

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

**BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ DİŞLERİN
RENGİNE VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ**

Dt. Ecehan KAPLAN

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR

2024- ANTALYA

ONAY SAYFASI

Dt. Ecehan KAPLAN tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../.../...

İmza

Üye : Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL (Akdeniz Üniversitesi)

Üye : Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI (Akdeniz Üniversitesi).....

Üye : Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR (Akdeniz Üniversitesi)

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

Diş Hekimliği Fakültesi Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

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

Dt. Ecehan KAPLAN

TEŞEKKÜR

Eğitimim süresince mesleki değerlerimin gelişiminde ve bugün bulunduğum noktaya ulaşmamda büyük emekleri olan; bana yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini cömertçe paylaşan, her aşamada rehberlik eden kıymetli tez danışmanım Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR'a,

Vizyonu ve sağladığı olanaklarla bizlere ayrıcalıklı bir eğitim süreci yaşatan ve çalışmamın şekillenmesine değerli katkıları olan Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL'e,

Sabrı ve nazık rehberliği ile her adımda yanımda olan, ihtiyacım olduğunda, bilgi ve deneyimlerini paylaşmaktan asla kaçınmayan, Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI'ya,

Tezim ve klinik çalışmalarımın her kısmında bilgi ve tecrübelerinden sayısız kere yararlandığım, yardımlarını benden esirgemeyen kıdemlilerim Öğr. Gör. Nilay BAYRAKTAR'a, Uzm. Dt. Nurgül ÇETİN TUNCER'e, Uzm. Dt. Sergen ÖZDEMİR'e,

Başta biricik dostum Uzm. Dt. Didem ESEN olmak üzere fakültede geçirdiğim süreyi çok keyifli hale getiren çalışma arkadaşlarım Arş.Gör. Hüma SANIOĞLU, Arş. Gör. Mustafa ÖZYİĞİT ve Arş.Gör. Cem Görkem KALINMEŞE'ye,

Uzmanlık eğitimimim ilk gününden itibaren yanımda olan, tüm zorlukları ve güzel zamanları benimle paylaşan Uzm. Dt. Metin Can ATİLLA'ya

En çok da hayattaki duruşlarına ve iş ahlaklarına hayran olduğum, kızları olmaktan gurur duyduğum, bana verdikleri sevgi ve sundukları olanaklar sayesinde her zaman başarıma gücü bulduğum annem Mükerrerem KAPLAN, babam Yılmaz KAPLAN'a ve canımdan çok sevdiğim kardeşim Işıl'ıma teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Cumhuriyetimizin kurucusu ve Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e ithaf edilmiştir.

ÖZET

BEYAZLATICI DİŞ MACUNLARININ DİŞLERİN RENGİNE VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Amaç: Bu in vitro çalışmanın amacı farklı beyazlatma mekanizmalarına sahip diş macunlarının insan dişlerinin renk değişimine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmada periodontal nedenlerle çekilmiş 40 adet çürüksüz insan maksiller keser dişi kullanılmıştır. Dişler su soğutması altında hassas kesme cihazı kullanılarak mine-sement sınırından kron ve kök olmak üzere iki parçaya ayrılmış, kron kısımları vestibül yüzeyleri altta kalacak şekilde, 3 cm çapında silikon kalıp kullanılarak kendiliğinden sertleşen soğuk akriliğe gömülmüştür. Silisyum karbür kâğıtlar ile minimum doku kaybına sebep olacak şekilde cila işlemleri yapılan diş örnekleri renklendirme işlemine geçmeden önce 24 saat boyunca distile su içerisinde bekletilmiştir. Tüm örnekler, çözünebilir kahve içeren oda sıcaklığındaki solüsyonda 6 gün boyunca bekletilmiştir. Renklendirme sonrası örnekler distile su ile yıkanıp rastgele 5 gruba ayrılmıştır(n=8). Grup I: Distile su, kontrol grubu; Grup II: ROCS Sensation Whitening (RSW); Grup III: Signal White Now Gold (SWN); Grup IV: Colgate Optic White Charcoal (COW); Grup V: Opalescence Whitening(OW). Fırçalama periyoduna başlamadan önce ve sonra renk ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümü VITA Easyshade Advance 4.0(VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) spektrofotometre ile, yüzey pürüzlülüğü ölçümü ise mekanik profilometre cihazı (Surftest SJ-201, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) ile yapılmıştır. Veriler Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ve Tukey HSD Testine tabi tutulmuştur (p = 0,05).

Bulgular: Tüm gruplarda kabul edilebilir eşik değerin üstünde ($\Delta E_{00} = 1,8$) renk değişimi gözlenmiştir. En az renk değişimi sadece distile suyla fırçalama yapılan kontrol grubunda gözlenmiştir. Bromelain enzimi içeren RSW grubu en yüksek ΔE_{00} değerine sahiptir ve COW grubu onu takip etmiştir. İkisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. ($p > 0,05$) Tüm gruplardaki pürüzlülük

değişikliklerinin benzer olduğu görülmektedir. İstatistiksel olarak bu gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur. ($p>0,05$)

Sonuç: Farklı beyazlatıcı diş macunları kahve ile renklendirilmiş insan dişi minesinde zamanla yüzey pürüzlülüğünde distile suya kıyasla anlamlı bir değişiklik yapmamaktadır. Tüm diş macunları diş rengini iyileştirirken, bromelain içeren beyazlatıcı diş macunlarının hasta kullanımı için etkili bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beyazlatıcı diş macunu, Fırçalama, İnsan dişi, Renk, Yüzey pürüzlülüğü.



ABSTRACT

THE EFFECT OF WHITENING TOOTHPASTES ON TOOTH COLOR AND SURFACE ROUGHNESS

Objective: The aim of this in vitro study is to evaluate the effect of toothpastes with different whitening mechanisms on the color change and surface roughness of human teeth.

Materials and Methods: Forty caries-free human maxillary incisor teeth extracted for periodontal reasons were used. Using a precise cutting device under water cooling, each tooth was divided into two parts (crown and root) at the cemento-enamel junction. The crown portions were embedded in self-curing cold acrylic in 3 cm-diameter silicone molds, with the vestibular surfaces facing downwards. The samples underwent minimal tissue-loss polishing with silicon carbide papers and were stored in distilled water for 24 hours prior to the staining process. All samples were immersed in a room-temperature solution containing soluble coffee for six days. After staining, the samples were washed with distilled water and randomly divided into five groups (n=8). Group I: Distilled water, control group; Group II: ROCS Sensation Whitening (RSW); Group III: Signal White Now Gold (SWN); Group IV: Colgate Optic White Charcoal (COW); Group V: Opalescence Whitening (OW). Color and surface roughness measurements were taken before and after the brushing period. Color measurements were conducted using the VITA Easyshade Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) spectrophotometer, and surface roughness was assessed using a mechanical profilometer (SurfTest SJ-201, Mitutoyo, Tokyo, Japan). Data were analyzed using One-Way Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey HSD Test ($p = 0.05$).

Results: Color changes above the acceptable threshold ($\Delta E_{00} = 1.8$) were observed in all groups. The control group, brushed only with distilled water, showed the least color change. The RSW group, containing bromelain enzyme, exhibited the highest ΔE_{00} value, followed by the COW group, though no statistically significant difference was found between the two ($p > 0.05$). Surface roughness changes across all groups were similar, with no statistically significant difference ($p > 0.05$).

Conclusion: Different whitening toothpastes do not significantly alter the surface roughness of human tooth enamel stained with coffee compared to distilled water over time. While all toothpastes improved tooth color, whitening toothpaste containing bromelain enzyme was found to be an effective option for patient use.

Keywords: Brushing, Color, Human tooth, Surface roughness, Whitening toothpaste



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1.Renklenmenin Etiyolojisi ve Türleri.....	3
2.1.1. Dış Kaynaklı Renklenmeler.....	3
2.1.2. İç Kaynaklı Renklenmeler.....	4
2.2. Renklenmiş Dişlerin Beyazlatma Tedavileri.....	9
2.2.1.Beyazlatmanın Tarihsel Gelişimi.....	9
2.2.2.Beyazlatmanın Etki Mekanizması	10
2.2.3.Beyazlatma Yöntemleri.....	11
2.3. Diş Macunları.....	16
2.3.1. Diş Macununun Tanımı ve Tarihçesi.....	16
2.3.2. Diş Macunu İçerikleri.....	16
2.3.3. Beyazlatıcı Etkili Diş Macunları	18
2.4.Renk	20
2.4.1. Renk sistemleri.....	21
2.4.2. Dişlerin Renklerinin Ölçülmesi	25
2.4.3. Renk Skalaları	25
2.4.4. Spektrofotometre	25
2.4.5. Kolorimetre	26
2.4.6. Spektoradyometre	27
2.4.7. Dijital Kameralar ve Görüntüleme Cihazları.....	27
2.5.Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri.....	28
2.5.1 Profilometreler.....	28

