,32	20,39	4,38	52,32	20,39	4,36	52,32	20,41	4,39
43	51,04	19,47	2,65	51,04	19,43	2,69	51,02	19,44	2,64	51,03	19,43	2,65	51,03	19,44	2,66
44	51,89	21,68	3,78	51,88	21,67	3,75	51,88	21,64	3,76	51,88	21,64	3,76	51,88	21,66	3,76
45	51,45	20,56	2,76	51,46	20,53	2,74	51,45	20,53	2,72	51,45	20,53	2,73	51,45	20,54	2,74
46	53,31	19,55	4,20	53,31	19,55	4,19	53,31	19,53	4,17	53,31	19,54	4,16	53,31	19,54	4,18
47	52,09	21,44	3,89	52,10	21,42	3,89	52,09	21,41	3,90	52,09	21,40	3,89	52,09	21,42	3,89
48	52,71	20,42	3,48	52,71	20,42	3,45	52,70	20,42	3,44	52,71	20,41	3,45	52,71	20,42	3,46
49	50,50	19,20	3,54	50,50	19,19	3,52	50,50	19,19	3,54	50,50	19,19	3,52	50,50	19,19	3,53
50	49,22	20,21	4,34	49,21	20,21	4,31	49,21	20,17	4,33	49,20	20,18	4,30	49,21	20,19	4,32
51	49,60	21,09	4,01	49,60	21,05	4,00	49,60	21,06	4,00	49,60	21,06	4,02	49,60	21,07	4,01
52	51,66	19,38	4,49	51,66	19,37	4,48	51,65	19,36	4,47	51,66	19,35	4,45	51,66	19,37	4,47
53	51,41	19,88	7,12	51,41	19,85	7,11	51,40	19,84	7,12	51,40	19,83	7,11	51,41	19,85	7,12
54	50,28	20,73	3,77	50,30	20,69	3,75	50,30	20,68	3,74	50,30	20,66	3,73	50,30	20,69	3,75
55	50,10	19,51	3,61	50,10	19,50	3,59	50,10	19,48	3,61	50,09	19,47	3,57	50,10	19,49	3,60
56	51,30	20,30	4,15	51,30	20,30	4,12	51,31	20,30	4,12	51,31	20,28	4,13	51,31	20,30	4,13
57	51,01	21,30	4,34	51,00	21,32	4,34	50,99	21,31	4,31	51,00	21,30	4,32	51,00	21,31	4,33
58	50,69	19,74	4,29	50,71	19,70	4,29	50,71	19,71	4,27	50,71	19,72	4,27	50,71	19,72	4,28
59	52,30	20,11	4,03	52,30	20,10	4,01	52,30	20,08	4,01	52,30	20,09	3,98	52,30	20,10	4,01
60	51,72	20,14	4,21	51,72	20,12	4,21	51,71	20,11	4,20	51,71	20,11	4,19	51,72	20,12	4,20
61	51,19	19,67	3,57	51,20	19,65	3,56	51,18	19,66	3,54	51,19	19,66	3,52	51,19	19,66	3,55
62	50,34	20,73	3,67	50,33	20,74	3,63	50,33	20,70	3,64	50,33	20,70	3,63	50,33	20,72	3,64
63	51,13	21,50	3,89	51,14	21,48	3,91	51,13	21,46	3,91	51,13	21,46	3,90	51,13	21,48	3,90
64	50,81	20,55	3,10	50,81	20,53	3,11	50,80	20,53	3,10	50,81	20,52	3,07	50,81	20,53	3,10
65	51,26	20,45	4,70	51,26	20,44	4,71	51,25	20,43	4,69	51,25	20,41	4,70	51,26	20,43	4,70
66	51,16	20,38	3,47	51,17	20,36	3,45	51,16	20,36	3,42	51,17	20,35	3,43	51,17	20,36	3,44
67	50,70	20,14	3,08	50,70	20,13	3,07	50,69	20,12	3,05	50,69	20,12	3,05	50,70	20,13	3,06
68	50,30	18,91	3,26	50,30	18,90	3,24	50,31	18,87	3,26	50,31	18,88	3,23	50,31	18,89	3,25
69	51,82	20,46	3,99	51,82	20,47	3,95	51,81	20,46	3,94	51,81	20,46	3,94	51,82	20,46	3,96
70	50,78	20,10	3,10	50,78	20,08	3,09	50,78	20,06	3,12	50,77	20,06	3,10	50,78	20,08	3,10
71	52,10	22,08	4,74	52,10	22,09	4,72	52,09	22,07	4,72	52,09	22,07	4,74	52,10	22,08	4,73
72	50,41	20,42	3,48	50,40	20,41	3,47	50,40	20,41	3,48	50,40	20,40	3,46	50,40	20,41	3,47
73	50,29	18,86	5,17	50,30	18,85	5,18	50,32	18,81	5,17	50,32	18,83	5,18	50,31	18,84	5,18
74	50,44	19,56	5,80	50,43	19,54	5,81	50,44	19,56	5,80	50,43	19,54	5,81	50,44	19,55	5,81
75	50,17	20,65	5,31	50,17	20,65	5,31	50,17	20,63	5,31	50,16	20,67	5,27	50,17	20,65	5,30
76	50,48	19,51	3,97	50,47	19,50	3,96	50,46	19,48	3,95	50,47	19,48	3,95	50,47	19,49	3,96
77	50,83	19,33	3,75	50,84	19,33	3,73	50,84	19,32	3,72	50,84	19,32	3,74	50,84	19,33	3,74
78	49,97	19,02	5,09	49,96	19,00	5,10	49,96	19,01	5,09	49,95	19,01	5,08	49,96	19,01	5,09
79	50,50	18,40	6,60	50,49	18,40	6,59	50,49	18,37	6,59	50,49	18,38	6,60	50,49	18,39	6,60
80	49,41	18,98	5,81	49,41	18,98	5,78	49,40	18,98	5,77	49,40	18,96	5,80	49,41	18,98	5,79

Tablo 4.2. (Devam) Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

81	50,17	19,08	4,41	50,18	19,06	4,40	50,17	19,05	4,40	50,17	19,06	4,39	50,17	19,06	4,40
82	51,49	19,89	5,96	51,50	19,88	5,96	51,49	19,88	5,95	51,49	19,86	5,97	51,49	19,88	5,96
83	50,10	19,27	4,73	50,11	19,26	4,74	50,11	19,24	4,76	50,10	19,26	4,73	50,11	19,26	4,74
84	50,28	18,32	5,74	50,28	18,34	5,73	50,29	18,29	5,76	50,28	18,31	5,75	50,28	18,32	5,75
85	49,12	18,01	5,37	49,12	17,99	5,39	49,12	18,00	5,40	49,13	17,98	5,40	49,12	18,00	5,39
86	51,12	19,55	6,25	51,12	19,58	6,27	51,12	19,57	6,27	51,12	19,57	6,25	51,12	19,57	6,26
87	51,11	19,47	6,85	51,11	19,47	6,84	51,10	19,47	6,82	51,10	19,45	6,83	51,11	19,47	6,84
88	50,22	18,30	4,35	50,21	18,31	4,32	50,21	18,29	4,32	50,21	18,28	4,32	50,21	18,30	4,33
89	49,78	18,13	5,95	49,78	18,11	5,98	49,77	18,12	5,94	49,78	18,10	5,95	49,78	18,12	5,96
90	50,85	18,42	7,37	50,84	18,41	7,38	50,85	18,40	7,36	50,85	18,39	7,34	50,85	18,41	7,36
91	50,48	18,54	5,81	50,49	18,53	5,83	50,48	18,52	5,81	50,49	18,49	5,82	50,49	18,52	5,82
92	49,19	17,91	6,66	49,18	17,89	6,67	49,18	17,88	6,65	49,18	17,86	6,68	49,18	17,89	6,67
93	49,67	18,42	6,84	49,67	18,43	6,81	49,68	18,40	6,83	49,69	18,39	6,83	49,68	18,41	6,83
94	52,87	19,08	6,54	52,88	19,08	6,54	52,87	19,07	6,56	52,88	19,08	6,54	52,88	19,08	6,55
95	52,16	19,92	7,25	52,16	19,89	7,26	52,17	19,88	7,23	52,17	19,88	7,25	52,17	19,89	7,25
96	51,91	19,07	6,42	51,90	19,08	6,41	51,91	19,05	6,42	51,91	19,06	6,40	51,91	19,07	6,41
97	48,89	18,96	5,38	48,89	18,93	5,40	48,88	18,92	5,37	48,89	18,91	5,39	48,89	18,93	5,39
98	53,32	19,63	6,91	53,33	19,62	6,92	53,33	19,63	6,90	53,33	19,61	6,91	53,33	19,62	6,91
99	51,51	18,84	5,02	51,51	18,81	5,05	51,51	18,80	5,04	51,50	18,82	5,01	51,51	18,82	5,03
100	51,28	18,44	6,61	51,29	18,42	6,60	51,27	18,43	6,58	51,28	18,41	6,58	51,28	18,43	6,59
101	50,72	19,04	4,38	50,71	19,04	4,35	50,72	19,01	4,39	50,72	19,03	4,35	50,72	19,03	4,37
102	54,06	16,70	6,43	54,06	16,69	6,42	54,06	16,66	6,44	54,07	16,66	6,44	54,06	16,68	6,43
103	49,74	18,98	5,78	49,74	18,98	5,77	49,73	19,00	5,76	49,74	18,99	5,77	49,74	18,99	5,77
104	49,48	19,17	5,13	49,48	19,16	5,15	49,48	19,12	5,17	49,47	19,15	5,13	49,48	19,15	5,15
105	49,38	18,74	5,44	49,37	18,74	5,43	49,37	18,71	5,46	49,38	18,71	5,42	49,38	18,73	5,44
106	49,84	19,10	4,94	49,86	19,07	4,94	49,84	19,09	4,93	49,83	19,09	4,91	49,84	19,09	4,93
107	48,13	18,13	6,05	48,14	18,12	6,03	48,13	18,11	6,02	48,14	18,10	6,03	48,14	18,12	6,03
108	49,58	19,27	4,90	49,58	19,26	4,92	49,57	19,25	4,88	49,58	19,26	4,90	49,58	19,26	4,90
109	52,81	15,88	6,78	52,80	15,88	6,77	52,81	15,87	6,79	52,80	15,87	6,78	52,81	15,88	6,78
110	52,95	15,67	6,64	52,94	15,65	6,67	52,95	15,64	6,65	52,94	15,63	6,67	52,95	15,65	6,66
111	53,06	15,27	6,85	53,07	15,25	6,85	53,07	15,25	6,84	53,06	15,25	6,85	53,07	15,26	6,85
112	52,93	15,78	6,13	52,93	15,78	6,15	52,92	15,76	6,17	52,92	15,76	6,17	52,93	15,77	6,16
113	52,78	15,57	6,60	52,77	15,58	6,58	52,77	15,58	6,56	52,77	15,57	6,60	52,77	15,58	6,59
114	52,97	15,80	5,56	52,97	15,79	5,58	52,95	15,80	5,55	52,96	15,78	5,57	52,96	15,79	5,57
115	52,97	15,52	6,70	52,96	15,53	6,68	52,95	15,52	6,69	52,95	15,52	6,69	52,96	15,52	6,69
116	52,75	15,61	6,42	52,74	15,61	6,41	52,75	15,58	6,42	52,74	15,60	6,43	52,75	15,60	6,42
117	52,98	15,51	6,85	52,97	15,51	6,87	52,97	15,52	6,86	52,97	15,51	6,87	52,97	15,51	6,86
118	53,06	15,71	5,80	53,05	15,69	5,83	53,05	15,68	5,81	53,04	15,67	5,84	53,05	15,69	5,82
119	52,85	15,55	6,86	52,84	15,54	6,85	52,84	15,53	6,85	52,84	15,52	6,89	52,84	15,54	6,86
120	52,81	15,58	6,61	52,80	15,57	6,60	52,80	15,55	6,57	52,80	15,57	6,59	52,80	15,57	6,59
121	52,81	14,85	6,97	52,82	14,84	6,95	52,82	14,82	6,97	52,82	14,83	6,96	52,82	14,84	6,96