2.5.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AKM)	31
2.5.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	32
3.GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	34
3.1.Çalışmada Kullanılan Materyaller.....	34
3.2.Örnek Sayısının Belirlenmesi	36
3.3. Dış Örneklerinin Hazırlanması	36
3.4.Örneklerin Renklendirilmesi.....	37
3.5.Örneklerin Fırçalama Prosedürü.....	37
3.6.Renk Ölçümü.....	39
3.7.Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	40
3.8.İstatistiksel Analiz.....	40
4.BULGULAR.....	41
4.1.Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	41
4.2.Pürüzlülük Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	42
5.TARTIŞMA.....	44
6.SONUÇ.....	56
KAYNAKLAR.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°	Derece
°C	Santigrat derece
mm	Milimetre
nm	Nanometre
µm	Mikrometre
gr	Gram
N	Newton
sn	Saniye
ml	Mililitre
L	CIELab sistemi renk koordinatı
a*	CIELab sistemi kırmızı yeşil renk koordinatı
b*	CIELab sistemi sarı mavi renk koordinatı
ΔE	Renk Değişim Değeri
ΔE00	CIEDE2000 Renk Değişim Değeri
Ra	Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değeri
Rz	En Yüksek ve En Düşük Nokta Arasındaki Mesafe

Kısaltmalar	Açıklamalar
AKM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
COW	Colgate Optic White Charcoal
CP	Karbamid Peroksit
D65	Doğal gün ışığı
DS	Distile Su
HP	Hidrojen Peroksit
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
NHT	Nanoindentasyon Tarayıcı Ucu

OW	Opalescence Whitening
RSW	ROCS Sensation Whitening
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SLS	Sodyum Lauril Sülfat
SPSS	İstatistiksel analiz yazılımı
SWN	Signal White Now Gold
VITA	Dental spektrofotometre üreticisi
Ark.	Arkadaşları



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.4.1. Munsell renk sistemi.....	22
Şekil 2.4.2. CIE Lab Renk sistemi.....	23
Şekil 3.2. Power analizi görüntüsü.....	36
Şekil 3.3.A. Akriliğe gömülen diş örnekler	37
Şekil 3.3.B. Distile suda bekletilen örnekler	37
Şekil 3.4. Kahve solüsyonunda renklendirme.....	37
Şekil 3.5.A. Çalışmada kullanılan elektrikli diş fırçası.....	38
Şekil 3.5.B. Fırçalama düzeneği.....	38
Şekil 3.5.C. Hassas terazi ile uygulanan kuvvetin kontrolü.....	38
Şekil 3.5.2. Fırçalamada kullanılan distile su ve beyazlatıcı diş macunları.....	38
Şekil 3.6. Spektrofotometre cihazı.....	39
Şekil 3.7. Profilometre cihazı.....	40
Şekil 4.1. Deney gruplarının renk değişimlerini gösteren sütun grafiği	42
Şekil 4.2. Deney gruplarının pürüzlülük değişimlerini gösteren sütun grafiği	43

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan diş macunları.....	35
Tablo 4.1. Çalışma gruplarının ΔE_{00} değerleri.....	41
Tablo 4.2. Çalışma gruplarının ΔRa değerleri.....	42



1.GİRİŞ

Dişler, yüz estetiğinin ayrılmaz bir parçasıdır ve insan etkileşiminde önemli bir rol oynar. Daha beyaz dişlerin kişinin gülüşünün güzelliğini artırdığı düşünülmektedir. Son yıllarda insanların daha beyaz ve parlak dişlere sahip olma arzuları ve estetik beklentilerin daha ön plana çıkması ile beyazlatma uygulamalarına talep artmıştır. Renklenmiş dişlere kimyasal ajanların uygulanması ile mine ve dentin dokusunda organik pigmentlerin okside edilerek diş renginin açılmasına “diş beyazlatma” ismi verilmektedir. ⁽¹⁾

Diş beyazlatma tedavisi hekim tarafından kontrol altında uygulanan bir tedavi iken zaman içerisinde diş hekiminin herhangi bir kontrolü olmadan, diğer kozmetik ürünler gibi doğrudan tüketicinin kullanımına sunulan ürünler de piyasaya çıkmıştır. Tezgâh üstü ürünler olarak adlandırılan ve 2000’li yılların başlarında Amerika’da ortaya çıkan bu ürünler, profesyonel tedavilere göre daha düşük maliyetlerle dişleri beyazlatmaktadırlar. ⁽²⁾ Bu ürünler arasında herkes tarafından en kolay ulaşılabilir ürün olan beyazlatıcı etkili diş macunlarının kullanımı artmıştır. Bu diş macunları, geleneksel diş macunlarıyla (çürük ve diş eti iltihabı önleyici) aynı terapötik faydaları sunarken, aşındırıcılar, adsorban parçacıklar, peroksitler, enzimler veya optik etki ajanları ile ek beyazlatıcı etki sağlar. ⁽³⁾ Diş macunu yapısında bulunan beyazlatıcı ajanların genelde aşındırıcı bir özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Aşındırıcı partiküllerin dişlerde kalıcı bir sert doku kaybına neden olabileceği gözden kaçmamalıdır. ⁽⁴⁾ Bu da dişin renginde açılmayla birlikte yüzey pürüzlülüğündeki artışı da beraberinde getirebilir.

Yüzey pürüzsüzlüğü estetik görünüşün sağlanabilmesinde en önemli faktörlerden biridir. Yüzey bütünlüğündeki düzensizlikler gingival enflamasyona ve çürük formasyonuna yola açabilen plak retansiyonu kolaylaştırır, bakteriyel adezyonu ve yüzeysel lekelenmelerini artırır, dişin parlaklığını azaltarak görüntüsünün bozulmasına ve estetik olmayan bir görüntüye yol açar. ^(5,6)

Bu in vitro çalışmanın amacı beyazlatıcı diş macunu kullanımının insan dişlerinin rengine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmaktır. Literatürde çekilmiş insan dişi üzerinde yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması nedeniyle çalışmamızda elde edilen verilerin klinisyenlere ve hastalara katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın sıfır hipotezleri şöyledir:

- 1) Farklı beyazlatıcı özelliklere sahip diş macunları diş yüzeyinde oluşan renklenmelerin giderilmesinde etkili değildir.
- 2) Farklı beyazlatıcı özelliklere sahip diş macunları dişin yüzey pürüzlülük değerlerinde değişime neden olmazlar.



2.GENEL BİLGİLER

2.1.Renklenmenin Etiyolojisi ve Türleri

Diş renklenmesi, dişin doğal renginde meydana gelen değişiklikler veya lekeler olarak tanımlanır. Renklenme, dişin yüzeyinde (ekstrinsik renklenme) veya iç yapısında (intrinsik renklenme) oluşabilir. Diş renklenmesinin etiyolojisinin anlaşılması doğru tanıyı koymak için oldukça önemlidir. Bazı durumlarda, renklenme mekanizması tedavinin sonucunu etkileyebilir ve tedavi seçeneklerini değiştirebilir.

2.1.1. Dış Kaynaklı Renklenmeler

Dış kaynaklı diş renklenmeleri (ekstrinsik renklenmeler), dişin dış yüzeyinde, yani mine tabakasında topikal veya dış kaynaklı ajanların neden olduğu renk değişiklikleridir.⁽⁷⁾ Geleneksel olarak, dış kaynaklı diş renklenmeleri kaynağına göre metalik veya metalik olmayan renklenmeler olarak da sınıflandırılabilirler.

Metalik Renklenmeler

Metalik dış kaynaklı renklenmeler, dişlerin dış yüzeyinde, yani mine tabakasında, metalik bileşiklerin birikmesi sonucu oluşan renk değişiklikleridir. Mesleki olarak metal tuzlarına veya metal tuzları içeren birtakım ilaçlara maruz kalan kişilerde⁽⁸⁾, demir takviyesi kullanan kişilerde ve demir döküm işçilerinde dişlerin karakteristik olarak siyah boyanması net bir şekilde gözlenmiştir.⁽⁹⁾

Bunun dışında permanganat içeren ağız gargaraları menekşe ve siyah renklenme oluşturabilirler. Diş hekimliğinde kullanılan gümüş nitrat tuzu dişlerde gri renklenmeye, ⁽¹⁰⁾ stanöz florür ise sarımsı kahverengi renklenmeye neden olur.⁽¹¹⁾ Amalgam dolguların uygulanması sonrasında sızan civa iyonlarının dentin kanallarına nüfuzu ile gri-siyah bir renklenme meydana gelir. Bu tip renklenmelerin uzaklaştırılması oldukça güçtür.

Metalik Olmayan Renklenmeler

Bu renklenmeler, dental plak ya da pelikülün yapısına penetre olan yiyecek, içecek, tütün ürünleri gibi günlük hayatta sık maruz kalınan metalik olmayan maddelerden kaynaklanmaktadır. Kötü ağız hijyenine sahip bireylerde bu renklenme yeşil/turuncu iken, ağız hijyeni iyi olan bireylerde siyah/kahverengidir.⁽¹²⁾ Bu renklenmeler dişin servikal ve orta üçlüsünde kahverengi ve siyah renklenmelerle karakterizedir.⁽¹³⁾

Klorheksidin içeren ağız gargaralarının uzun süreli kullanımında dişlerde kahverengi lekeler oluşabilir. Dış kaynaklı renklenmelerin tedavisi genellikle lastik/fırça ve abraziv bir patla polisaj yapmak ve oral hijyeni geliştirmekle mümkündür.