Tablo 4.2. (Devam) Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

122	52,34	15,15	6,55	52,33	15,14	6,57	52,33	15,13	6,58	52,33	15,12	6,58	52,33	15,14	6,57
123	52,77	15,22	7,00	52,77	15,22	6,99	52,78	15,20	6,99	52,78	15,18	6,99	52,78	15,21	6,99
124	52,38	15,20	6,91	52,39	15,20	6,92	52,38	15,21	6,91	52,38	15,19	6,92	52,38	15,20	6,92
125	52,83	14,89	7,58	52,83	14,88	7,59	52,83	14,90	7,56	52,83	14,89	7,58	52,83	14,89	7,58
126	52,33	14,99	8,11	52,32	14,99	8,12	52,32	14,99	8,13	52,32	14,98	8,12	52,32	14,99	8,12
127	52,67	14,97	7,40	52,68	14,96	7,42	52,67	14,96	7,41	52,67	14,97	7,43	52,67	14,97	7,42
128	52,83	15,08	6,75	52,84	15,07	6,78	52,84	15,06	6,77	52,85	15,05	6,77	52,84	15,07	6,77
129	52,71	14,91	6,77	52,71	14,90	6,78	52,71	14,90	6,78	52,71	14,90	6,77	52,71	14,90	6,78
130	52,88	14,86	7,56	52,87	14,86	7,57	52,87	14,85	7,59	52,87	14,84	7,57	52,87	14,85	7,57
131	52,50	15,20	7,01	52,51	15,20	7,03	52,51	15,17	7,06	52,50	15,19	7,04	52,51	15,19	7,04
132	52,81	15,11	6,90	52,81	15,12	6,91	52,81	15,12	6,92	52,80	15,13	6,90	52,81	15,12	6,91
133	52,30	14,69	6,78	52,31	14,70	6,76	52,31	14,69	6,77	52,30	14,70	6,76	52,31	14,70	6,77
134	52,51	14,48	8,14	52,50	14,49	8,14	52,51	14,46	8,16	52,50	14,47	8,15	52,51	14,48	8,15
135	52,60	14,56	7,26	52,60	14,57	7,24	52,60	14,55	7,24	52,60	14,56	7,27	52,60	14,56	7,25
136	52,51	14,89	6,41	52,51	14,88	6,41	52,51	14,88	6,42	52,51	14,88	6,44	52,51	14,88	6,42
137	52,52	14,62	7,01	52,53	14,62	7,02	52,54	14,63	7,02	52,55	14,61	7,02	52,54	14,62	7,02
138	52,51	14,73	7,16	52,52	14,73	7,16	52,52	14,74	7,16	52,52	14,72	7,16	52,52	14,73	7,16
139	52,25	14,41	8,60	52,26	14,41	8,60	52,26	14,40	8,60	52,25	14,41	8,61	52,26	14,41	8,60
140	52,60	14,39	6,88	52,61	14,37	6,87	52,61	14,35	6,90	52,61	14,37	6,87	52,61	14,37	6,88
141	52,38	14,55	7,36	52,39	14,55	7,35	52,40	14,54	7,33	52,40	14,53	7,35	52,39	14,54	7,35
142	52,52	14,47	7,31	52,53	14,50	7,26	52,53	14,47	7,28	52,53	14,46	7,28	52,53	14,48	7,28
143	52,37	14,40	7,03	52,37	14,40	7,04	52,37	14,40	7,03	52,36	14,38	7,04	52,37	14,40	7,04
144	52,55	15,03	6,60	52,56	15,03	6,62	52,55	15,04	6,61	52,56	15,01	6,63	52,56	15,03	6,62
145	52,78	16,49	4,26	52,78	16,47	4,28	52,79	16,49	4,28	52,79	16,48	4,28	52,79	16,48	4,28
146	54,38	15,69	2,86	54,37	15,70	2,86	54,37	15,70	2,87	54,37	15,69	2,87	54,37	15,70	2,87
147	53,89	15,66	3,15	53,88	15,65	3,17	53,89	15,65	3,16	53,87	15,64	3,17	53,88	15,65	3,16
148	53,97	15,97	3,45	53,96	15,96	3,44	53,96	15,96	3,46	53,95	15,96	3,46	53,96	15,96	3,45
149	53,14	16,01	3,90	53,14	16,02	3,92	53,14	16,00	3,92	53,14	16,01	3,92	53,14	16,01	3,92
150	53,09	15,87	4,51	53,08	15,85	4,53	53,08	15,87	4,53	53,07	15,85	4,53	53,08	15,86	4,53
151	54,52	15,25	2,96	54,52	15,23	2,98	54,52	15,22	2,97	52,52	15,22	2,98	54,02	15,23	2,97
152	53,86	15,32	3,70	53,85	15,33	3,72	53,86	15,32	3,73	53,85	15,32	3,72	53,86	15,32	3,72
153	53,66	15,42	4,01	53,65	15,44	4,00	53,66	15,41	4,02	53,66	15,42	4,03	53,66	15,42	4,02
154	53,53	15,83	3,65	53,53	15,82	3,68	53,52	15,83	3,66	53,52	15,82	3,68	53,53	15,83	3,67
155	53,33	16,13	3,85	53,32	16,12	3,89	53,32	16,12	3,87	53,31	16,13	3,88	53,32	16,13	3,87
156	54,46	15,44	3,65	54,46	15,43	3,68	54,46	15,44	3,68	54,45	15,41	3,69	54,46	15,43	3,68
157	49,15	15,26	16,12	49,16	15,23	16,10	49,17	15,25	16,12	49,15	15,23	16,13	49,16	15,24	16,12
158	49,03	15,30	16,23	49,03	15,27	16,23	49,03	15,28	16,26	49,03	15,28	16,23	49,03	15,28	16,24
159	49,73	15,18	15,57	49,73	15,15	15,58	49,73	15,16	15,60	49,73	15,15	15,59	49,73	15,16	15,59
160	49,14	15,11	16,57	49,14	15,11	16,58	49,14	15,10	16,59	49,13	15,12	16,59	49,14	15,11	16,58
161	49,05	15,21	17,14	49,06	15,18	17,17	49,06	15,19	17,19	49,06	15,20	17,15	49,06	15,20	17,16
162	48,93	15,43	16,36	48,92	15,42	16,38	48,93	15,43	16,35	48,92	15,44	16,35	48,93	15,43	16,36

Tablo 4.2. (Devam) Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

163	48,71	15,47	16,71	48,72	15,47	16,75	48,72	15,47	16,73	48,73	15,46	16,75	48,72	15,47	16,74
164	49,07	15,31	15,83	49,06	15,32	15,82	49,07	15,30	15,83	49,06	15,32	15,81	49,07	15,31	15,82
165	49,11	15,59	15,58	49,11	15,58	15,60	49,11	15,56	15,62	49,11	15,55	15,64	49,11	15,57	15,61
166	49,07	15,35	16,10	49,07	15,35	16,11	49,07	15,34	16,11	49,07	15,33	16,10	49,07	15,34	16,11
167	48,64	15,39	15,87	48,64	15,39	15,84	48,64	15,38	15,85	48,64	15,38	15,85	48,64	15,39	15,85
168	49,01	15,15	17,21	49,00	15,16	17,18	49,00	15,13	17,22	49,01	15,14	17,22	49,01	15,15	17,21
169	43,42	20,68	12,40	43,42	20,66	12,39	43,43	20,64	12,43	43,42	20,66	12,42	43,42	20,66	12,41
170	42,43	20,56	13,36	42,43	20,58	13,33	42,44	20,56	13,37	42,43	20,57	13,36	42,43	20,57	13,36
171	41,99	20,22	16,29	42,01	20,23	16,26	42,00	20,24	16,29	42,01	20,22	16,25	42,00	20,23	16,27
172	42,19	20,90	14,09	42,19	20,89	14,09	42,19	20,86	14,09	42,20	20,86	14,12	42,19	20,88	14,10
173	41,36	21,34	14,10	41,37	21,30	14,06	41,37	21,30	14,07	41,37	21,31	14,07	41,37	21,31	14,08
174	42,24	21,45	12,54	42,25	21,44	12,52	42,25	21,45	12,51	42,25	21,46	12,54	42,25	21,45	12,53
175	43,68	20,36	13,46	43,68	20,39	13,45	43,67	20,39	13,44	43,67	20,39	13,44	43,68	20,38	13,45
176	41,85	21,54	16,00	41,86	21,54	15,96	41,86	21,53	16,02	41,86	21,52	16,04	41,86	21,53	16,01
177	52,20	14,11	7,30	52,20	14,13	7,28	52,21	14,11	7,30	52,21	14,10	7,31	52,21	14,11	7,30
178	50,71	14,22	8,74	50,71	14,22	8,73	50,71	14,21	8,76	50,72	14,20	8,74	50,71	14,21	8,74
179	43,76	20,40	12,77	43,78	20,40	12,76	43,78	20,39	12,78	43,78	20,40	12,77	43,78	20,40	12,77
180	42,89	20,27	15,17	42,89	20,27	15,20	42,89	20,27	15,15	42,91	20,25	15,17	42,90	20,27	15,17
181	50,36	13,74	7,82	50,36	13,72	7,82	50,37	13,72	7,80	50,38	13,71	7,83	50,37	13,72	7,82
182	50,50	13,87	7,13	50,51	13,85	7,13	50,51	13,86	7,16	50,51	13,86	7,15	50,51	13,86	7,14
183	49,86	13,74	7,66	49,85	13,74	7,68	49,86	13,73	7,66	49,86	13,74	7,66	49,86	13,74	7,67
184	49,63	13,76	8,55	49,64	13,75	8,59	49,65	13,75	8,57	49,65	13,76	8,59	49,64	13,76	8,58
185	50,05	13,87	8,24	50,04	13,84	8,23	50,05	13,83	8,25	50,06	13,84	8,24	50,05	13,85	8,24
186	50,59	13,91	7,78	50,60	13,90	7,78	50,59	13,91	7,79	50,59	13,92	7,78	50,59	13,91	7,78
187	50,49	13,98	6,59	50,50	13,99	6,60	50,49	14,00	6,58	50,50	13,96	6,59	50,50	13,98	6,59
188	51,02	14,57	6,79	51,02	14,56	6,80	51,03	14,56	6,82	51,02	14,58	6,81	51,02	14,57	6,81
189	50,48	13,50	7,34	50,51	13,51	7,34	50,33	13,51	7,36	50,53	13,52	7,36	50,46	13,51	7,35
190	51,03	14,34	6,85	51,03	14,34	6,87	51,02	14,33	6,87	51,02	14,32	6,85	51,03	14,33	6,86
191	49,88	14,21	9,83	49,88	14,19	9,86	49,88	14,19	9,86	49,88	14,20	9,84	49,88	14,20	9,85
192	50,40	14,05	7,50	50,42	14,05	7,49	50,42	14,05	7,48	50,42	14,05	7,50	50,42	14,05	7,49
193	51,32	13,55	6,57	51,32	13,55	6,56	51,32	13,54	6,56	51,32	13,55	6,56	51,32	13,55	6,56
194	50,10	13,53	7,83	50,10	13,54	7,86	50,10	13,55	7,86	50,10	13,55	7,85	50,10	13,54	7,85
195	49,95	13,85	8,06	49,95	13,85	8,07	49,95	13,84	8,06	49,96	13,84	8,08	49,95	13,85	8,07
196	50,46	13,84	7,35	50,46	13,83	7,34	50,46	13,80	7,34	50,46	13,79	7,37	50,46	13,82	7,35
197	50,12	13,73	9,16	50,12	13,74	9,17	50,13	13,71	9,19	50,12	13,72	9,19	50,12	13,73	9,18
198	50,09	13,40	7,97	50,09	13,40	7,96	50,10	13,40	7,98	50,09	13,38	7,99	50,09	13,40	7,98
199	50,60	13,64	7,64	50,62	13,64	7,63	50,62	13,64	7,64	50,62	13,64	7,62	50,62	13,64	7,63
200	49,31	13,25	9,45	49,31	13,25	9,42	49,31	13,25	9,45	49,31	13,24	9,46	49,31	13,25	9,45
201	50,60	14,03	7,28	50,61	14,04	7,25	50,62	14,00	7,27	50,61	14,02	7,27	50,61	14,02	7,27
202	49,94	13,52	7,97	49,95	13,52	7,98	49,95	13,49	7,97	49,96	13,50	8,01	49,95	13,51	7,98
203	49,21	13,26	8,87	49,22	13,25	8,87	49,21	13,27	8,84	49,22	13,24	8,88	49,22	13,26	8,87

Tablo 4.2. (Devam) Renklendirme sonrası yapılan renk ölçüm değerleri.

204	49,74	13,93	9,03	49,74	13,93	9,02	49,75	13,92	9,02	49,75	13,91	9,05	49,75	13,92	9,03
205	50,44	13,91	6,74	50,44	13,92	6,74	50,44	13,92	6,74	50,44	13,90	6,74	50,44	13,91	6,74
206	49,26	13,67	8,21	49,26	13,69	8,17	49,28	13,68	8,22	49,29	13,67	8,22	49,27	13,68	8,21
207	49,82	13,94	7,96	49,84	13,94	7,97	49,84	13,94	7,96	49,84	13,96	7,95	49,84	13,95	7,96
208	50,48	13,74	6,84	50,48	13,73	6,83	50,48	13,74	6,85	50,48	13,73	6,84	50,48	13,74	6,84
209	49,40	13,78	8,42	49,39	13,80	8,43	49,39	13,79	8,41	49,39	13,78	8,40	49,39	13,79	8,42
210	49,85	13,49	6,90	49,86	13,48	6,91	49,87	13,46	6,90	49,86	13,48	6,89	49,86	13,48	6,90
211	49,21	13,09	8,23	49,22	13,09	8,23	49,22	13,07	8,24	49,22	13,09	8,22	49,22	13,09	8,23
212	50,51	13,05	6,78	50,51	13,04	6,80	50,51	13,06	6,75	50,51	13,03	6,79	50,51	13,05	6,78
213	50,85	13,96	5,07	50,86	13,96	5,06	50,85	13,96	5,07	50,86	13,95	5,08	50,86	13,96	5,07
214	50,77	13,90	5,27	50,77	13,90	5,28	50,77	13,89	5,26	50,77	13,88	5,26	50,77	13,89	5,27
215	50,63	13,96	5,99	50,64	13,94	6,00	50,63	13,94	6,00	50,64	13,93	6,00	50,64	13,94	6,00
216	49,53	13,37	8,66	49,53	13,33	8,66	49,54	13,31	8,67	49,53	13,29	8,67	49,53	13,33	8,67

Tablo 4.3. CIEDE2000 ΔE değerleri.

Örnek Numaraları	dE2000		dE2000		dE2000
1	1,27	73	0,79	145	0,26
2	0,83	74	0,53	146	0,60
3	0,79	75	0,66	147	0,51
4	1,09	76	0,71	148	0,31
5	0,61	77	0,58	149	0,34
6	0,73	78	0,52	150	0,71
7	0,74	79	1,07	151	0,43
8	0,80	80	1,04	152	0,42
9	0,87	81	0,60	153	0,52
10	0,29	82	0,70	154	0,65
11	0,88	83	0,69	155	0,71
12	0,78	84	0,96	156	0,34
13	0,92	85	0,79	157	9,08
14	0,85	86	0,87	158	10,02
15	0,52	87	1,00	159	8,47
16	0,98	88	0,93	160	9,77
17	1,12	89	0,73	161	11,05
18	4,66	90	1,02	162	9,45
19	1,45	91	0,82	163	10,87
20	1,37	92	0,75	164	9,12
21	1,00	93	0,84	165	9,67
22	0,99	94	1,13	166	10,32
23	1,13	95	1,73	167	10,34
24	1,08	96	1,19	168	10,88
25	1,06	97	0,82	169	11,84
26	2,89	98	0,74	170	14,70
27	1,13	99	0,57	171	14,68
28	0,96	100	0,47	172	12,59
29	1,28	101	0,72	173	13,69
30	0,68	102	0,64	174	12,41
31	1,68	103	0,86	175	11,06
32	1,04	104	1,06	176	13,81
33	1,10	105	0,82	177	2,32
34	0,91	106	0,81	178	3,62
35	0,92	107	1,10	179	11,46
36	1,31	108	0,83	180	12,90
37	0,74	109	0,58	181	1,35
38	0,40	110	0,55	182	1,75
39	0,60	111	0,24	183	1,34
40	0,62	112	0,34	184	1,48
41	0,28	113	0,34	185	1,06
42	1,10	114	0,43	186	1,68
43	0,76	115	0,65	187	1,35
44	0,15	116	0,70	188	1,04
45	0,75	117	0,38	189	1,71
46	0,59	118	0,19	190	0,91
47	0,54	119	0,40	191	1,47
48	0,52	120	0,44	192	1,78
49	1,09	121	0,50	193	1,60
50	1,49	122	0,53	194	1,24
51	1,14	123	0,41	195	1,02
52	1,06	124	0,54	196	0,93
53	1,82	125	0,50	197	0,81
54	0,71	126	1,95	198	1,27
55	1,04	127	0,41	199	1,02
56	0,68	128	0,38	200	0,89
57	1,05	129	0,40	201	0,96
58	1,25	130	0,48	202	1,34
59	0,85	131	0,29	203	1,27
60	1,12	132	0,53	204	0,76

Tablo 4.3. (Devam) CIEDE2000 ΔE değerleri.

61	0,65	133	0,83	205	1,31
62	1,07	134	1,14	206	1,37
63	0,45	135	0,72	207	1,57
64	0,73	136	0,69	208	1,40
65	1,48	137	0,77	209	1,22
66	0,87	138	0,70	210	1,81
67	0,72	139	2,31	211	1,35
68	1,21	140	0,85	212	1,28
69	1,45	141	0,82	213	1,67
70	0,60	142	0,75	214	1,37
71	0,57	143	0,90	215	1,41
72	0,83	144	0,76	216	1,11

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İki yönlü ANOVA analizi yapılmadan önce normallik ve varyansların homojenliği varsayımları kontrol edilmiştir. Çalışmamızda ele alınan renklendirici gıda çeşidine göre ANOVA 3 grupta yapılmıştır. Her renklendirici gıda grubunda alt gruplara göre normallik analizi Shapiro-Wilk testi kullanılarak Tablo 4.4'de gösterildiği şekilde yapılmıştır.

Tablo 4.4. Normallik testi (Shapiro-Wilk).

Normallik testi (Shapiro-Wilk)				
	Grup	Distile su	Kahve	Şarap
		Sig.	Sig.	Sig.
Delta E (CIEDE2000)	Konvansiyonel- Polisajlı	.296	.668	.714
	Konvansiyonel- Polisajsız	.840	.254	.200
	Konvansiyonel- Yüzey Kaplamalı	.109	.600	.696
	3B Baskı- Polisajlı	.862	.465	.070
	3B Baskı- Polisajsız	.388	.796	.237
	3B Baskı- Yüzey Kaplamalı	.319	.501	.438

Distile su, kahve ve şarap için normallik testi sonuçları yukarıdaki Tablo 4.4'de verilmiştir ve sig.>0.05 olduğu için tüm alt gruplarda normallik sağlanmıştır.

Tablo 4.5. Varyansların Homojenlik testi (Levene İstatistik).

Varyansların Homojenlik Testi (Levene İstatistik)					
Distile su		Kahve		Şarap	
Delta E(CIEDE2000)	Log10 Delta E(CIEDE2000)	Delta E(CIEDE2000)	Log10 Delta E(CIEDE2000)	Delta E(CIEDE2000)	Log10 Delta E(CIEDE2000)
Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
.392	.329	.000	.173	.000	.128

Distile su için alt grup varyansların homojenliği testi sonuçları yukarıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir ve sig.>0.05 olduğu için varyansların homojenliği sağlanmıştır. Varyansların homojenliği kahve ve şarap gruplarında sağlanmamıştır. Bu sebeple tüm veriye log10 dönüşümü uygulanmış ve geriye kalan tüm analiz bu dönüşüm üzerinden yapılmıştır (Tablo 4.5).

Distile su için alt grup varyansların homojenliği testi log10 dönüşüm sonuçları yukarıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir ve sig.> 0.05 olduğu için varyansların homojenliği sağlanmıştır.

Kahve ve şarap için alt grup varyansların homojenliği testi sonuçları yukarıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir ve sig.< 0.05 olduğu için varyansların homojenliği sağlanmamıştır. Kahve ve şarap için alt grup varyansların homojenliği testi log10 dönüşüm sonuçları yukarıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir ve sig.> 0.05 olduğu için varyansların homojenliği sağlanmıştır.

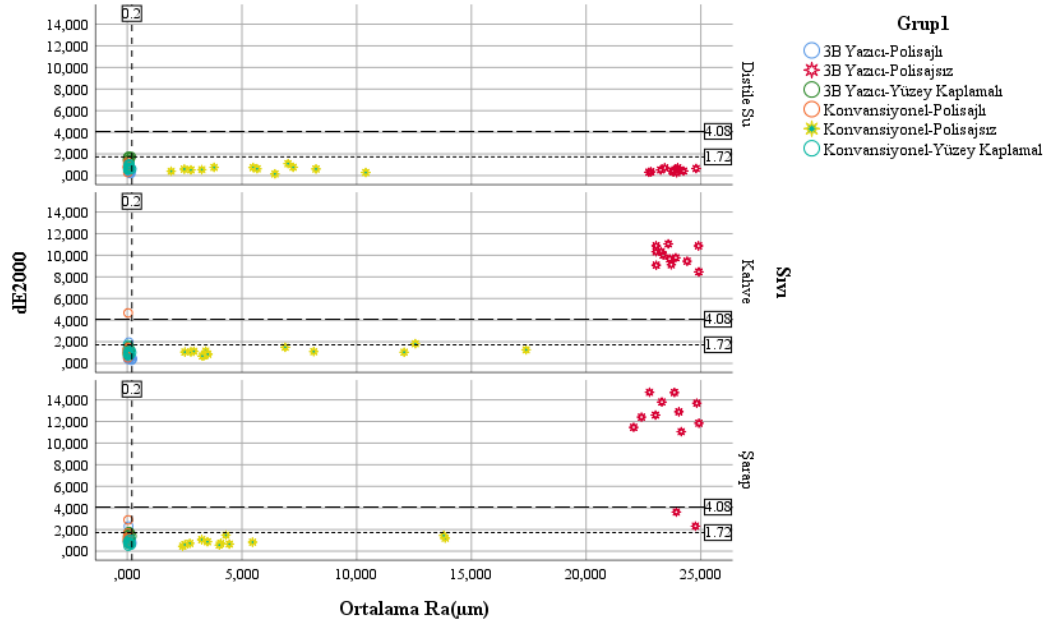
ANOVA çözümlenmesi sonrasında anlamlı bulunan faktörler sonrasında ikişerli karşılaştırmalarda (Post-Hoc) Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Ayrıca yüzey pürüzlülük (Ra) değeri ile kabul edilebilirlik eşik değeri (CIEDE2000>4,08) sınıflaması ROC analizi ile çözümlenmiştir. İstatistiksel analizler IBM SPSS (IBM Corp., Windows için Versiyon 26.0) ile gerçekleştirilmiştir. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi %5 olarak kabul edilmiştir.

Elde edilen nicel ölçümler ortalama ve standart sapma istatistikleri ile Tablo 4.6’da özetlenmiştir. Ölçüm sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin ham ölçüm değerleri ve 10 tabanında logaritmik dönüşüm sonrasında elde edilen değerler olarak

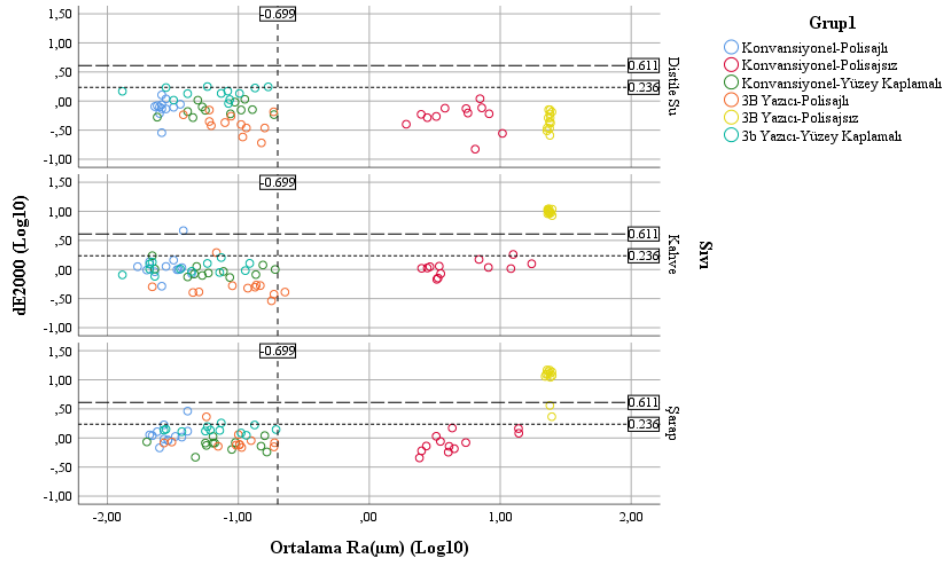
Tablo 4.6’da özetlenmiştir. Ayrıca ham ölçüm değerleri Şekil 4.1’de ve dönüştürülmüş veriler Şekil 4.2’de sunulmuştur. Grafikler incelendiğinde 3B Yazıcı ile üretilmiş polisajsız yüzeye sahip örneklerin yüzey pürüzlülüğün yüksek olduğu, ayrıca kahve ve şarap renklendirici gıda solüsyonlarında bekletilen örneklerin renk değişiminin fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 4.6. Tanımlayıcı istatistikler.

	CIEDE2000	Ortalama Ra (µm)	CIEDE2000 (Log10)	Ortalama Ra (µm) (Log10)
Konvansiyonel-Polisajlı-Distile Su	0,81±0,24	0,027±0,004	-0,11±0,16	-1,571±0,054
Konvansiyonel-Polisajlı-Kahve	1,34±1,07	0,03±0,008	0,06±0,22	-1,546±0,129
Konvansiyonel-Polisajlı-Şarap	1,25±0,58	0,03±0,007	0,06±0,16	-1,538±0,098
Konvansiyonel-Polisajsız-Distile Su	0,59±0,25	5,388±2,608	-0,28±0,23	0,679±0,231
Konvansiyonel-Polisajsız-Kahve	1,11±0,31	6,563±4,958	0,03±0,12	0,716±0,299
Konvansiyonel-Polisajsız-Şarap	0,89±0,34	5,361±4,05	-0,08±0,16	0,649±0,253
Konvansiyonel-Yüzey Kaplama-Distile Su	0,74±0,19	0,082±0,046	-0,14±0,11	-1,152±0,253
Konvansiyonel-Yüzey Kaplama-Kahve	0,98±0,28	0,078±0,054	-0,02±0,11	-1,202±0,301
Konvansiyonel-Yüzey Kaplama-Şarap	0,79±0,18	0,086±0,047	-0,12±0,1	-1,131±0,26
3B Yazıcı-Polisajlı-Distile Su	0,44±0,16	0,101±0,045	-0,39±0,17	-1,039±0,205
3B Yazıcı-Polisajlı-Kahve	0,58±0,44	0,117±0,063	-0,3±0,2	-1,011±0,302
3B Yazıcı-Polisajlı-Şarap	0,94±0,45	0,099±0,051	-0,06±0,14	-1,067±0,265
3B Yazıcı-Polisajsız-Distile Su	0,48±0,16	23,734±0,59	-0,34±0,15	1,375±0,011
3B Yazıcı-Polisajsız-Kahve	9,92±0,81	23,737±0,674	1±0,04	1,375±0,012
3B Yazıcı-Polisajsız-Şarap	11,26±4,05	23,671±0,956	1±0,26	1,374±0,018
3B Yazıcı-Yüzey Kaplama-Distile Su	1,41±0,29	0,075±0,045	0,14±0,1	-1,212±0,317
3B Yazıcı-Yüzey Kaplama-Kahve	1,09±0,25	0,052±0,037	0,03±0,1	-1,392±0,32
3B Yazıcı-Yüzey Kaplama-Şarap	1,41±0,19	0,08±0,049	0,14±0,06	-1,17±0,265



Şekil 4.1. Farklı üretim tekniğinde, yüzey işleminde ve renklendirici gıdalarda pürüzlülük ve renk değişim (CIEDE2000) değerlerine ilişkin saçılım grafiği (Ham veriler). Polimetilmetakrilat (PMMA) için önerilen CIEDE2000 renk değişim değerleri; Algılanabilirlik Eşik Değeri için 1.72'nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.236, Kabul Edilebilirlik Eşik Değeri için ise 4.08'nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.611 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Farklı üretim tekniğinde, yüzey işleminde ve renklendirici gıdalarda pürüzlülük ve renk değişim (CIEDE2000) değerlerine ilişkin saçılım grafiği (Logaritmik dönüşüm yapılmış veriler). Polimetilmetakrilat (PMMA) için önerilen CIEDE2000 renk değişim değerleri; Algılanabilirlik Eşik Değeri için 1.72'nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.236, Kabul Edilebilirlik Eşik Değeri için ise 4.08'nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.611 olarak belirlenmiştir.