2.1.2. İç Kaynaklı Renklenmeler

İç kaynaklı renk değişikliği, diş sert dokularının yapısında veya kalınlığında meydana gelen değişiklikler sonucunda oluşur.^(14,15) İç kaynaklı diş renklenmesine neden olan başlıca faktörler metabolik hastalıklar, sistemik/iyatrojenik faktörler ve travmadır.

Metabolik Hastalıkların Sebep Olduğu İç Kaynaklı Renklenmeler

Alkaptonüri, konjenital eritropoetik porfiri, konjenital hiperbilirubinemi gibi birçok sistemik hastalık iç kaynaklı renklenmelere neden olmaktadır.

Alkaptonüri

Alkaptonüri, homogentisik asit oksidaz (HGO) enzimi eksikliğine bağlı homogentisik asidin vücutta birikmesi sonucu çeşitli dokularda koyu pigmentasyonun oluşması ile karakterizedir ve dişler üzerinde belirgin etkiler yaratabilir. Alkaptonüri hastalarında, diş minesi ve dentin dokusunda homogentisik asit birikimi nedeniyle dişlerde mavi-siyah veya kahverengi bir renklenme görülebilir. Bu renklenme genellikle diş etine yakın bölgelerde ve azı dişlerinde daha belirgindir.⁽¹⁶⁾

Konjenital Eritropoetik Porfiri

Günther hastalığı olarak da bilinen, nadir görülen bir genetik porfiri türüdür. Otozomal resesif olarak kalıtılan bu hastalık, porfirin metabolizmasındaki bir bozukluk sonucu ortaya çıkar. Kemik iliğinde, kırmızı kan hücrelerinde, idrarda, dışkıda ve dişlerde porfirin birikimi görülür.⁽¹⁷⁾ Porfirin metabolizmasındaki bozukluk sonucu açığa çıkan hematoporfirin dişlerde depolanmasıyla kırmızı-kahverengi renklenmeler oluşur. Bu durum eritrodonti olarak bilinir. Süt dişleri daha fazla etkilenir. Dişler, beyazlatma işlemlerine yanıt vermemektedir.⁽¹⁸⁾

Konjenital Hiperbilirubinemi

Doğuştan gelen ve bilirubin metabolizmasındaki bozukluklardan kaynaklanan bir durumdur. Bilirubin, kırmızı kan hücrelerinin yıkımı sonucu oluşan ve karaciğer tarafından işlenerek safra yoluyla vücuttan atılan bir bileşiktir.⁽¹⁹⁾ Bilirubin seviyelerinin artmasıyla karakterize konjenital hiperbilirubinemi genellikle bilirubinin karaciğer tarafından yeterince işlenememesi veya vücuttan atılamaması sonucu oluşur.

Bilirubin birikimi nedeniyle dişlerde sarımsı-yeşilimsi renklenme oluşabilir.⁽¹⁹⁾ Yeni doğan sarılığına (neonatal hiperbilirubinemi) maruz kalan çocuklarda da bu tür renklenmeler gelişebilir.

Kalıtımsal Hastalıkların Neden Olduğu İç Kaynaklı Renklenmeler

Amelogenezis İmpperfekta

Amelogenezis imperfekta, kalıtımsal geçiş gösteren hem süt hem daimî dişlerde gözlenen bir anomalidir. Genellikle otozomal dominant ya da otozomal resesif geçiş gösterir; X-kromozomuna bağlı geçişler de seyrek olsa da görülür.^(20,21) Bu kalıtsal durumda, mine oluşumu mineralizasyon veya matris oluşumu açısından bozulur ve buna göre sınıflandırılır. 14 farklı alt tipi vardır⁽²²⁾ ama en çok iki şekilde görülür: hipoplastik ve hipomineralize. Hipoplastik amelogenezis imperfekta tipinde erkeklerde dişler sarı-kırmızı veya sarı-kahverengi ve pürüzsüz-parlak görünür; kadınlarda ise daha az renk değişikliği gözlenir.⁽²³⁾ Hipomineralize amelogenezis imperfekta tipinde ise cinsiyete bağlı bir eğilim yoktur. Bu hastalarda diş rengi tebeşir beyazından sarı-kırmızı veya kahverengiye değişir. Renk yaşla birlikte koyulaşır ve sonunda siyaha döner.⁽¹⁰⁾

Dentin Defektleri

Dentin defektleri, çevresel veya genetik etkenler ile oluşabilmektedirler. Genetik olarak belirlenen dentin defektleri izole olabilir veya sistemik bir bozuklukla ilişkili olabilir.⁽²⁴⁾

Dentinogenezis İmpperfekta

Dentinogenezis imperfekta, diş konturunun, renginin ve işlevinin değiştiği, dentin ve pulpanın gelişimsel bir bozukluğudur. Dolaylı olarak mineyi de etkileyebilir. Süt ve daimî dişleri etkileyen bu bozukluk her iki cinsiyette de eşit sıklıkta görülür. Sürme sonrasında diş rengi normaldir, ancak daha sonra yarı saydam hale gelir ve sarı veya gri kahverengi görünür. Birçok durumda mine soyulur ve dentin tübüllerine giren kromojenik bakteriler ve gıda pigmentleri tarafından boyanan yumuşak dentin açığa çıkar.⁽²⁵⁾ Shields ve ark. üç tip dentinogenezis imperfekta tipini sunmuştur.⁽²⁶⁾

Dentinogenesis imperfecta I, tip I kollajenin karışık bir bağ dokusu bozukluğu olan osteogenezis imperfekta ile ilişkilidir. Mavi sklera, eklem problemleri, kemik

kırılganlığı ve opak dentin gözlenebilir. Kalıtım baskın veya çekinik olabilir, çekinik olan daha şiddetlidir ve erken yaşta ölümcüldür.⁽²⁷⁾

Dentinogenesis imperfecta II sadece dentini ilgilendirir (kalıtsal opak dentin). Her iki dentisyon da etkilenir, süt dentisyonundaki seyri genellikle daha şiddetlidir.⁽²⁸⁾ Dişler genellikle mavimsi veya kahverengidir ve transillüminasyonda opaklık gösterir. Pulpa odaları sıklıkla yok olur ve mine aşındığında dentin hızla aşınır ve mine-dentin birleşimi açığa çıkar. Dentin açığa çıktığında gözenekli dentinin kromojenleri emmesiyle, dişler hızla kahverengi renk değişikliği gösterir.⁽²⁸⁾

Üçüncü bir Dentinogenesis imperfecta tipi Wiktop tarafından tanımlanmıştır. Bu durumda, dişler dışarıdan Dentinogenesis imperfekta'nın hem tip I hem de tip II'sine benzeyebilir; ancak süt dentisyonunda birden fazla pulpa açığa çıkar. Radyografik olarak, manto tabakası oluştuktan sonra dentin üretimi durduğunda dişler 'kabuk diş (shell teeth)' görünümü alabilir. Bu tip Dentinogenesis imperfekta'nın tip II ile daha yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir.⁽²⁷⁾

İatrojenik Nedenlerle Oluşan İç Kaynaklı Renklenmeler

Tetrasiklin Renklenmesi

Tetrasiklin geniş spektrumlu bir antibiyotiktir. Plasenta bariyerini aşıp diş gelişimi sırasında kullanıldığı taktirde iç kaynaklı renklenmeye neden olduğu bilinmektedir. Tetrasiklin renklenmesi, stabil bir ortofosfat kompleksi olarak hidroksi apatit kristallerinin yüzeyindeki kalsiyum iyonları ile şelatlanan ilacın sistemik uygulamasından kaynaklanır.^(14,29)

Tetrasiklinin plasenta bariyerini geçebildiği için diş dokularına yerleşmesini önlemek amacıyla hamilelikte kullanılmaması gerekmektedir. Daimî dişler bebek ve küçük çocuklarda 12 yaşına kadar gelişmeye devam ettiğinden, bu yaşın altındaki çocuklarda, hamile ve emziren annelerde tetrasiklin kullanılmasından kaçınılmalıdır.⁽³⁰⁾ Süt dişlenme döneminde tetrasiklinin kullanımından kaçınmak için en kritik zaman, kesici ve köpek dişleri açısından rahimde 4. aydan doğum sonrası 5. aya kadar olan dönemdir. Kalıcı dişlenmede, kesici ve köpek dişleri için bu dönem doğum sonrası 4 aydan yaklaşık 7 yaşına kadardır.⁽³⁰⁾ Söz konusu renk değişiklikleri kullanılan ilaca, doza ve ilacın verildiği zaman dilimine bağlıdır. Tetrasiklinden etkilenen dişler, sürme sırasında kötüleşen ve zamanla azalan sarımsı veya kahverengigri bir görünüme sahiptir. Işığa maruz kalınca rengi kahverengiye döner, bu yüzden

ön dişler ışık kaynaklı renk değişikliklerine özellikle duyarlıdır. Servikal bölgede mine daha ince olduğundan, kahverengi-sarı dentin görünür bu da dişlerin servikal bölgelerinin insizal/okluzal üçlüye göre daha koyu olmasının nedenini açıklar.⁽¹⁰⁾

Tetrasiklin, oksitetrasiklin, dimetiltetrasiklin, dişleri sarı-kahverengimsi-gri tonlarda boyarken, klortetrasiklin dişleri gri tonda boyamaktadır. Vibramisin ve Doksasiklin gibi renklenme yapmayan tetrasiklin preparatları da bulunmaktadır.⁽³¹⁾ Son zamanlarda yetişkinlerde uzun süreli tetrasiklin tedavisinin ardından diş renginde değişiklik yaşandığına dair raporlar bulunmaktadır.⁽³²⁾ Tetrasiklin antibiyotiklerinin sentetik bir bileşiği olan minosiklin, akne tedavisinde uzun süreli kullanımı sonrasında yetişkin bir hastada renk bozulmasına neden olmakla da ilişkilendirilmiştir.^(33,34)

Florozis

"Benekli mine" olarak da adlandırılan florozis endemik bir diş rahatsızlığıdır. Hem süt hem daimî dentisyonu etkileyebilir. Diş florozunun şiddeti, florüre aşırı maruz kalmanın ne zaman ve ne kadar süreyle gerçekleştiğine, bireysel tepkiye, kiloya, fiziksel aktivite derecesine, beslenme faktörlerine ve kemik büyümesine bağlıdır.⁽³⁵⁾ Günlük florür alımı için güvenli seviye 0,05 ila 0,07 mg F/Kg/gündür.⁽³⁶⁾ Gebeliğin 2. trimesteri ile 8 yaş arasındaki süre zarfında günde 1 ppm'den fazla flor alımına bağlı olarak meydana gelir. Su veya florür içeren ağız gargaraları, tabletler, diş macunları sebebiyle ortaya çıkabilir. Florozis hafif ise kron yüzeyi beyaz, opak lekeli çizgiler ve noktalar halinde iken, daha ileri vakalarda sarı-koyu kahverengi ve tebeşir görüntüsündedir.⁽¹¹⁾

Florozisin doğru bir şekilde teşhis edilebilmesi için, iyi bir ışık kaynağı altında kuru ve temizlenmiş diş yüzeylerinin dikkatlice incelenmesi gerekmektedir. Dişlerdeki hafif florozisin klinik görünümü, çift taraflı, dağınık (keskin bir şekilde sınırlandırılmamış), opak ve minenin yatay olarak geçtiği beyaz çizgilerle karakterizedir. Opaklıklar birleşerek beyaz lekeler oluşturabilir. Daha şiddetli formlarda, mine şeffaflaşabilir ve/veya çukurlaşabilir. Ağızda sürdükten sonra, florozlu minenin rengi bozulmaz, lekeler zamanla ekzojen iyonların (örneğin, demir ve bakır) anormal gözenekli mineye difüzyonu nedeniyle gelişir.⁽³⁷⁾

Travma Nedeni ile Oluşan İç Kaynaklı Renklenmeler

Mine Hipoplazisi

Mine hipoplazisi diş minesinin normalden daha ince veya yetersiz geliştiği bir durumdur. Lokalize veya generalize olabilir. Dişlerde renklenme, pürüzlü veya çukurlu yüzeyler, hassasiyet, kolay aşınma en yaygın belirtileridir. Mine hipoplazisinin en yaygın lokalize nedeni, süt dişlenmede travma veya enfeksiyondur.⁽³⁸⁾ Diş germindeki bu tür lokalize hasar, genellikle yaralanmanın zamanı ile ilişkili olabilen hipoplastik bir mine defekti üretecektir. Maternal D vitamini eksikliği, kızamıkçık enfeksiyonu, gebelik sırasında ilaç alımı ve pediatrik hipokalsemik durumlar diş gelişimini etkileyebilir. Etki doğrudan sistemik rahatsızlığın derecesiyle ilgilidir.⁽³⁹⁾

Pulpal Hemorajiler

Sürmüş bir dişte meydana gelen akut travma veya derin bir çürük intrapulpal kanamaya neden olarak dişin kırmızı bir renk almasına neden olabilir. Kırmızı kan hücrelerinin hemolizi nekrotik pulpa dokusuyla birleşerek siyah demir sülfür oluşturmak üzere 'hem grubunu' serbest bırakır. Pulpa nekrotik hale geldikçe bu renk değişikliği birkaç gün içinde gri-kahverengiye dönüşebilir. Bu durum özellikle anterior dişlerde görülmektedir.⁽⁴⁰⁾ Renk değişikliğine ağrı ve hassasiyet eşlik edebilir. Bazen diş kendi kendine rejenere olur ve beyazlatma tedavisi yapılmaksızın diş doğal rengine döner.⁽⁴¹⁾ Bu durum pulpa nekrozu gerçekleşmemişse görülebilir. Bu renk bozukluğuna sahip dişlerde vitaliteye bakılmalıdır. Renklenme süresinin uzaması genellikle pulpa nekrozunun bir göstergesidir. Travma sonrası gelişen ankiloz sonucunda ise dişlerde beyaz ya da sarı-kahverengi renk değişiklikleri gözlenebilir.⁽⁴²⁾

Diş Sert Dokularının Rezorpsiyonu

Çeşitli travmatik, inflamatuvar veya patolojik süreçler sonucunda ortaya çıkan bu durum mine-dentin sınırında pembe bir görünümle karakterizedir. Dentin dokusunun aşırı rezorpsiyonuyla birlikte vasküler yapının mineden yansması sonucu bu görüntü meydana gelmektedir.⁽⁴³⁾

Dentin Hiperkalsifikasyonu

Meydana gelen herhangi bir travma, yaşlanma, çürük veya pulpa enflamasyonu sonucu, dişlerdeki kanlanmanın geçici olarak bozulmasıyla odontoblastların etkilenmesi ve dentin dokusunda anormal derecede kalsiyum birikmesiyle karakterize

bir durumdur. Bu durumda dişler vital olmalarına rağmen saydamlıkları azalmakta ve renkleri sarı-kahverengiye dönüşmektedir.⁽⁴⁰⁾ Tedavide ilk olarak vital beyazlatma denenmelidir. Eğer bu tedavi istenen sonucu vermez ise, kök kanal tedavisi ve ardından intrakronal beyazlatma yapılır.⁽⁴⁴⁾

Yaşlanma

Yaşla birlikte sekonder dentin üretimi artar ve mine aşınmaya bağlı incelir. Sekonder dentinin doğal yerleşimi, dişlerin ışığı yansıtma özelliklerini etkiler bu da dişlerin daha sarı görünmesine neden olur.

2.2. Renklenmiş Dişlerin Beyazlatma Tedavileri

2.2.1. Beyazlatmanın Tarihsel Gelişimi

Estetik diş hekimliği, 1800'lü yıllarda önem kazanmaya başlamıştır.⁽⁴⁴⁾ Renklenmiş ve devital dişlerin beyazlatılması üzerine ilk çalışmalar, 1864 yılında Truman tarafından yapılmıştır.⁽⁴⁵⁾ Truman, klorid ve asetik asit çözeltisinden elde edilen ve 'Labarraque çözeltisi' olarak bilinen bir karışımı kullanmıştır. Harlan, 1884 yılında ilk defa 'hidrojen dioksit' olarak adlandırdığı hidrojen peroksitin diş beyazlatma için kullanılabileceğini belirtmiştir. Abbot'un⁽⁴⁶⁾ süperoksol (%30 hidrojen peroksit) kullandığı çalışmasını 1918'de yayınlamasının ardından Prinz⁽⁴⁷⁾ 1924'te sodyum perborat ve süperoksol kullandığı çalışmasını yayınlamıştır. Pearson⁽⁴⁸⁾ 1958'de dişin içerisinde %25 ile %75 arasında değişen oranlarda peroksiti, ışıkla aktive ederek kullanmıştır. Spasser⁽⁴⁹⁾ ise 1961'de sodyum perborat ve su kullandığı 'Walking Bleach' tekniğini tanıtmıştır. Bu teknikteki suyun yerine %30-35'lik hidrojen peroksit kullanarak beyazlatma etkinliğini artırmaya çalışan Nutting ve Poe⁽⁵⁰⁾ 1962'de çalışmalarını yayınlamışlardır. Stewart ise 1965'te⁽⁵¹⁾ 'Termokatalitik tekniği' devital dişlerde kullanmıştır. Baumgartner ve ark.'nın⁽⁵²⁾ belirtmiş olduğu gibi 1966'de Mc Innes kendi adını verdiği teknikte % 35 hidrojen peroksit, HCl ve anestezik eteri vital dişleri beyazlatmak için kullanmıştır. Haywood'un⁽⁵³⁾ belirttiği üzere 1968'de ortodontist Klusmier'in, periodontitis tedavisi için antiseptik olarak kullandığı % 10'luk karbamid peroksitin dişlerde beyazlatma etkisi gösterdiğini keşfetmesi 'Nightguard Vital Bleaching' yönteminin doğuşu olmuş, ardından Abou-Rassm⁽⁵⁰⁾ 1982'de tetrasiklin renklenmelerinde kullanmıştır. Munro 1988'de ilk ticari beyazlatma materyali olan white+brite'ı (Omni International) kullanmıştır.⁽⁵⁴⁾ Croll⁽⁵⁵⁾ 1989'da mikroabrazyon tekniğini vital dişlerde uygulamıştır. Gece boyu %10