Logaritmik dönüşümle elde edilen renk değişim (CIEDE2000) değerleri için yapılan 2 yönlü ANOVA analizine ilişkin sonuçlar Tablo 4.7’de görülmektedir. Distile su, kahve ve şarap sıvılarında bekletilen örneklerin incelenmesi için yapılan ANOVA sonuçlarına göre üretim tekniği ve yüzey işlemleri faktörlerine ilişkin etkileşim etkisi anlamlı bulunmuştur (tüm modellerde $p < 0,001$). Bu durumda ana etkiler (üretim tekniği ve yüzey işlemi) birlikte yorumlanamadığından her bir yüzey işleminde üretim teknikleri Tablo 4.8’de yorumlanmıştır. Polisajlı yüzeye sahip distile suda bekletilen örneklerde; konvansiyonel teknikle üretimde 3B yazıcı ile üretime göre istatistiksel olarak anlamlı derecede renklenme görülmüştür (Şekil 4.3). Yüzey kaplamalı yüzeye sahip distile suda bekletilen örneklerde ise 3B yazıcı ile üretimde konvansiyonel teknikle üretime göre istatistiksel olarak anlamlı derecede renklenme görülmüştür (Şekil 4.3). Renk ölçüm ortalama değerleri distile suda bekletilen tüm örnek gruplarında algılanabilirlik sınırının (1.72’nin Log10 dönüşümü sonucu elde edilen 0.236 değeri) altındadır (Şekil 4.3). Polisajlı yüzeye sahip kahvede bekletilen örneklerde; konvansiyonel teknikle üretimde 3B yazıcı ile üretime göre istatistiksel olarak anlamlı derecede renklenme artışı görülmüştür (Şekil 4.4). Polisajsız yüzeye sahip kahvede bekletilen örneklerde ise 3B yazıcı ile üretimde konvansiyonel teknikle üretime göre istatistiksel olarak anlamlı renklenme görülmüştür (Şekil 4.4). Kahvede bekletilen örneklerin ortalama renk ölçüm değerleri sadece 3B yazıcı ile üretilen polisajsız yüzeye sahip grupta algılanabilirlik eşik değerinin (1.72’nin Log10 dönüşüm ile karşılığı 0.236) ve kabul edilebilirlik eşik değerinin (4.08’nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.611) üzerindedir (Şekil 4.4). Şarapta bekletilen örneklerde; polisajsız yüzeye sahip ve yüzey kaplamalı yüzeye sahip 3B yazıcı ile üretilen örneklerde istatistiksel olarak anlamlı renklenme görülmüştür (Şekil 4.5). Şarapta bekletilen örneklerin ortalama renk ölçüm değerleri sadece 3B yazıcı ile üretilen polisajsız yüzeye sahip grupta algılanabilirlik eşik değerinin (1.72’nin Log10 dönüşüm ile karşılığı 0.236) ve kabul edilebilirlik eşik değerinin (4.08’nin Log10 dönüşüm ile karşılığı olan 0.611) üzerindedir (Şekil 4.5).

Tablo 4.7. Farklı sıvılarda renk değişimlerine ilişkin 2 yönlü ANOVA sonuçları.

Sıvı		Kareler Toplamı	sd	Ortalama Kareler	F	p	Kısmi Eta-Kare
Distile Su ^a	Üretim	0,005	1	0,005	0,207	0,651	0,003
	Yüzey	1,265	2	0,632	25,559	<0,001	0,436
	Üretim * Yüzey	0,945	2	0,472	19,099	<0,001	0,367
Kahve ^b	Üretim	0,868	1	0,868	40,970	<0,001	0,383
	Yüzey	5,395	2	2,697	127,295	<0,001	0,794
	Üretim * Yüzey	5,509	2	2,755	129,993	<0,001	0,798
Şarap ^c	Üretim	2,980	1	2,980	116,292	<0,001	0,638
	Yüzey	3,251	2	1,626	63,447	<0,001	0,658
	Üretim * Yüzey	4,537	2	2,268	88,528	<0,001	0,728

a. R-Kare = ,576 (Düzeltilmiş R-Kare = ,543)

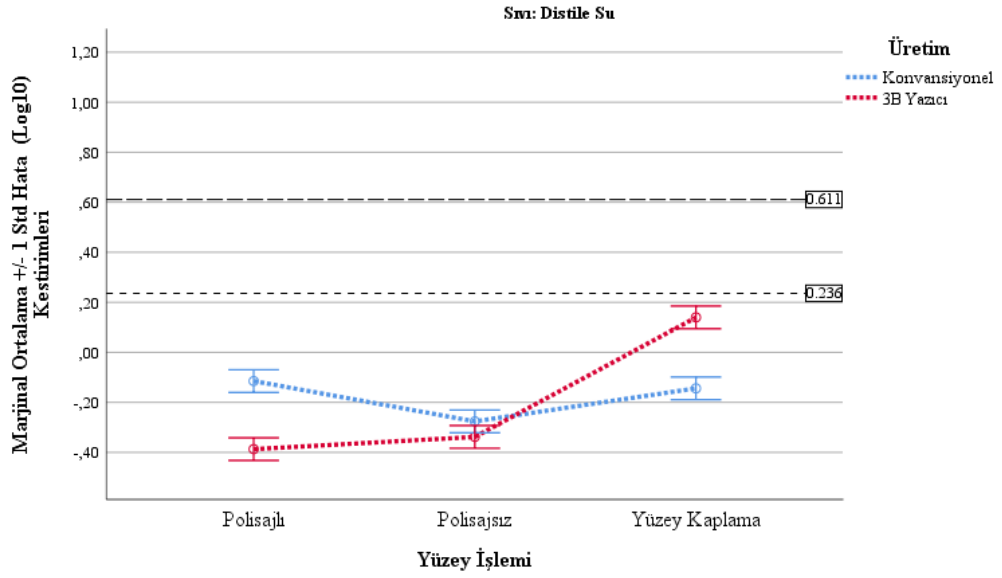
b. R-Kare = ,894 (Düzeltilmiş R-Kare = ,886)

c. R-Kare = ,864 (Düzeltilmiş R-Kare = ,854)

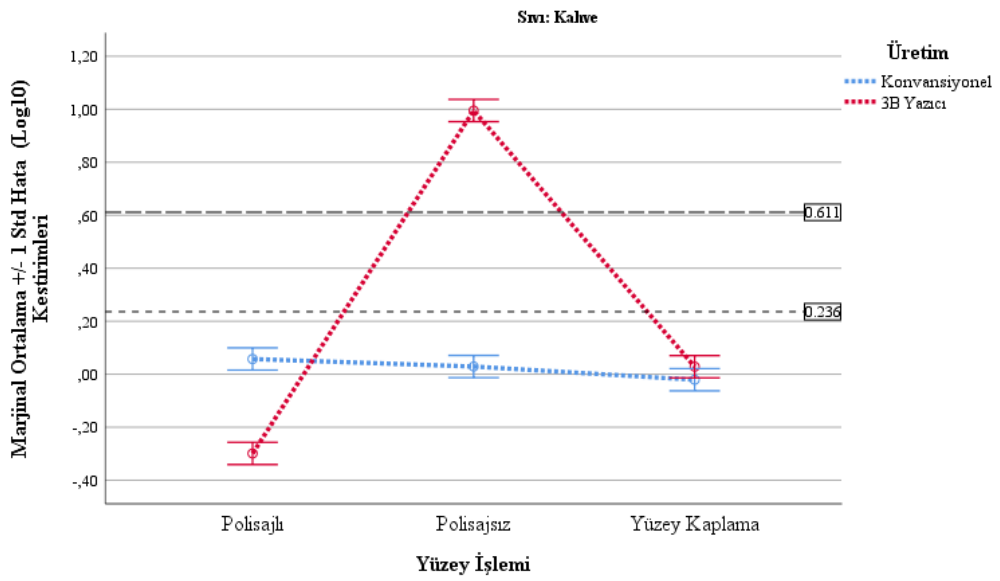
Tablo 4.8. ANOVA Sonucuna ilişkin ikili karşılaştırmalar (Post-Hoc Testleri).

		Konvansiyonel 3B Yazıcı Farkı	%95 Güven Aralığı			
			Std Hata	p*	Alt Limit	Üst Limit
Distile Su	Polisajlı	0,272	0,064	<0,001	0,144	0,400
	Polisajsız	0,062	0,064	0,337	-0,066	0,190
	Yüzey Kaplama	-0,284	0,064	<0,001	-0,412	-0,155
Kahve	Polisajlı	0,356	0,059	<0,001	0,238	0,475
	Polisajsız	-0,966	0,059	<0,001	-1,085	-0,847
	Yüzey Kaplama	-0,049	0,059	0,411	-0,168	0,069
Şarap	Polisajlı	0,121	0,065	0,069	-0,010	0,251
	Polisajsız	-1,082	0,065	<0,001	-1,213	-0,952
	Yüzey Kaplama	-0,259	0,065	<0,001	-0,390	-0,129

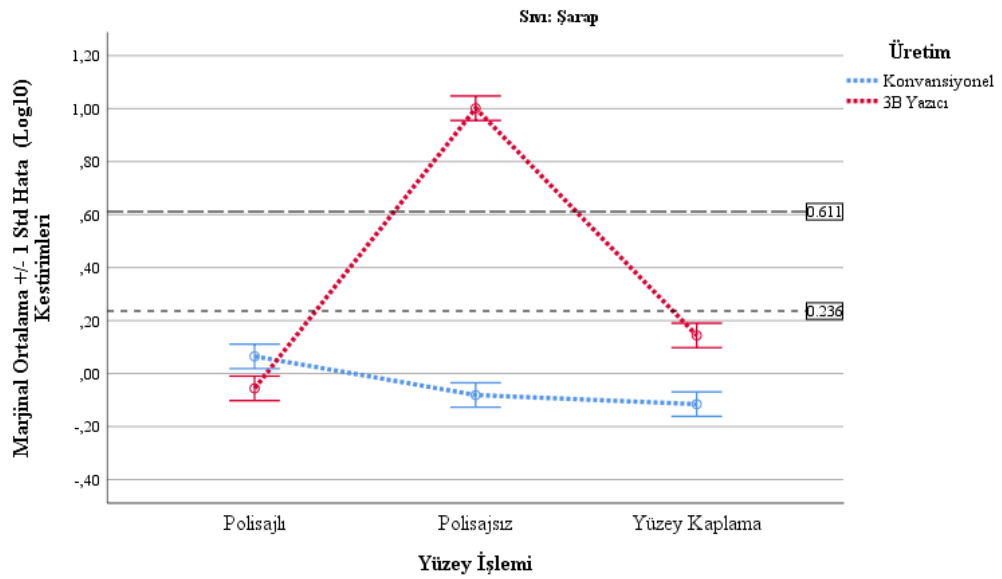
*Çoklu karşılaştırmalar için düzeltme yöntemi olarak Bonferroni kullanılmıştır.



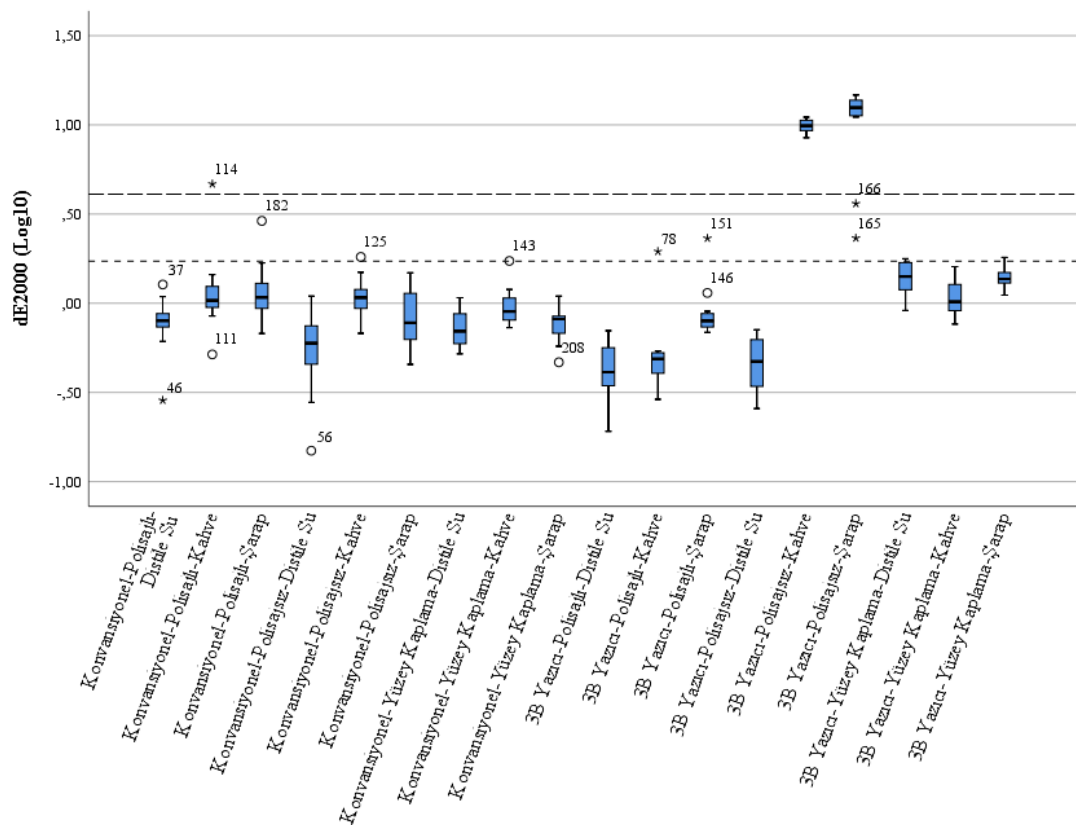
Şekil 4.3. Distile suda üretim tekniği ve yüzey işleme Ortalama \pm Standart Hata kestirimleri (Log10 dönüşümlü veri).



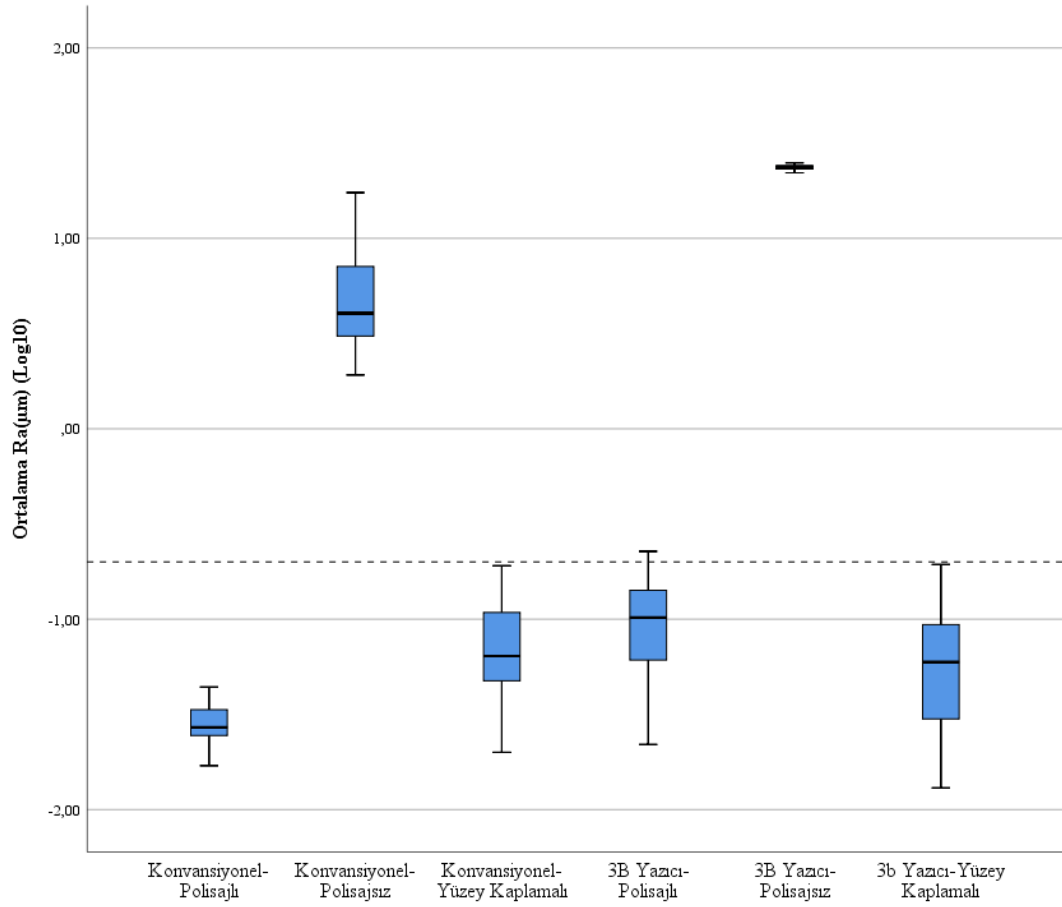
Şekil 4.4. Kahvede üretim tekniği ve yüzey işleme Ortalama \pm Standart Hata kestirimleri (Log10 dönüşümlü veri).



Şekil 4.5. Şarapta üretim tekniği ve yüzey işleme Ortalama ± Standart Hata kestirimleri (Log10 dönüşümlü veri).



Şekil 4.6. Tüm üretim tekniği, yüzey işleme ve renklendirici gıda gruplarında renk değişim (CIEDE2000) ölçümlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10)



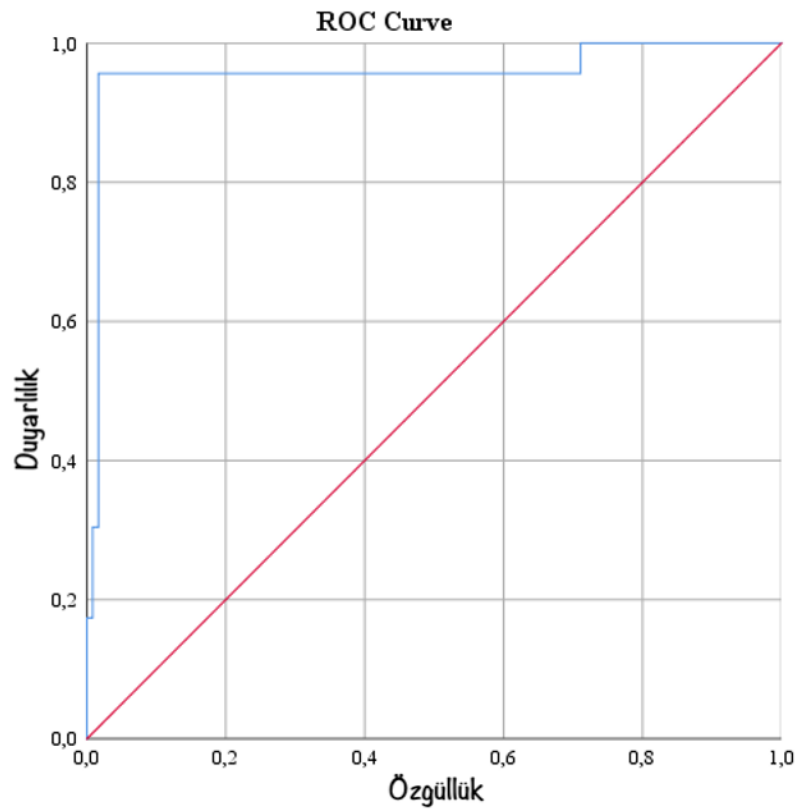
Şekil 4.7. Tüm üretim tekniği ve yüzeY işlemleri gruplarında pürüzlülük (R_a) ölçümlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10).

Tüm üretim teknikleri ve yüzeY işlemleri yüzeY pürüzlülüğü açısından birlikte incelendiğinde, Konvansiyonel-Polisajsız ve 3B Yazıcı-Polisajsız örnek gruplarının yüzeY pürüzlülük değerleri eşik değerin (yüzeY pürüzlülüğü eşik değeri $0.2 \mu m$ R_a değerinin Log10 dönüşümü ile elde edilen eşik değeri $-0.699 \mu m$) üzerinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.7). Renk değişiminin beklendiği kahve ve şarap örneklerinde, yüzeY pürüzlülüğü ile kabul edilebilir sınıra (CIEDE2000>4,08) göre yapılan renk değişimi sınıflaması için ROC çözümlemesi yapıldığında eğri altındaki alan 0,957 olarak hesaplanmış ve istatistiksel olarak şans çizgisi altında kalan alandan (0,5) anlamlı farklı bulunmuştur ($p<0,001$). Youden indeksine göre en yüksek sınıflama başarısının elde edildiği değerin ise $R_a=19,729$ olduğu gözükmeKtedir (Tablo 4.10). Bu kesme noktasına göre renk değişim sınıflaması yapıldığında ve kabul edilebilir sınıra göre yapılan sınıflama ile birlikte incelendiğinde R_a ölçümlerine göre 24 örnekte kabul edilebilir sınırın üzerinde renk değişimi beklendiği bunların 2'sinin gerçekte

renk değişimi göstermediği görülmektedir (Tablo 4.11). Ayrıca gerçekte renk değişimi olan bir örnek ise renk değişimi beklenmeyen grupta sınıflanmıştır. Toplamda 144 örnekten 141'ine (yaklaşık %98'i) ilişkin sınıflama doğru olarak tahminlenebilmiştir.

Tablo 4.9. Tüm retim tekniği ve yüzey işlemi gruplarında pürüzlülük (Ra) lçmlerine ilişkin kutu-çizgi grafikleri (Log10).

Ortalama R _a değeri ile Algılanabilir Renk Değişimi Sınıflaması için ROC Analizi Sonuçları				
			%95 Güven Aralığı	
Eğri Altında Kalan Alan	Std Hata	p	Alt Limit	st Limit
0,957	0,031	<0,001	0,896	1,000



şekil 4.8. ROC eğrisi grafiği (Olası Her Kesim Noktası için Yanlış Pozitif Oranına karşı Doğru Pozitif Oranı)

Tablo 4.10. Ortalama R_a ile CIEDE2000'e göre renk değişim sınıflaması için Youden İndeksine göre en iyi kesim noktası.

Ortalama R_a ile CIEDE2000'e göre Renk Değişim Sınıflaması için Youden İndeksine göre En İyi Kesim Noktası			
Üstündeki R_a Değerleri için Algılanabilir Renk Değişimi Vardır	Duyarlılık	Seçicilik	Youden
13,825	0,957	0,967	0,923
15,621	0,957	0,975	0,932
19,729	0,957	0,983	0,940
22,243	0,913	0,983	0,897
22,589	0,870	0,983	0,853

Tablo 4.11. R_a ve CIEDE2000'e göre renk değişim sınıflamaları.

R_a ve CIEDE2000'e göre Renk Değişim Sınıflamaları				
		R_a Sınıflaması (Cut-off=19,73)		Toplam
		Var	Yok	
CIEDE2000 Sınıflaması (Cut-off=4,08)	Var	22	1	23
	Yok	2	119	121
	Toplam	24	120	144

Tablo 4.12. Örnek gruplarının ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri	
Grup	R_a (μm)
Konvansiyonel- Polisajlı	0,029±0,006
Konvansiyonel- Polisajsız	5,771±3,872
Konvansiyonel- Yüzey Kaplamalı	0,082±0,052
3B Baskı- Polisajlı	0,106±0,053
3B Baskı- Polisajsız	23,714±0,74
3B Baskı- Yüzey Kaplamalı	0,069±0,044

5. TARTIŞMA

Farklı üretim tekniklerinin, yüzey işlemlerinin ve bu iki etkenin etkileşimlerinin protez kaide materyallerinin renk stabilitesi üzerinde önemli olup olmadığını kontrol etmek üzere yokluk (sıfır) hipotezleri kurulmuştur ve %95 güven düzeyinde yapılan ANOVA analizi sonucunda bu hipotezler reddedilmiştir. Yani; üretim teknikleri, yüzey işlemleri ve bu iki etkenin etkileşimleri renk değişim miktarı üzerinde etkili bulunmuştur ($p<0.05$).

Polimetilmetakrilat (PMMA) rezin; kolay işlenebilir, onarılabılır ve cilalanabilir olduğundan tam protezlerin %95'i için tercih edilen malzeme olmuştur. Ayrıca düşük maliyetli olması, iyi fiziko-kimyasal özellikler ve kabul edilebilir estetik sunması avantajlarındandır (115). 80 yılı aşkın bir süredir PMMA rezininden dökme ve kalıplama teknikleri (sıkıştırma ve enjeksiyon kalıplama) dahil olmak üzere farklı işleme yöntemleri kullanılarak tam protezler üretilmiştir (116). BDT-BDÜ teknolojisinin gelişmesiyle, tam protezler, pre-polimerize akrilik rezin bloklarından kazıma veya 3B Baskı teknolojisi ile muflalama veya diğer işleme yöntemlerine ihtiyaç duymadan üretilebilmektedir. 3B Baskı teknolojisi kullanılarak üretilen tam protezler de geleneksel tam protezlerle karşılaştırılabilir hasta memnuniyeti sağlamıştır (117).

Maeda ve arkadaşları, tam protezleri üretmek için bilgisayar destekli teknolojiyi kullanma konsepti üzerine ilk bilimsel raporu yayınladılar (2). 1994'teki raporda, hızlı prototipleme (3B Baskı) teknolojisi ile foto-polimerize reçineden tam protezlerin üretimi tanımlandı. 1997'de Kawahata ve arkadaşlarının, mevcut protezleri dijital olarak kopyalama ve bir CNC (Computer Numerical Control) freze makinesi kullanarak frezeleme kavramını araştıran bir raporu yayınlandı (118). Her iki CAD/CAM tam protez sistemi için klinik ve laboratuvar protokoller ilgili literatürde daha önce açıklanan birçok işlemi içerir. Her iki sistem de iki klinik randevuda tam protez teslimine imkan verir. İlk randevuda kayıtlar (ölçüler, oklüzal dikey boyut, maksillo-mandibular ilişkiler ve diş seçimi) alınır ve ikinci randevuda protez teslimi ve uyumlamalar yapılır. CAD/CAM sistemlerin sınırlamaları ve dezavantajları,

oklüzal dikey boyut, maksillo-mandibular ilişkiler, dudak desteği ve maksiller kesici kenar pozisyonunun optimal olarak ayarlanmasının zor olmasıdır (3).

Çalışmamızdaki örnek boyutları daha önce yapılan renk stabilitesi çalışmalarında tercih edilen boyutlarda (20 mm çap ve 3 mm kalınlık) üretilmiştir (119, 120).

Dental materyallerin renk değişiklikleri 2 eşik değer üzerinden değerlendirilir. Farklı dental materyallerin renklerinin ve optik özelliklerinin farklılıklardan dolayı renk değişimlerinin farklı eşik değerlerle değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (121, 122). Akrilik rezinlerin renk stabilitesi için evrensel olarak kabul edilmiş kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik eşik değerleri yoktur. Bununla birlikte, Ren ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada, katılımcılar restoratif materyallerdeki renk değişimine kıyasla pembe akrilik reçinede renk değişimine daha fazla tolerans göstermiştir. Ayrıca renk değişikliğinin algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşik değerleri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ve CIEDE2000 renk değişikliği formülünün, protez kadesi akrilik reçinesinin algılanabilir renk farkı eşiğini değerlendirmek için CIELab'a göre daha iyi bir uyum sağladığını bildirmişlerdir (114). Bu nedenle çalışmamızda CIEDE2000 renk farkı formülü kullanılmıştır. Ayrıca, algılanabilirlik eşiği $\Delta E^{00}=1,72$ birim olarak ve klinik kabul edilebilirlik eşiği $\Delta E^{00}=4,08$ birim olarak kullanılmıştır (114).