karbamid peroksit yerleştirilmiş plağın ağızda tutulması şeklinde uygulanan yöntem ise, 1989'da Haywood ve Heymann⁽⁵³⁾ tarafından açıklanmıştır. Gorber ve Goldstein⁽⁵⁶⁾ 1991'de ofis tipi beyazlatma ve ev tipi beyazlatmayı kombine olarak kullanmışlardır. Reyto⁽⁵⁴⁾ 1996'da vital beyazlatma tedavisinde lazeri kullanmıştır. Sulieman'ın⁽⁵⁷⁾ belirtmiş olduğu gibi 1997'de Settem ve Brini kron içi ve kron dışı uygulamaları devital dişlerde kullanmışlardır. Tessier ve ark.⁽⁵⁸⁾ 2010 yılında, Grundlingh ve ark.⁽⁵⁹⁾ 2012 yılında ozonun beyazlatma etkinliği üzerine araştırmalar yapmışlardır.

Diş beyazlatma tedavileri vital ve devital beyazlatma olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Devital beyazlatma, beyazlatma ajanının endodontik tedavi görmüş dişlerin pulpa odasını çevreleyen dentinden iç mine tabakalarına diffüzyonu yoluyla olur. Vital beyazlatma ise, beyazlatma ajanı ile mine dış yüzeyinin teması sonucu ajandaki peroksitlerin serbest radikallere ayrılması ve minenin interprizmatik aralıklarına diffüze olmasıyla gerçekleşmektedir. Diş hekimliğinde vital beyazlatma teknikleri ofiste beyazlatma (office bleaching) ve evde beyazlatma (home bleaching) olarak sınıflandırılmaktadır. Buna ek olarak piyasada evde beyazlatma tekniklerine benzer şekilde uygulanan hastaların reçetesiz bir şekilde satın alabileceği tezgâh üstü ürünler de mevcuttur.⁽⁶⁰⁾

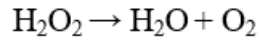
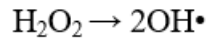
2.2.2.Beyazlatmanın Etki Mekanizması

Modern diş beyazlatma ürünleri, neredeyse tamamen karbamid peroksit ve hidrojen peroksit (H_2O_2) içermektedir; bu durum hem klinikte hem de evde kullanılan beyazlatma yöntemleri için geçerlidir. Kimyasal olarak, karbamid peroksit yaklaşık %35 H_2O_2 ve %65 üreden oluşur, yani %10 karbamid peroksit içeren bir beyazlatma jeli yaklaşık %3,5 H_2O_2 sağlar. Bu nedenle, diş beyazlatma işlemi için asıl aktif bileşen H_2O_2 'dir.

Hidrojen peroksit güçlü bir okside edici ajandır ve serbest radikallerin ve reaktif oksijen moleküllerinin oluşmasına neden olur.⁽⁶¹⁾ Bu oluşumlar pigment moleküllerinin çift bağlarını kırarak molekül yapılarını ve/veya boyutlarını değiştirip dişin dış yüzeyine difüze olmasını veya daha az ışık absorbe ederek daha açık renkte görülmesini sağlar.⁽⁶²⁾ Beyazlatma işleminden kısa bir süre sonra sıkça gözlemlenen renk geri dönüşünü (shade rebound) muhtemelen çift bağların yeniden oluşmasından

kaynaklanmaktadır. Hidrojen peroksit dişin organik ve inorganik içeriğinde veya kristal yapısında önemli bir değişiklik oluşturmasa da organik matriksi okside eder.⁽³⁰⁾

Beyazlatma mekanizmasının ilk adımı peroksit moleküllerinin ayrışmasıdır. H₂O₂ uygulandığında, diş yüzeyine ve mine tabakasına nüfuz eder. Hidrojen peroksit, dişin yüzeyinde ve iç yapısında serbest radikaller (özellikle hidroksil radikalleri OH•) oluşturmak için ayrışır.⁽⁶³⁾ Bu ayrışma süreci şu şekilde gerçekleşir:



Ayrışma süreci sonunda oluşan serbest radikaller, diş minesinde ve dentin tabakasında bulunan organik pigmentlerle etkileşime girer. Bu radikaller, pigment moleküllerinin yapısını bozarak daha küçük, renksiz veya daha az renkli bileşiklere indirger. Renkli moleküllerin bu şekilde parçalanması, dişin daha beyaz görünümesini sağlar.^(64,65)

Serbest radikaller, dişteki organik bileşiklerin oksidasyonuna yol açar. Bu oksidasyon süreci, renkli molekülleri daha renksiz veya açık renkli formlarına dönüştürür. Oksidasyon, dişin iç katmanlarında bulunan renk pigmentlerini etkili bir şekilde parçalayarak, dişlerin rengini açar ve daha beyaz görünmelerini sağlar.⁽⁶⁶⁾

Hidrojen peroksit uygulandıktan sonra, beyazlama etkisi genellikle zamanla ortaya çıkar. Oksidasyon süreci, hidrojen peroksit moleküllerinin etkileşim süresine ve konsantrasyonuna bağlı olarak birkaç dakika ila birkaç saat arasında etkili olabilir. İşlem sırasında kullanılan ısı, ışık veya lazer gibi aktivatörler, hidrojen peroksitin ayrışma hızını artırabilir ve beyazlama etkisini hızlandırabilir.^(67,68)

2.2.3.Beyazlatma Yöntemleri

Ofis Bleaching Tekniği

Ev tipi beyazlatma için uygun zamanı bulunmayan kişiler ve beyazlatma plağını ağız içinde kullanmakta sorun yaşayan hastalar için önerilen bir yöntemdir. Bu sistemin en önemli avantajı klinikte hızlı alınan sonuç ile hasta motivasyonunun sağlanmasıdır. Bunun sebebi klinikte yapılan beyazlatma tedavilerinde uygulanan hidrojen peroksit derişiminin ev tipi beyazlatmada kullanılan materyallerin derişiminden fazla

olmasıdır.⁽⁶⁹⁾ Bu sebeple klinikte uygulanan beyazlatma tedavisinde beyazlatma ajanı dokuya daha çabuk penetrasyon sağlamaktadır. Bu sayede de daha etkin bir sonuç elde edilir.⁽⁷⁰⁾ Genellikle, toz-likit, likit ya da jel formunda %30-38'lik hidrojen peroksit içeren ürünler kullanılmaktadır. Hidrojen peroksit doğrudan diş yüzeyine uygulanır ve bir veya daha fazla seansta gerçekleştirilebilecek her biri 15-20 dakikalık 2-4 uygulama gerektirir.⁽⁷¹⁾ Uygulamaya başlamadan önce yumuşak dokuların ajana maruz kalmasını engellemek için lastik örtü izolasyonu ve gingival bariyer yapılmalıdır.⁽⁷²⁾ Bazı ticari ürünlerde karbamid peroksit veya hidrojen peroksit-karbamid peroksit karışımı da kullanılabilir. Karbamid peroksitin uygulanmasında özel hazırlanmış apareylerden yararlanır. Bu apareyler ajanın 30 dakika boyunca sabit kalıp dişlerle temas etmesini sağlar.⁽⁷³⁾ Beyazlatma jeli, işlemi hızlandırmak ve daha derin etkiler elde etmek için ışık, ısı veya lazer gibi bir katalizörle aktive edilebilir.⁽⁷⁴⁾ Bu, jelin diş minesine daha iyi nüfuz etmesini sağlar. Tedavinin sonucuna göre beyazlatma sonlandırılır veya tekrar edilebilir. Optimal sonuç için birden fazla seansa ihtiyaç duyulmakla birlikte ⁽⁷⁵⁾ yüksek maliyet, koltukta bekleme süresi, diş hassasiyeti ve ev tipi beyazlatma sistemleriyle kombine tedavi gereksinimi gibi dezavantajları da mevcuttur.⁽⁷⁶⁾ Ayrıca beyazlatma işleminin kalıcılığını tahmin etmek zordur. Çünkü beyazlatmanın başarısı büyük ölçüde hastanın tüketim alışkanlıklarına da bağlıdır. ⁽⁷⁷⁾