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

Renk ölçümü sırasında görsel renk ölçümü ile karşılaştırmanın öznel yorumunu ortadan kaldırmak için spektrofotometre kullanılmıştır. Çalışmamızda çok sayıda araştırmada da kullanılan spektrofotometre cihazı kullanıldı (123, 124). Literatürde renk değerlerinin olası sapmalarını azaltmak için, aynı operatör tarafından her örneğin renk ölçümünün en az 3 kez tekrarlanarak, ortalamalarının alınması önerilmiştir (125). Bu nedenle çalışmamızda da ölçümler, her alt grupta kalibrasyon yapılarak 4 kez

tekrarlandı ve ortalama L^* , a^* ve b^* değerleri hesaplandı. ΔE^{00} değeri, renklendirme işlemi sonrası kaide materyalinin renk değişikliğini göstermektedir

Tüm alt gruplardaki örnekler CIEDE2000 renk formülasyonu ile renklenme açısından değerlendirildi. Algılanabilir eşik değer (1.72) ve kabul edilebilir eşik değer (4.08) üzerinde ΔE^{00} değerleri sadece 3B Baskı Polisajsız yüzeye sahip örneklerin kahvede ve şarapta bekletilen alt gruplarında görülmüştür. Çalışmamızda; protez kaide materyal örneklerinin ΔE değerleri, 3B Basılmış Polisajsız yüzeye sahip kahve ve şarap ($9,92 \pm 0,81$ ve $11,26 \pm 4,05$) gıda solüsyonlarında bekletilenler dışında tüm alt gruplarda klinik olarak algılanabilir ve kabul edilebilir eşik değer (1,72 ve 4,08) altındaydı.

Üretim tekniğinden ve yüzey işlemlerinden kaynaklı materyal yüzey özelliklerinin tespiti için yüzey pürüzlülük verilerinin elde edilmesi gereklidir. Çalışmamızda üretim tekniklerinin ve yüzey işlemlerinin etkinliğinin belirlenmesi amacıyla pürüzlülük ölçümleri benzer birçok çalışmada olduğu gibi kontakt profilometre cihazı aracılığıyla gerçekleştirildi (115, 126). Çalışmamızda, ölçüm uzunluğunda pürüzlülük profilinin ortalama değerine göre elde edilen profil sapsmalarının mutlak değerlerinin aritmetik ortalaması olarak tanımlanan “Roughness Avarage” (Ra) pürüzlülük değerleri kullanıldı (127). Çalışmamızda Konvansiyonel Polisajsız yüzey ve 3B Baskı Polisajsız yüzey örnek gruplarında yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri Bollen ve arkadaşları tarafından belirtilen $0,2 \mu\text{m}$ eşik değerinin üzerinde olduğu görüldü (25). Yüzey pürüzlülük değerinin eşik değeri ($0,2 \mu\text{m}$) üzerinde olduğu Konvansiyonel Polisajsız yüzeye sahip örneklerde yüzey pürüzlülüğü ile ilişkili renklenme artışı görülmedi. Elde edilen ΔE^{00} değerleri algılanabilir ve kabul edilebilir eşik değer altında kaldı.

Çalışmamızda daha önceki yapılan çalışmalarda önerilen renklendirici gıdalardan olan kahve ve şarap kullanıldı. Distile su ise her alt grup içindeki kontrolü sağlamak için kullanıldı. Protez kaide materyallerinin renk stabilitesini değerlendiren diğer çalışmalarda kahve, çay ve kola ile karşılaştırıldığında en belirgin renk bozulmasına kırmızı şarabın neden olduğunu bildirmiştir (22, 120). Gruber ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tüm protez kaide reçinelerinde kırmızı şarabın, kola

ve kahveden daha yüksek derecede renk değişimine sebep olduğunu göstermişlerdir (123). Çalışmamızda; konvansiyonel teknikle üretilen kaide materyallerinde kahve, 3B Baskı ile üretilen kaide materyallerinde şarap daha fazla renk değişikliğine sebep olmuştur.

Akrilik reçinelerin lekelenmesine sebep olan unsurlardan biri de su emme eğilimidir. Suyu emme eğilimindeki artış, diğer renklendirici sıvıların da emilmesine neden olabilir. Emilen su molekülleri, bir plastikleştirici olarak hareket ederek reçineyi yumuşatır ve polimer matrisinin genişlemesine ve polimer zincirlerin ayrılmasına neden olarak, boyama çözeltilerinin nüfuz etmesine ve reçinenin renginin bozulmasına neden olur. Reçinede gözeneklilik varsa, su emilimi genleşme olmadan da gerçekleşebilir (128).

Yüzey pürüzlülüğü ve renk değişimi miktarı, protez kaide materyal üretim tekniğinden ve yüzey işlemlerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Yüzey kaplama materyali ile kaplanmış örnek grupları, polisajlı gruplara göre yüzey pürüzlülüğü açısından benzer değerler gösterdi. Önceki çalışmalar, çalışmamızdaki sonuçlardan farklı olarak, yüzey kaplama materyali uygulamanın, konvansiyonel polisaj yöntemlerinden önemli ölçüde daha düşük Ra değerleri ile sonuçlandığını bulmuştur (76, 93).

Çalışmamızda yüzey kaplama materyali olarak ışıkla sertleşen Optiglaze Color Clear (GC, ABD) sık kullanılan bir ajan olduğu için tercih edilmiştir (115, 129, 130). Işıkla sertleşen akrilik rezin yüzey kaplama materyalleri on yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır (115). Yüzey kaplama materyali veya glazürlemenin, çalışmamızda da olduğu yüzey pürüzlülüğünü azaltmada başarılı etkileri olduğunu daha önceki çalışmalar da göstermiştir (130, 131). Bu durum yüzey kaplama materyalinin viskozitesi, akış hızı ve penetrasyonu ile materyal yüzeyindeki düzensizlikleri doldurarak yüzey pürüzlülüğünü ve optik özelliklerini iyileştirebilen içeriği sayesinde sağlanabilir (132). Yüzey kaplama materyalinin uygulanması, yüzey düzensizliklerini ve kusurlarını azaltarak örneklerde renk stabilitesini artırabilir (93). Protez yüzey pürüzlülüğünün akrilik rezin yüzey kaplama yoluyla en aza indirilmesi, daha yüksek bir aşınma direnci ve biyofilm oluşumunun azalması ile sonuçlandığı gösterilmiştir

(115). Aşınma miktarının azalması için ise yüzey sertliği artırılmalıdır. Yüzey kaplama uygulanmış rezin materyallerinin yüzey sertliği artışı literatürde rapor edilmiştir (133). Bununla birlikte, düşük aşınma direnci, materyale zayıf bağlanma ve yüksek viskoziteden kaynaklı yüzeye düzensiz yayılmaya bağlı zayıf yüzey özellikleri gibi sorunlara yol açabileceğini söyleyen çalışmalar da mevcuttur (26, 76). Bu yüzden yüzey kaplama materyallerinin uzun vadeli performansı hala belirsizdir. Optiglaze, silika dioksit (SiO₂) ve titanyum dioksit (TiO₂) nanopartiküller içerir. Bu nanopartiküller genellikle, mekanik özellikleri geliştirmek ve fazlar arası kimyasal ara yüzey etkileşimini desteklemek için malzemenin güçlendirilmesi amacıyla inorganik partiküller olarak dental polimer bazlı malzemelere dahil edilir (134). SiO₂ ve TiO₂, foto-polimerizasyon için başlatıcı olarak kullanılır ve kendi kendine temizlenen materyaller için süper hidrofilik yüzeyler oluşturur. TiO₂ eklenmesi özellikle, elastik modül ve sertlik dahil olmak üzere reçinelerin performansını önemli ölçüde iyileştirdiği gösterilmiştir (135). Yao ve arkadaşları, ışıkla polimerize olan yüzey kaplama materyalini (Optiglaze; GC, ABD) uyguladıkları örnekleri, 6 aylık intraoral fizyolojik yaşlanmayı simüle eden termal döngüye sokmuşlardır, termal döngü sonrasında kazınmış ve 3B basılmış geçici restorasyonlarda çalışmamızla uyumlu olarak renk değişimini önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir. Ayrıca ışıkla polimerize yüzey kaplama materyalinin, polisaj işleminden renk stabilitesi için daha etkili koruma sağladığını göstermişlerdir (62). Başka bir çalışmada çalışmamızdan farklı olarak, polisajlı grubun, yüzey kaplama grubundan kahve ve şarap renklendirici gıda solüsyonlarında ΔE değerlerinin önemli ölçüde daha yüksek olduğu göstermiştir. Bunun sebebi polisajlı örneklere yapılan polisaj işlemlerini çalışmamızdan farklı yapmış olmaları, algılabirlik ve kabul edilebilirlik eşik değerlerini farklı tercih etmeleri, renk değişim formülasyonu için CIELab renk parametresini kullanmaları ve renklendirici gıda solüsyonlarında çalışmamızdaki süreden (7gün) daha uzun süre (30 gün) bekletmeleri olabilir (136).

Çalışmamızda, 3B yazıcılar ile kaide materyali üretimi için yeni bir baskı teknolojisi olan LCD panel kullanıldı. Işıkla polimerize edilebilen reçine (Curo Denture Light Pink, Ackuretta Technologies Pvt. Ltd.; Tayvan) 385nm ile 405nm arasındaki ışık dalga boylarına duyarlı LCD ve DLP 3B yazıcı ile uyumlu Sınıf IIa

malzemedir. DLP ve LCD 3B Yazıcılar, reçinenin ışıkla polimerize edildiği bir fotopolimerizasyon reaksiyonuna dayanır ve katman katman üretim yaparlar. DLP 3B Yazıcılar, görüntünün bir ark lambası veya dijital mikro ayna cihazı (DMD) olarak bilinen bir yarı iletken çip üzerindeki bir matrise yerleştirilmiş mikroskobik olarak küçük aynalar tarafından oluşturulduğu bir ışık kaynağı kullanır. Her ayna, yansıtılan görüntüdeki bir veya daha fazla pikseli temsil eder. Ayna sayısı, yansıtılan görüntünün çözünürlüğüne karşılık gelir (18). Yani, DLP 3B yazıcılar görüntüyü yansıtmak için bir ışık projektörü kullanırken, LCD 3B yazıcılar bir maske oluşturmak ve ışık yayan diyot (LED) arka panelden gelen 405 nm ışığı engellemek için sıvı kristal ekran kullanır (71). DLP ve LCD 3B Baskı arasındaki en büyük fark ışık yoğunluğudur. DLP 3B yazıcılar renkli LCD 3B yazıcılardan çok daha yüksek ışık yoğunluğuna sahiptir. LCD 3B Yazıcıların ışık yoğunluğu zayıf olmasının sebebi ışığın yalnızca %10'u LCD ekrandan geçebilir ve ışığın %90'ı LCD tarafından emilir. LCD paneller çok ucuzdur ve iyi çözünürlüğe sahiptir. Bununla birlikte, LCD panelin kullanım ömrü kısadır ve düzenli olarak değiştirilmesi gerekir. DLP 3B yazıcılar için birçok dental baskı reçinesi geliştirilmiştir (18). Işık yoğunluğunun, baskı hızını ve sertleşme derecesini belirleyen fotopolimerizasyon için önemli bir faktör olduğu iyi bilinmektedir. Bu nedenle, yalnızca başlatıcı miktarı artırılırsa veya maruz kalma süresi uzatılırsa, DLP 3B baskı için ışığa duyarlı reçine, LCD 3B baskıda kullanılabilir (71).

Dental polimerlerin renk değişim miktarı, polimerizasyon yöntemi, kimyasal özelliği, artık monomer içeriği, su emilimi, yüzey pürüzlülüğü ve çay, kahve, şarap gibi içecekler gibi birçok içsel ve dışsal faktöre bağlıdır (22). Akrilik reçinelerin lekelenmesine sebep olan unsurlardan biri olan su emme eğilimindeki artış, diğer renklendirici sıvıların da emilmesine neden olabilir. Emilen su molekülleri, bir plastikleştirici olarak hareket ederek reçineyi yumuşatır ve polimer matriksin genişlemesine neden olur. Ayrıca polimer zincirlerin ayrılmasına neden olarak, boyama çözeltilerinin nüfuz etmesine ve reçinenin renginin bozulmasına neden olur. Berli ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 3B basılmış reçinenin su absorpsiyonunun, prefabrik PMMA reçineden daha yüksek olduğunu göstermişlerdir, bu durum çalışmamızda 3B basılmış örneklerdeki renk artışının sebebini destekleyebilecek bir etkidir (137). Reçinede gözeneklilik varsa, su emiliminin genişleme olmadan da

gerçekleşebileceği söylenmiştir (128). 3B baskı reçinesi numunelerinin düşük renk stabilitesinin birkaç nedeni olduğu düşünülmektedir. 3B baskı, eklemeli üretim yöntemine dayandığından, yüzey mikro yapısında katmanlar bulunur (138). Özellikle LCD ve DLP gibi katman katman üretim yapan 3B baskı yöntemlerinde çalışmamızda da görülen katmanlar arası geçiş yüzeyde görülmektedir (139). LCD 3B baskı, yüzeyde renk kararlılığının azalmasına katkıda bulunabilecek daha karakteristik bir desen ortaya çıkardı. LCD ve DLP 3B yazıcılar benzer şekilde çalışmaktadır. Shin ve arkadaşları yaptıkları çalışmada örneklerin taramalı elektron mikroskopunda (SEM) yüzey özelliklerini, SLA ve DLP gibi 3B baskı yöntemlerinde farklılık gösterdiğini gözlemledi. DLP yöntemi, ışık kaynağı olarak mikro aynalar kullandığı için, yüzeyde renk stabilitesinin azalmasına sebep olabilecek LCD 3B yazıcıya benzer biraz daha karakteristik bir desen ortaya çıktığı görülmüştür (139).

3B baskı reçinelerinin diğer malzemelerle karşılaştırıldığında polimerizasyon oranının düşük olması, düşük renk stabilitesinin başka bir sebebi olduğu söylenmiştir (140). Tahayeri ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 3B yazıcı ile üretilmiş reçinelere üretim sonrası kürlenme işlemleri yapılsa da polimerizasyon oranlarının diğer reçinelere düşük olduğu bulunmuşlardır (65). Ayrıca başka bir çalışmada, foto-aktivatör tercihinin ve miktarının düşük renk stabilitesine neden olabileceği söylenmiştir (141). Eklemeli üretimde kullanılan 3B yazıcı malzemelerinin polimerizasyon hızı yavaş olduğu için foto-aktivatörler kullanılır ve düşük renk stabilitesinin bir sebebi olabilir.

Renk stabilitesini etkilemiş olabilecek başka bir faktör de 3B basılmış reçinelerin yüzey bozulması olabileceği söylenmiştir. Yüzey bozulması doldurucu miktarı ile ters orantılıdır. 3B baskı reçineleri genellikle az miktarda inorganik doldurucu içerir. Bu durum, üretim sırasında materyalin akışkanlığını artırmak ve aynı zamanda pürüzsüz bir yüzey sağlamak için reçine viskozitesinin mümkün olduğunca düşük tutulmasını şart koşan 3B baskı üretim için doğal bir gereksinimdir. Azaltılmış doldurucu içeriği reçinenin aşınma direncini azaltır ve yaşlandırma işlemi sırasında yüzeyin bozulmasına neden olur (142).

Artan renk değişikliği, gözenekli yüzey yapısı, yüzey pürüzlülüğünün fazla olması ve materyalle ilişkili olabilir ve klinik olarak kabul edilemez renk değişikliğini önlemek için 3B baskılı protezler için yüzey işlemi yapılması önerilebilir. Fotopolimerize reçinenin bileşimine ve 3B yazıcının polimerizasyon mekanizmasına bağlı olarak, 3B yazdırılan kaide materyallerinin yüzey özellikleri değişebilir. X, Y ve Z eksen çözünürlülüğüne bağlı oluşan katmanlar arasındaki hatlar yüzey özelliklerini etkilemektedir. Stereolitografi, DLP ve LCD sürecinde yapı açısı, üretim işlemi sırasında nesnenin dilimlendiği yönü ifade eder. 3B yazdırılan nesnenin olası bozulmasını en aza indirmek için yapım açısı dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. DLP tekniği ile üretim için optimal yapı açısının 135 derece olmasını tavsiye edilmiştir(143, 144). Çalışmamızda bu etkenin etkisi değerlendirilmediği ve protez doku yüzeyinde katmanlar arası geçişten dolayı oluşacak düzensiz yapı örneklerine aktarılmak istendiği için örnekler baskı tablasına 45 derece açılı ile yerleştirildi.

Shin ve arkadaşları; ısı ile polimerize PMMA, pre-polimerize bloktan kazıma ve iki farklı 3B baskı ile üretmiş oldukları yüzey işlemi yapılmayan kron ve köprülerin farklı gıda solüsyonlarında (üzüm suyu, kahve, köri, distile su) 2., 7. ve 30. gündeki renk stabilitelelerini değerlendirmiştir. SLA ve DLP 3B baskı ile üretilen örnek gruplarının her ikisinde de çalışmamızı destekleyen şekilde, tüm renklendiricilerde kısa bir depolama süresinden (2 gün) sonra bile eşik değerler üzerinde bir renk farklılığı görmüşlerdir. DLP 3B yazıcı ile üretilen reçine örnekleri, katman katman üretim yaptığı için çalışmamızdaki LCD 3B yazıcı ile benzer bir yüzey yapısı göstermiştir ve merdiven etkisi deseni çok net görülmüştür. Fakat, SLA tipi 3B yazıcı ile üretilen reçine örneklerinde pürüzsüz bir yüzey göstermesine rağmen ikinci gün sonunda en yüksek renk değişikliği görülmüştür (139). Gruber ve arkadaşları, konvansiyonel PMMA reçineleri ile CAD/CAM kazıma ve 3B baskı reçine malzemelerinin polisaj işlemi yaptıktan sonra renk stabilitesini karşılaştırdı. 30 gün distile su, kırmızı şarap ve kahvede bekletilen örneklerde, 3B baskılı reçine gruplar için geleneksel ve kazıma ile üretilen gruplara göre önemli ölçüde polisajlı yüzeylerde yapıldığı için çalışmamızla uyuşmayan daha yüksek renk değişiklikleri olduğunu gösterdi. Tüm protez kaide reçinelerinde kırmızı şarap, kola ve kahveden daha yüksek derecede renk değişimi göstermiştir (123). Shin ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada

polisajsız yüzey pürüzlülüğünün, frezeleme ile üretilen örneklerde 3B baskılı örneklerle göre daha yüksek olmasına rağmen renklenmedeki artışın 3B baskıda fazla olmasını üretim sırasında yüzeyin pürüzlülüğün fazla olmasıyla açıklanamayacağını görmüşlerdir (139). Çalışmamızda da konvansiyonel olarak üretilen polisajsız yüzeye sahip örneklerin yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek olmasına rağmen yüzey pürüzlülüğü ile orantısız artan bir renklenme görülmedi. Lee ve arkadaşları yüzey işleme uygulamadan ürettikleri örneklerle yaptıkları çalışmada; çalışmamız sonuçlarını destekleyen, DLP 3B yazıcı ile ürettikleri örnek grubundaki renk değişiminin 1 haftadan itibaren klinik olarak kabul edilebilir eşiği aştığını göstermişlerdir, ayrıca; konvansiyonel ve kazıma ile üretilen gruplara göre daha düşük renk stabilitesine sahip olduğunu göstermişlerdir (145).

Bu in-vitro çalışma laboratuvar ortamında gerçekleştirildi ve yalnızca bir adet 3B baskı reçine materyali kullanıldı. Farklılıkları belirlemek için önemli olan renklendirme ve temizleme koşullarının standardizasyonu sağlandı. Çalışmamızda tükürük, mikrobiyal biyofilm ve temizleme solüsyonları kullanılmadı. Bu yüzden, bu in-vitro çalışma, özellikle tükürüğün etkisi olmak üzere tam ağız ortamını sağlamadı. Gelecekteki çalışmalarda, örneklerin ağız içinde bu tür etkileri değerlendirebilir. Renklenmelerin temizlenmesi için sadece ultrasonik temizleyicide distile su kullanıldı. Bununla birlikte, çalışmamızın sonuçları, protez renklenmelerini en aza indirmek için iyi protez hijyeni uygulamalarının ve önerilerin izlenmesinin önemini vurgulamak için kullanılabilir.

Bu in-vitro çalışmanın limitasyonlarından biri 3B Baskı Polisajsız yüzeye sahip örnekler 150 μm 'ye alternatif olarak 100 μm ve 70 μm 'de de basılabilir ve z eksen çözünürlülüğünün renklere etkisi değerlendirilebilirdi.

Çalışmamız sonucunda 3B yazıcı ile üretilen protez kaide materyallerinde yüzey işleme yapılmadığı durumda ciddi renklenme artışı olacağı bulundu. Bu yüzden LCD 3B yazıcı ile üretilen kaide materyallerine yüzey işleme yapılması renk stabilitesini ciddi derecede iyileştirecektir. Renklenme artışına sebep olan faktörlerin daha net bir şekilde belirlenebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR

- Fotopolimerize yüzey kaplama materyali veya konvansiyonel polisaj işleminin 7 günlük renklendirme işleminde protezlerin renk değişikliklerini önemli ölçüde azalttığı görüldü.

- LCD 3B Baskı ile üretilen kaide materyal örneklerinde katmanlar arası oluşan merdiven etkisi çok net bir şekilde izlendi. Renk stabilitesinin azalmasına katkıda bulunabilecek daha karakteristik bir desen ortaya çıkardı ve yüzey pürüzlülüğü ciddi derecede fazla bulundu ($23,714 \pm 0,74 \mu\text{m Ra}$). 3B Basılmış kaide materyalleri için, yüzey işlemi gerekliliği görüldü.

- Çalışmamızda; konvansiyonel teknikle üretilen kaide materyallerinde kahve, 3B Baskı ile üretilen kaide materyallerinde şarap daha fazla renk değişikliğine sebep oldu.

- Renklenme, üretim tekniği ve yüzey işlemleri ile ilişkiliydi.

7. KAYNAKLAR

1. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*. 2009;28(1):44-56.
2. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, Okada M, Nokubi T. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures. *international Journal of Prosthodontics*. 1994;7(1).
3. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;109(6):361-6.
4. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;114(6):818-25.
5. Srinivasan M, Schimmel M, Naharro M, O'Neill C, McKenna G, Müller F. CAD/CAM milled removable complete dentures: time and cost estimation study. *Journal of dentistry*. 2019;80:75-9.
6. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB, Lowry J. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2012;107(1):34-46.
7. Kattadiyil M, Goodacre C, Baba N. CAD/CAM complete dentures: a review of two commercial fabrication systems. *Journal of the California Dental Association*. 2013;41(6):407.
8. Srinivasan M, Kalberer N, Naharro M, Marchand L, Lee H, Müller F. CAD-CAM milled dentures: The Geneva protocols for digital dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;123(1):27-37.
9. Schweigera J, Stumbaumb J, Edelhoffc D, Güthd J. Systematics and concepts for the digital production of complete dentures: risks and opportunities *Systematik und Konzepte zur digitalen Herstellung von Totalprothesen—Chancen und Risiken*. *International journal of computerized dentistry*. 2018;21(1):41-56.
10. Millet C, Virard F, Dougnac-Galant T, Ducret M. CAD-CAM immediate to definitive complete denture transition: A digital dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020.
11. Fang J-H, An X, Jeong S-M, Choi B-H. Development of complete dentures based on digital intraoral impressions—case report. *journal of prosthodontic research*. 2018;62(1):116-20.
12. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *Journal of prosthodontic research*. 2016;60(2):72-84.
13. Chen H, Yang X, Chen L, Wang Y, Sun Y. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays. *Scientific reports*. 2016;6:19207.
14. Osman RB, Alharbi N, Wismeijer D. Build angle: does it influence the accuracy of 3D-printed dental restorations using digital light-processing technology? *International Journal of Prosthodontics*. 2017;30(2).
15. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*. 2012;28(1):3-12.
16. Gao W, Zhang Y, Ramanujan D, Ramani K, Chen Y, Williams CB, et al. The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*. 2015;69:65-89.

17. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities. *Dental Materials*. 2016;32(1):54-64.
18. Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(2):146-58.
19. Ruyter IE, Øysæd H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1982;40(3):179-92.
20. Dos Santos G, Alto RM, Sampaio Filho H, Da Silva E, Fellows C. Light transmission on dental resin composites. *Dental materials*. 2008;24(5):571-6.
21. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Özkan Y, Bek B. Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study. *Journal of oral science*. 2001;43(3):193-205.
22. Bonatti MR, Cunha TR, Regis RR, Silva-Lovato CH, Paranhos HFO, De Souza RF. The effect of polymerization cycles on color stability of microwave-processed denture base resin. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2009;18(5):432-7.
23. Arana-Correa B, Sepúlveda-Navarro W, Florez F, Urban V, Jorge J, Campanha N. Colour stability of acrylic resin denture teeth after immersion in different beverages. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. 2014;22(2):56.
24. Kuhar M, Funduk N. Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(1):76-85.
25. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, Van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. *Clinical oral implants research*. 1996;7(3):201-11.
26. Borchers L, Tavassol F, Tschernitschek H. Surface quality achieved by polishing and by varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999;82(5):550-6.
27. Quirynen Mv, Van Der Mei H, Bollen C, Schotte A, Marechal M, Doornbusch G, et al. An in vivo study of the influence of the surface roughness of implants on the microbiology of supra-and subgingival plaque. *Journal of dental research*. 1993;72(9):1304-9.
28. Emmanouil J, Kavouras P, Kehagias T. The effect of photo-activated glazes on the microhardness of acrylic baseplate resins. *Journal of dentistry*. 2002;30(1):7-10.
29. Basting G. Surface condition of various provisional crown and bridge materials before and after polishing. *Scanning electron microscopy study*. *ZWR*. 1985;94(5):402-7.
30. Choi JJE, Uy CE, Ramani RS, Waddell JN. Evaluation of surface roughness, hardness and elastic modulus of nanoparticle containing light-polymerized denture glaze materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2020;103:103601.
31. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*, 2002. Quintessence. 2002.
32. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials: Elsevier Health Sciences*; 2012.
33. Van Noort R, Barbour M. *Introduction to Dental Materials-E-Book: Elsevier Health Sciences*; 2014.
34. Powers JM, Wataha JC. *Dental Materials-E-Book: Properties and Manipulation: Elsevier Health Sciences*; 2014.
35. Braden M, Clarke RL, Nicholson J, Parker S. *Polymeric dental materials: Springer Science & Business Media*; 2012.
36. Craig RG, Gibbons P. Properties of resilient denture liners. *The Journal of the American Dental Association*. 1961;63(3):382-90.
37. McCabe JF, Walls AW. *Applied dental materials: John Wiley & Sons*; 2013.