Home Bleaching Tekniği

İkinci yöntem diş hekiminin denetiminde hastanın evde uyguladığı home bleaching (nightguard vital bleaching) yöntemidir. Diş hekiminin aldığı ölçüye uygun olarak kişiye özel beyazlatma plakları hazırlanır. Bu plaklara, beyazlatma jeli uygulanır. Evde diş beyazlatma işlemi sırasında kullanılan jeller genellikle karbamid peroksit (CP) veya hidrojen peroksit (HP) içeren beyazlatma ajanları içerir.⁽⁷⁸⁾ Bu jellerin konsantrasyonları, tedavinin güvenli ve etkili bir şekilde uygulanabilmesi için evde kullanımda daha düşük tutulur. Karbamid peroksit %10, %15, %20 veya %22 oranlarında kullanılabilir. Karbamid peroksit, ağız ortamında yavaşça hidrojen peroksit ve üreye dönüşür. %10 ila %15 karbamid peroksit çözeltileri, %3 ila %5 hidrojen peroksit ve yaklaşık %7 ila %10 üreye ayrışır. Hidrojen peroksit daha sonra oksijen ve suya, üre ise amonyak ve karbondioksit'e ayrışır.⁽⁷⁹⁾ Daha yüksek konsantrasyonlar (%15, %20, %22), daha hızlı beyazlatma sağlasa da, hassasiyet riskini artırabilir. Kişiye özel plaklar içinde genellikle gece boyu (6-8 saat) veya gündüz saatlerinde birkaç saat (2-4 saat) kullanılır. Hidrojen peroksit (HP) jelleri ise

%3, %6, %9 veya %10 oranlarında hidrojen peroksit içerebilir. Hidrojen peroksit, dişlerdeki organik pigmentleri oksitleyerek rengin açılmasını sağlar. Hidrojen peroksit, karbamid peroksit göre daha hızlı etki gösterir, bu nedenle kullanım süresi daha kısadır (15-60 dakika).

Ev tipi beyazlatma tedavisinin basit, düşük maliyetli ve hem diş hekimi hem de hasta açısından güvenli olması gibi çeşitli avantajları bulunmaktadır.⁽⁵³⁾ Ancak, tedavinin sonucunda beyazlığın istenilen düzeyde olup olmadığının görülebilmesi için 2 veya 3 haftalık bir bekleme süresini hastaların uzun bulmaları veya hastaların, tedavi sırasında ağız içinde bulundurulması gereken plakları kullanmayı zor ve zahmetli bulmaları nedeniyle bu tedavi şekline adaptasyonda güçlük yaşanabilir.⁽⁸⁰⁾

Over the Counter (Tezgâh Üstü Ürünler) Tekniği

Üçüncü ve son yöntemse hastanın kendisinin evde uyguladığı yöntemdir. Tezgah üstü ürünler olarak adlandırılan ve 2000’li yılların başlarında Amerika’da ortaya çıkan bu ürünler, profesyonel tedavilere göre daha düşük maliyetlerle dişleri beyazlatmaktadırlar.⁽²⁾ Bu ürünler diş hekimi denetiminde olmadan hastanın market, eczane veya internetten temin ederek kullandığı beyazlatıcı diş macunları, beyazlatıcı gargaralar, beyazlatıcı diş ipi ve diş fırçaları, beyazlatıcı sakızlar, ışıkla aktive edilen jel içeren plaklar, beyazlatma kalemleri ve beyazlatma şeritleridir.^(81,82) Bu ürünler genellikle düşük konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (%3-6) veya diğer alternatif beyazlatıcı bileşenlerin yanı sıra, hidrate silika, sodyum bikarbonat, kalsiyum karbonat, alümina gibi aşındırıcı maddeler veya papain ve bromelain gibi enzimatik ajanlar içerir.^(3,83) Ayrıca, dişlerin yansıtılan rengini değiştirebilen bir optik ajan olan mavi kovan pigmenti de içerebilir ve bu pigment genellikle diş macunlarında bulunur.⁽⁸⁴⁾ Bu materyaller düşük miktarlarda beyazlatıcı ajan içerirler. Çoğunlukla iki haftalık süre boyunca günde iki uygulama yapılması önerilir. Bu tür ürünler gelişimsel renklenmeleri beyazlatmazlar.⁽⁸⁵⁾

Diş hekimi, beyazlatma için herhangi bir kontrendikasyon olup olmadığını belirlemek üzere diş muayeneleri yapar, bir tedavi rejimi önerir ve beyazlatma işleminin istenen sonuçları sağlarken ciddi yan etkiler oluşturmadığını izler. Ancak, evde beyazlatmanın kullanım kolaylığı, düşük maliyet, pratik olması gibi avantajları, evde kullanım için reçetesiz satılan beyazlatma ürünlerinin hızla yayılmasını teşvik etmiştir. Bununla birlikte diş hekimi tarafından uygulanan profesyonel beyazlatma tedavilerine göre

daha hafif sonuçlar sundukları gözlenir. Ayrıca bu ürünler, kişinin diş hekimi kontrollerini ihmal edip diş çürükleri veya diş eti hastalıkları gibi diş hekiminin gözlemlemesi gereken sağlık sorunlarının tespitini geciktirebilir. Bu ürünler arasında herkes tarafından en kolay ulaşılabilir olan ürün beyazlatıcı etkili diş macunlarıdır.

Beyazlatıcı Diş Macunları

Beyazlatıcı diş macunları, dişlerdeki yüzey lekelerini gidermek ve dişlerin daha beyaz görünmesini sağlamak amacıyla formüle edilmiş özel diş macunlarıdır. Bu macunlar, genellikle aşındırıcı maddeler (hidrate silika, kalsiyum karbonat, sodyum bikarbonat), kimyasal ajanlar (hidrojen peroksit, karbamid peroksit, pirofosfatlar), optik parlaticılar (mavi covarin pigmenti) ve enzimler (papain, bromelain) içerir.⁽⁸⁶⁾ Beyazlatıcı diş macunları, profesyonel diş beyazlatma yöntemleri kadar güçlü olmasa da düzenli kullanımla dişlerin renginde hafif iyileşmeler sağlayabilir.

Diş beyazlatma özelliklerine sahip olduğu iddia edilen diş macunları, tezgah üstü ürünlerin %50'sinden fazlasını oluşturur ve renklenmeyi çıkarma yetenekleri, formülasyonlarında bulunan ve yüzeysel diş renklenmelerini çıkaran büyük miktardaki aşındırıcılarla ilişkilidir.⁽⁸⁷⁾ Düzenli beyazlatıcı diş macunu kullanımından sonra diş renginde meydana gelen değişiklikleri ölçmek için bir dizi çalışma yayınlanmıştır. Genel olarak, beyazlatıcı diş macunları beyazlatıcı olmayan diş macunlarıyla karşılaştırıldığında, sonuçlar kullanımlarının dişin diş renklenmelerini giderebildiğini ve/veya önleyebildiğini göstermiştir.^(88,89)

Beyazlatıcı Gargaralar

Diş fırçalama sonrası ağızda çalkalama ile kullanılır. Genellikle %1 ila %2 oranında hidrojen peroksit içerir ve yeni lekelenmeleri engellemek amacıyla sodyum heksametafosfat bulunmaktadır.⁽⁹⁰⁾ Beyazlatma etkisi hafiftir ve uzun süreli kullanım gerektirir. Üreticinin talimatları her biri 60 saniye boyunca günde iki kez kullanım içindir. Diş renginde 1 veya 2 ton açılması görülür ve 3 aya kadar etkisi sürer.^(77,81)

Beyazlatıcı Diş İpi ve Diş Fırçaları

Beyazlatıcı diş ipi, interproksimal ve dişeti altı alanlarındaki renklenmelerin azaltılmasını desteklemek için üretilmiştir ve beyazlatıcı özellikleri, interdental

bölgede uygulama sırasında yüzeysel bir aşınmayı teşvik eden silika varlığı ile ilişkilidir.

Evde ağız hijyeni rutininde kullanılmasının yanı sıra, beyazlatma etkisini korumak veya beyazlatma tedavilerinden sonra diş renklenmeleri önlemek için manuel veya elektrikli diş fırçaları da kullanılabilir. Bir klinik çalışma, iki diş fırçasının (güçlü veya manuel) %15 karbamid peroksit ile evde yapılan beyazlatma tedavisinden sonra beyazlamış dişlerin rengini koruma yeteneğini karşılaştırmıştır ve 6 ay sonra, beyazlatma sonrası sonuçlar, elektrikli diş fırçası grubunun, manuel diş fırçası grubuna göre beyazlatma etkisini koruma konusunda daha iyi bir sonuç gösterdiğini ortaya koymuştur.⁽⁸⁶⁾

Beyazlatıcı Sakızlar

Sodyum heksametafosfat (%4,0 – 7,5) içeren sakız, dış kaynaklı diş renklenmesi oluşumunu önlediği iddiasıyla evde yapılan beyazlatma sonrası bir tezgâh üstü beyazlatma ürünü olarak piyasaya sürülmüştür. Gün boyunca çiğnenerek diş yüzeyindeki lekelerin azalmasına yardımcı olabilir. Etkisi sınırlıdır. Bir araştırma, heksametafosfat içeren bir sakızın, sakızsız bir işleme kıyasla leke oluşumunu azalttığını göstermiştir.⁽⁹¹⁾

Işıklı Aktive Edilen Jel İçeren Plaklar

Son zamanlarda eczanelerde veya internette, kişinin kendisine göre ayarlayabildiği universal bir plaktan oluşan yeni ürünler ortaya çıkmıştır. Bu plağa LED ünitesi tarafından etkinleştirilen bir jel konulur. Üretici beyazlatma etkinliğinin ev tipi beyazlatma ile benzer olduğunu iddia etse de aktif içeriğin ne olduğunu netleştirmemişlerdir.⁽⁹²⁾ Ayrıca adaptasyon problemi olan bir plak, yumuşak dokularda hasara ve okluzal problemlere neden olabilir.