38. Gungor H, Gundogdu M, Duymus ZY. Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;112(5):1271-7.
39. Takamata T, Setcos JC, Phillips RW, Boone ME. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *The Journal of the American Dental Association*. 1989;119(2):271-6.
40. Rw P. Skinner's science of dental materials. Philadelphia: Saunders; 1991.
41. <https://www.iso.org/standard/20266.html>.
42. Ender A, Bienz S, Mörmann W, Mehl A, Attin T, Stawarczyk B. Marginal adaptation, fracture load and macroscopic failure mode of adhesively luted PMMA-based CAD/CAM inlays. *Dental Materials*. 2016;32(2):e22-e9.
43. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2020;32(2):171-81.
44. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(4):452-7.
45. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, Steinmassl P-A. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clinical oral investigations*. 2018;22(8):2829-35.
46. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive technology: update on current materials and applications in dentistry. *Journal of Prosthodontics*. 2017;26(2):156-63.
47. Ulusoy M, AK A. Diş hekimliğinde hareketli bölümlü protezler. *Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları, Ankara Bölüm*. 2003;16.
48. KJ A. Phillips' science of dental materials. St Louis: WB Saunders. 2003;596.
49. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's restorative dental materials-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2012.
50. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. AÜ Basımevi, Ankara. 1993;515.
51. Rawlings R, Wu J, Boccaccini A. Glass-ceramics: their production from wastes—a review. *Journal of materials science*. 2006;41(3):733-61.
52. Jedynekiewicz N, Martin N. CEREC: science, research, and clinical application. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2001;22(6 Suppl):7-13.
53. Duret F, Preston J. CAD/CAM imaging in dentistry. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(2):150-4.
54. Mörmann W, Brandestini M, Lutz F. The Cerec system: computer-assisted preparation of direct ceramic inlays in 1 setting. *Die Quintessenz*. 1987;38(3):457-70.
55. Palin W, Burke FT. Trends in indirect dentistry: 8. CAD/CAM technology. *Dental update*. 2005;32(10):566-72.
56. Liu P-R. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*. 2005;26(7):507-13.
57. Feuerstein P. Can technology help dentists deliver better patient care? *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135:11S-6S.
58. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann W, Reich S. Intraoral scanning systems—a current overview. *International journal of computerized dentistry*. 2015;18(2):101-29.
59. Quaas S, Rudolph H, Luthardt RG. Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *Journal of dentistry*. 2007;35(12):903-8.

60. Prudente MS, Davi LR, Nabbout KO, Prado CJ, Pereira LM, Zancopé K, et al. Influence of scanner, powder application, and adjustments on CAD-CAM crown misfit. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;119(3):377-83.
61. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(9):1289-96.
62. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin W-S. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020.
63. Berman B. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*. 2012;55(2):155-62.
64. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *International journal of dentistry*. 2014;2014.
65. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(2):192-200.
66. Vaezi M, Chianrabutra S, Mellor B, Yang S. Multiple material additive manufacturing—Part 1: a review: this review paper covers a decade of research on multiple material additive manufacturing technologies which can produce complex geometry parts with different materials. *Virtual and Physical Prototyping*. 2013;8(1):19-50.
67. Masood S, Rattanawong W, Iovenitti P. A generic algorithm for a best part orientation system for complex parts in rapid prototyping. *Journal of materials processing technology*. 2003;139(1-3):110-6.
68. Denry I, Kelly J. Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of dental research*. 2014;93(12):1235-42.
69. Liu Q, Leu MC, Schmitt SM. Rapid prototyping in dentistry: technology and application. *The international journal of advanced manufacturing technology*. 2006;29(3):317-35.
70. Rahman MM. Statistical analysis of the digital micromirror devices hinge sag phenomenon: Texas Tech University; 2002.
71. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioactive Materials*. 2020;5(1):110-5.
72. Wu L, Zhao L, Jian M, Mao Y, Yu M, Guo X. EHMP-DLP: multi-projector DLP with energy homogenization for large-size 3D printing. *Rapid Prototyping Journal*. 2018.
73. Da Costa J, Adams-Belusko A, Riley K, Ferracane JL. The effect of various dentifrices on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of dentistry*. 2010;38:e123-e8.
74. Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dental Clinics of North America*. 2007;51(2):379-97.
75. GEDIK R, Hürmüzlü F, Coşkun A, BEKTAŞ ÖÖ, Özdemir AK. Surface roughness of new microhybrid resin-based composites. *The Journal of the American Dental Association*. 2005;136(8):1106-12.
76. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2006;96(1):33-40.
77. Pavlinec J, Lazar M, Janigova I. Influence of crosslinking on surface hardness of poly (methyl methacrylate). *Journal of Macromolecular Science, Part A*. 1997;34(1):81-90.
78. Corsalini M, Boccaccio A, Lamberti L, Pappalettere C, Catapano S, Carossa S. Analysis of the performance of a standardized method for the polishing of methacrylic resins. *The open dentistry journal*. 2009;3:233.

79. Pero AC, Barbosa DB, Marra J, Ruvolo-Filho AC, Compagnoni MA. Influence of microwave polymerization method and thickness on porosity of acrylic resin. *Journal of Prosthodontics*. 2008;17(2):125-9.
80. Bollenl CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental materials*. 1997;13(4):258-69.
81. Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N. Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2007;18(1):155-63.
82. Joniot S, Salomon JP, Dejou J, Grégoire G. Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative dentistry*. 2006;31(1):39-46.
83. Whitehead S, Shearer A, Watts D, Wilson N. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *Journal of Oral Rehabilitation*. 1995;22(6):421-7.
84. Chu SJ, Paravina RD, Sailer I, Miesleszko AJ. *Color in dentistry: a clinical guide to predictable esthetics*: Quintessence Publishing Hanover Park (IL); 2017.
85. Pizzamiglio E. A color selection technique. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1991;66(5):592-6.
86. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*. 2005;30(1):21-30.
87. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of endodontics*. 1998;24(12):786-90.
88. Rosenstiel SF, Land MF. *Contemporary fixed prosthodontics-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2015.
89. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Luengo MCL, Vicente P, Galindo P, Casado AMM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;115(1):65-70.
90. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*. 2010;38:e2-e16.
91. Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(2):101-9.
92. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental materials*. 2016;32(1):82-92.
93. Şahin O, Dede DÖ, Köroğlu A, Yılmaz B. Influence of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of artificial teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;114(1):130-7.
94. Bayindir F, Kürklü D, Yanikoğlu ND. The effect of staining solutions on the color stability of provisional prosthodontic materials. *Journal of dentistry*. 2012;40:e41-e6.
95. LEE YK, LIM BS, KIM CW, Powers JM. Comparison of color of resin composites of white and translucent shades with two shade guides. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2001;13(3):179-86.
96. Van der Burgt T, Ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmid W. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1990;63(2):155-62.

97. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;80(6):642-8.
98. Sproull RC. Color matching in dentistry. Part II. Practical applications of the organization of color. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1973;29(5):556-66.
99. Seghi R, Johnston W, O'Brien W. Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *Journal of Dental Research*. 1989;68(12):1755-9.
100. Shillingburg H, Hobo S, Whitsett L, Jacobi R, Brackett S. *Fundamentals of Fixed Prosthodontics*. Oklahoma. Quintessence publishing Co; 2012.
101. Sorensen JA, Torres TJ. Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I: A systematic method for shade determination. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1987;58(2):133-9.
102. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. *Dental Clinics*. 2004;48(2):341-58.
103. Chu SJ, Devigus A, Mielezsko AJ. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*: Quintessence Publishing Company Illinois; 2004.
104. BAYINDIR F, WEE AG. Diş rengi seçiminde bilgisayar destekli sistemlerin kullanımı. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Derg(Clinical Dentistry and Research)*. 2006;30(3):40-6.
105. Garber DA, Goldstein RE, Feinman RA. *Porcelain laminate veneers*. 1988.
106. Turgut S, Bağış B. Diş hekimliğinde renk ve renk ölçüm yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;5:65-75.
107. Tung FF, Goldstein GR, Jang S, Hittelman E. The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2002;88(6):585-90.
108. Paravina RD, Powers JM. *Esthetic Color Training in Dentistry (Interactive CD-ROM Inside)*. 2004.
109. Lath D, Wildgoose D, Guan Y, Lilley T, Smith R, Brook A. A digital image analysis system for the assessment of tooth whiteness compared to visual shade matching. *The Journal of clinical dentistry*. 2007;18(1):17-20.
110. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 2006;22(6):553-9.
111. Magne P, Belser U. *Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: a biomimetic approach*: Quintessence publishing company; 2002.
112. Wee AG, Rang EY, Johnston WM, Seghi RR. Evaluating porcelain color match of different porcelain shade-matching systems. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2000;12(5):271-80.
113. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur*. 2001;26(5):340-50.
114. Ren J, Lin H, Huang Q, Zheng G. Determining color difference thresholds in denture base acrylic resin. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;114(5):702-8.
115. Sahin O, Koroglu A, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of denture base materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;116(4):610-6.
116. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;116(2):249-56.
117. Bidra AS. The 2-visit CAD-CAM implant-retained overdenture: a clinical report. *Journal of Oral Implantology*. 2014;40(6):722-8.

118. Kawahata N, Ono H, Nishi Y, Hamano T, Nagaoka E. Trial of duplication procedure for complete dentures by CAD/CAM. *Journal of oral rehabilitation*. 1997;24(7):540-8.
119. Porwal A, Khandelwal M, Punia V, Sharma V. Effect of denture cleansers on color stability, surface roughness, and hardness of different denture base resins. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*. 2017;17(1):61.
120. Sepúlveda-Navarro WF, Arana-Correa BE, Ferreira Borges CP, Habib Jorge J, Urban VM, Campanha NH. Color stability of resins and nylon as denture base material in beverages. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2011;20(8):632-8.
121. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015;27:S1-S9.
122. Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(2):103-12.
123. Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M. CAD/CAM Complete denture resins: an in vitro evaluation of color stability. *Journal of Prosthodontics*. 2021;30(5):430-9.
124. Shah VR, Shah DN, Chauhan CJ, Doshi PJ, Kumar A. Evaluation of flexural strength and color stability of different denture base materials including flexible material after using different denture cleansers. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*. 2015;15(4):367.
125. Kanat-Ertürk B. Color stability of CAD/CAM ceramics prepared with different surface finishing procedures. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(2):166-72.
126. Köroğlu A, Şahin O, Dede DÖ, Deniz ŞT, Sever NK, Özkan S. Efficacy of denture cleaners on the surface roughness and *Candida albicans* adherence of sealant agent coupled denture base materials. *Dental materials journal*. 2016;35(5):810-6.
127. Santos PM, Júlio EN. A state-of-the-art review on roughness quantification methods for concrete surfaces. *Construction and Building Materials*. 2013;38:912-23.
128. Hollis S, Eisenbeisz E, Versluis A. Color stability of denture resins after staining and exposure to cleansing agents. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2015;114(5):709-14.
129. AlBin-Ameer MA, Alsheed MY, Aldukhi IA, Matin A, Khan SQ, Abualsaud R, et al. Effect of protective coating on surface properties and *Candida albicans* adhesion to denture base materials. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(1):80-6.
130. Köroğlu A, Sahin O, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2016;115(4):447-55.
131. Freeman R, Varanasi S, Meyers IA, Symons AL. Effect of air abrasion and thermocycling on resin adaptation and shear bond strength to dentin for an etch-and-rinse and self-etch resin adhesive. *Dental materials journal*. 2012;1203190242-.
132. Lima AF, Soares GP, Vasconcellos PH, Ambrosano G, Marchi GM, Lovadino JR, et al. Effect of surface sealants on microleakage of Class II restorations after thermocycling and long-term water storage. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2011.
133. Steinmassl P-A, Klauzner F, Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I. Evaluation of currently available CAD/CAM denture systems. *Int J Prosthodont*. 2017;30(2):116-22.
134. Kaizer M, Almeida J, Gonçalves A, Zhang Y, Cava S, Moraes R. Silica coating of nonsilicate nanoparticles for resin-based composite materials. *Journal of dental research*. 2016;95(12):1394-400.
135. Yoshida K, Taira Y, Atsuta M. Properties of opaque resin composite containing coated and silanized titanium dioxide. *Journal of dental research*. 2001;80(3):864-8.

136. Almejrad L, Yang CC, Morton D, Lin WS. The Effects of Beverages and Surface Treatments on the Color Stability of 3D-Printed Interim Restorations. *Journal of Prosthodontics*. 2021.
137. Berli C, Thieringer FM, Sharma N, Müller JA, Dedem P, Fischer J, et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2020;124(6):780-6.
138. Garcia C, Rumpf R, Tsang H, Barton J. Effects of extreme surface roughness on 3D printed horn antenna. *Electronics letters*. 2013;49(12):734-6.
139. Shin J-W, Kim J-E, Choi Y-J, Shin S-H, Nam N-E, Shim J-S, et al. Evaluation of the color stability of 3D-printed crown and bridge materials against various sources of discoloration: an in vitro study. *Materials*. 2020;13(23):5359.
140. Shin D-H, Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *dental materials*. 2009;25(8):1030-8.
141. Hadis MA, Shortall AC, Palin WM. Competitive light absorbers in photoactive dental resin-based materials. *Dental Materials*. 2012;28(8):831-41.
142. Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann K-H. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dental Materials*. 2019;35(12):1805-12.
143. Ollison T, Berisso K. Three-Dimensional Printing Build Variables That Impact Cylindricity. *Journal of Industrial Technology*. 2010;26(1).
144. Pandey PM, Reddy NV, Dhande SG. Slicing procedures in layered manufacturing: a review. *Rapid prototyping journal*. 2003.
145. Lee Y-J, Oh S-C. Comparative evaluation of the subtractive and additive manufacturing on the color stability of fixed provisional prosthesis materials. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science*. 2021;37(2):73-80.