Beyazlatma Kalemleri

Dişlerin yüzeyine doğrudan uygulanan jel formundadır. Uygulama genellikle birkaç dakika sürer ve jel dişlerde kurumaya bırakılır. Genellikle %5- %10 hidrojen peroksit içerir.

Beyazlatma Şeritleri

Beyazlatma şeritleri beyazlatmada kullanılan plağın elimine edilmesi amacıyla anterior dişlerde uygulanır. Günde bir ya da iki kez, her seferinde 30 dakika boyunca

uygulanır. Tipik bir tedavi süresi 7 ila 14 gün arasındadır. İçeriğinde yaklaşık olarak %5-14'lük hidrojen peroksit kullanılır.⁽⁹³⁾ Fiyatları uygun olan bu ürünlerde elde edilen renk değişimi, ofis tipi beyazlatmalarla elde edilen değişimler kadar büyük değildir. Ancak beyazlatma etkisi birkaç günde görülebilir ve bu yöntem diş renginde bir iki ton açılma sağlayabilir.

2.3. Diş Macunları

2.3.1. Diş Macununun Tanımı ve Tarihçesi

Diş fırçası ile kullanılan ve diş yüzeylerinin temizlenmesinde kullanılan diş macunları toz, macun ve jel şeklinde bulunabilmektedir.⁽⁹⁴⁾ Mısırlıların 'The Ebers Papyrus' kitabı milattan önce 1500'lü yıllarda yazılıp milattan önce 4000'li yıllara uzanan veriler derlenerek hazırlanmıştır. Dişleri temizlemek için kullanılan bir tarifi içermektedir.⁽⁹⁵⁾

1600'lerin başlarında İtalya'da yayımlanan "New and Useful Practices of All Kinds for Diligent Barbers" adlı kitapta, mideden yükselen gazlar nedeniyle dişlerin yüzeyinde birikinti oluştuğu ve bu birikintinin, dişlere giysi sürtüldüğünde hissedilebilecek kadar belirgin hale geldiği belirtilmiştir. Bu nedenle, dişlerin her sabah fırçalanmasının ve temizlenmesinin, renklenmelerin önlenmesi ve dişlerin kalın bir plak tabakasıyla kaplanarak çürümelerinin engellenmesi açısından zorunlu bir uygulama olduğu vurgulanmıştır.⁽⁹⁶⁾ On sekizinci yüzyılda taleplerin yükselmesine bağlı olarak çok miktarda ürün geliştirilmiştir. Londra'da bir ecza firması, 1807 yılında, kömürün çürümüş dişlerden gelen rahatsız edici kokuyu yok ettiği ve dişlere sağlıklı ve beyaz bir görünüm sağladığı gerekçesiyle diş macunu olarak kullanımını tavsiye etmiştir.⁽⁹⁷⁾ Modern diş macunu öncesi macun kullanımının bir örneği de Amerikan fizikçi Herrick tarafından 1916 yılında sunulmuştur. Herrick sodyum bikarbonatın sature edilmiş solüsyonunun dişleri temizlemek için yatmadan önce kullanılmasını önermiştir.⁽⁹⁸⁾

2.3.2. Diş Macunu İçerikleri

Üretici firmaya göre her diş macununun içeriği değişiklik gösterir. Genel olarak bir diş macununu içinde mekanik temizleyiciler, nemlendiriciler, su, yüzey aktif ajanlar, bağlayıcı ajanlar, koruyucular, tatlandırıcılar ve tedavi edici aktif ajanlar vardır.⁽⁹⁵⁾

Floridler

Diş minesini güçlendirerek çürük oluşumunu önleyen floridler, diş macunlarının içinde sodyum florid, sodyum monoflorofosfat, amin florid, stannous florid, kalay florid ve potasyum florid olmak üzere birkaç şekilde bulunabilmektedirler. En yaygın kullanılan florür bileşeni sodyum florürdür. Diş macunlarının birçoğu 1000-1500 ppm (parts per million) flor iyonu içermektedir.⁽⁹⁹⁾

Abrazivler

Abrazivler %10-40 oranında bulunmaktadır. Renklenmeleri ve plağı ortamdan uzaklaştırmaya yardımcı olur ve polisaj etkisi sağlar. Bu abrazyivlerin en yaygın olarak kullanılanları kalsiyum fosfat, alümina trihidrat ve silika partikülleri şeklindedir.⁽¹⁰⁰⁾

Deterjanlar

Deterjanlar diş macunlarında sıklıkla karşılaştığımız köpürme etkisini meydana getiren ürünlerdir. Fırçalama sırasında diş macununun ağızda kalmasına yardımcı olup yüzey gerilimini azaltarak temizliğin kolaylaştırılmasını sağlar. Genellikle %1-3 oranında bulunmaktadırlar. En sık kullanılanları; sodium lauryl sulphate (SLS), sodyum alkali sülfosfat, sodium N- Lauryl sarcosinate şeklinde sıralanabilir.⁽¹⁰¹⁾

Nemlendiriciler

Nemlendiriciler diş macununun hava ile temas etmesi durumunda kurumasını önleyen, diş macununun nemli yapısını korumaya yardımcı ajanlardır. Diş macunu içeriğinin %20-70' ini oluştururlar. Gliserin, sorbitol, propilen glikol yaygın olarak kullanılır.⁽⁹⁶⁾

Bağlayıcılar

Bağlayıcılar bileşenlerin bir arada kalmasını sağlar ve diş macununun kıvamını koruyarak diş macunun akmasını önler. Hidrofilik yapıda olan bağlayıcılar %1-2 oranında bulunmaktadırlar. En yaygın olarak kullanılan bağlayıcı ajanlar; ksantum sakızı, kolloidler ve sentetik selülozlardır.⁽⁹⁵⁾

Koruyucular

Koruyucular, diş macununun raf ömrünü uzatmak için kullanılır. Mikrobiyal büyümeyi önler ve ürünün bozulmasını engeller. Bakteriyel kontaminasyona karşı koruma amacıyla %0,05-0,5 oranında bulunmaktadırlar. Sodyum benzoat, metil paraben, etil paraben, diklorofen en sık kullanılan koruyucu ajanlardır.⁽¹⁰²⁾

Koku ve Tat Veren Ajanlar

Macun içeriğinin %1-2 ini oluşturup deterjanların (özellikle SLS) kötü tadını maskelemek için kullanılırlar. Nane, tarçın, karanfil, yeni bahar, limon, ökaliptüs, karanfil bu amaçla kullanılan ajanlar arasında yer almaktadır.

Tatlandırıcılar

Diş macununun tadını iyileştirmekte önemli role sahip bileşenlerdir. Bu ajanlar sentetik maddelerdir ve ürünün içeriğindeki diğer kimyasallarla uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. En yaygın olarak kullanılanları; sakkarin, ksilitol, sorbitoldür. Ksilitol ayrıca çürük önleyici özelliklere de sahiptir.⁽⁹⁶⁾

Dentin Hassasiyetinin Giderilmesinde Kullanılan Ajanlar

Dentin hassasiyetinin giderilmesi için diş macunlarında kullanılan ajanlar, hassasiyetin kaynağı olan sinir uçlarını yatıştırarak veya dentin tübüllerini kapatarak çalışır. Bu ajanlar, özellikle soğuk, sıcak, tatlı veya asidik yiyecek ve içeceklerin neden olduğu diş hassasiyetini azaltmak için formüle edilmiştir. Potasyum nitrat, stanöz florür, stronsiyum klorid, arginin, kalsiyum fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP) ve hidroksiapatit dentin hassasiyetinin azaltılması amacıyla en sık kullanılan ajanlardır.⁽¹⁰³⁾ Arjinin hızlı bir rahatlama sağlayabilir ve düzenli kullanımda uzun süreli hassasiyet kontrolü sunar.

Antitartar Ajanlar

En yaygın kullanılan antitartar ajan pirofosfatlardır. Bunların dışında gantrez, difosfonatlar ve çinko tuzları diş macunlarına antitartar özellik kazandırmak amacıyla kullanılan ajanlardır.⁽⁹⁴⁾

Antiplak ve Antibakteriyel Ajanlar

Bisguanid, kuarterner amonyum bileşikleri, fenol, heksetidin, povidin iyodin, triklosan, delmopinol, saliflor, metal iyonları, sanguinarin, propolis ve oksijenize ajanlar; antibakteriyel ve antiplak etkinlik gösteren ajanlardır. Triklosan plak birikimini azaltır, diş eti iltihabını önler ve kötü ağız kokusunu azaltır. Ancak, bazı bölgelerde kullanımı sınırlıdır veya yasaklanmıştır.⁽¹⁰²⁾

2.3.3. Beyazlatıcı Etkili Diş Macunları

Beyazlatıcı etkili diş macunları, içeriklerine ve etki mekanizmalarına göre çeşitli kategorilere ayrılabilir.

Aşındırıcı İçerikli Diş Macunları

Hidratlı silika, kalsiyum karbonat, dikalsiyum fosfat dihidrat, kalsiyum pirofosfat, alümina, perlit veya sodyum bikarbonat içeren beyazlatıcı diş macunu formülasyonları, diş minesinin yüzeyindeki pigmentli biyofilmleri ve kromoforları mekanik olarak uzaklaştırır.⁽¹⁰⁴⁾ Bu aşındırıcıların günlük kullanımı mine yüzeyini değiştirerek, biyofilm oluşumunu ve kromoforların yapışmasını azaltır böylece diş pigmentasyonu azalır. Bu, daha parlak ve beyaz bir görünüm elde edilmesine yardımcı olur.^(105,106)

Genellikle günlük kullanım için uygundur, ancak aşırı kullanım diş minesine zarar verebilir. Mekanik etkili diş macunları, genellikle kahve, çay, tütün gibi dış kaynaklı renklenmeleri hedef alır.⁽¹⁰⁷⁾

Kimyasal Beyazlatıcı İçerikli Diş Macunları

Hidrojen peroksit veya karbamid peroksit gibi beyazlatıcı ajanlar içeren macunlar bu gruba dahildir. Bu kimyasallar, diş minesinin içine nüfuz ederek renklenmiş bölgeyi okside eder ve dişlerin rengini açar.⁽¹⁰⁸⁾ Ancak, peroksitin diş macunlarında uygulanması, stabilitesi, etkinliği ve olası sağlık riskleri açısından çok daha zorlu bir süreçtir.⁽¹⁰⁶⁾ Bu tür diş macunları genellikle belirli bir süre kullanılmalıdır.

Enzim İçerikli Diş Macunları

Papain ve bromelain, pelikülü hidrolize ederek diş yüzeyinde bakteri ve leke birikimini önler.^(109,110) Papain, Carica Papaya'dan elde edilen sülfhidril proteaz olup diş yüzeyindeki protein pelikülünü parçalar.⁽¹¹¹⁾ Bromelain ise ananastan elde edilen proteolitik bir enzimdir ve ağız mikroorganizmalarına karşı yapışmayı engelleyici bir etki sunar.⁽¹¹²⁾ Papain ve Bromelain gibi enzimler, yiyecek ve içeceklerden kaynaklanan renklenmeleri parçalayarak dişlerin beyazlamasına yardımcı olur.⁽¹¹³⁾ Kimyasal bir beyazlatma sağlar ve hassas dişler için uygundur.

Optik Beyazlatıcı İçerikli Diş Macunları

Bu macunlar mavi kovanin pigmentinin ince, yarı şeffaf bir filminin mine yüzeyi üzerinde birikmesini sağlamak için geliştirilmiştir.^(85,86) Bu film, gelen ışığın etkileşimini anında değiştirerek dişlerin yansıyan rengini sarıdan mavi bölgeye kaydırarak dişlerin daha beyaz ve daha parlak görünmesini sağlar.⁽⁸⁷⁾ Klinik çalışmalar, tek bir fırçalamanın bile, b* parametre değerlerinde önemli ve anında bir

azalmaya neden olduğunu, diş rengini iyileştirdiğini göstermiştir.⁽⁸⁸⁾ Mavi kovanin dişlerin anında daha beyaz görünmesini sağlasada bu optik beyazlatma etkisi geçicidir ve sadece kozmetik bir çözümdür.⁽¹¹⁴⁾

Doğal ve Bitkisel İçerikli Diş Macunları

Doğal bir aşındırıcı olarak kullanılan aktif kömür/karbon, dişleri beyazlatmada etkilidir. Geniş yüzey alanına sahip olması nedeniyle pigmentleri, kromoforları ve diş renginin değişiminden sorumlu lekeleri adsorbe etme kapasitesine sahiptir. Yani diş yüzeyindeki tüm birikintilere bağlanarak plak, bakteri ve dışsal lekeleri tutar ve fırçalama sonucunda diş yüzeyini tüm bu birikintilerden arındırır.⁽¹¹⁵⁾ Aşındırıcı etkileri sayesinde yüzey lekelerini ve plağı çıkararak dişlerin daha beyaz görünmesini sağlarlar. Ancak genellikle bu ürünler, dentin renginden kaynaklanan içsel diş rengini değiştirmezler.⁽¹¹⁶⁾ Günümüzde birçok beyazlatıcı diş macunu üreticisi, formülasyonlarına aktif kömür/karbon eklemektedir.⁽¹¹⁷⁾ Bununla birlikte, uzun süreli kullanımı diş minesine zarar verebilir. Aloevera, nane yağı ve karanfil gibi bitkisel bileşenler içeren macunlar ise daha nazik bir beyazlatma sağlar.⁽¹¹⁸⁾

2.4.Renk

Renk, görünür ışık spektrumundaki dalga boylarının birleşik yoğunluklarıyla belirlenen bir özelliktir ve yaklaşık 380-780 nm aralığındaki elektromanyetik dalgalar insan gözü tarafından algılanabilir. Renk algısı, fiziksel bir uyarana verilen fizyolojik bir tepki olup, retinada bulunan fotoreseptör hücrelerin (koniler) ışığın farklı dalga boylarına verdiği yanıtlarla oluşur.⁽¹¹⁹⁾

Ancak, doğal dişlerin polikromatik yapıları, renk tayinini karmaşıklaştıran belirli özelliklere sahiptir. Diş yüzeyindeki doku yapısı, yarı saydamlık ve arka plan rengi gibi faktörler, farklı bölgelerde renk algısının değişmesine neden olur. Mine saydamlığı ve dentin opaklığındaki farklılıklar, dişin farklı bölgelerinde ışığın farklı şekilde yansımaları sağlayarak renk algısını zorlaştırır. Bu nedenle, renk tayini hem fiziksel hem de biyolojik faktörlerin karmaşık bir etkileşimini gerektirir.⁽¹²⁰⁾

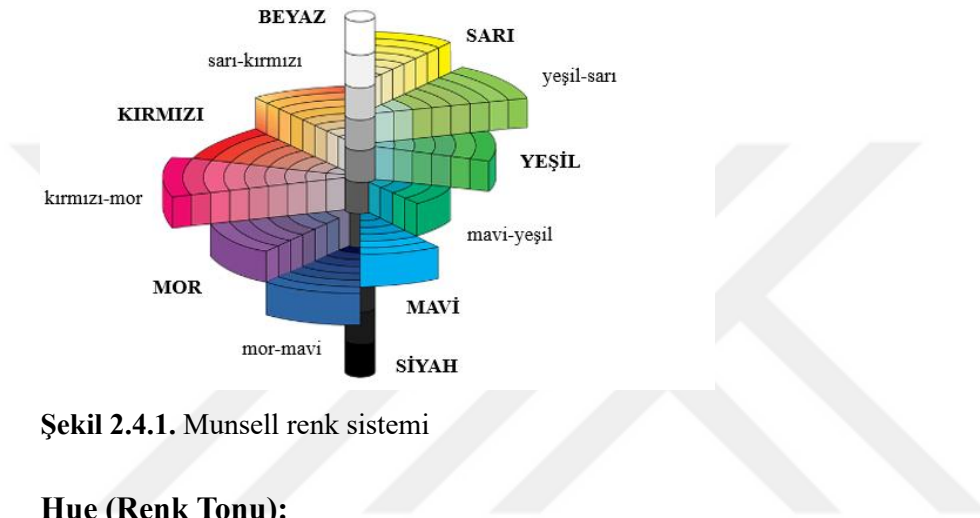
2.4.1. Renk sistemleri

Dental restorasyonların renklerini doğru bir şekilde kontrol etmek tamamen gözlemle yapıldığı için zor olabilir. Diş rengi, çeşitli faktörlerden etkilenebilir; bunlardan bazıları ışık ve renk özelliklerine, bazıları ise rengi algılayan kişinin bireysel özelliklerine bağlıdır. Işık ve renkle alakalı olan faktörler; opasite, yarı saydamlık, saydamlık, ışıma, kırılma, yansıtma ve metamerizmle alakalıdır.^(121,122) Metamerizm; ışığın kaynağına göre rengin farklı algılanması terimidir. Dijital kamera ve görüntüleme sistemlerinde sık karşılaşılan problemlerinden biridir.⁽¹²¹⁾ Gün içindeki zaman, değişik mevsimler ve hava şartları ışığın rengini etkiler. CIE (International Commission on Illumination, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)' nin önerdiği sistemde; parlak ışık (A), direkt güneş ışığı (B) ve ortalama gün ışığı (C) şeklinde üç farklı standart aydınlatıcı kullanılmaktadır. B ve C tipi aydınlatıcılar, floresan materyallerin renk ölçümünde başarısız bulunduğu için 1964 yılında D (D65) tipi aydınlatıcılar sisteme eklenmiştir. Renk ısısı 6500 ° K olan D65 aydınlatıcılar ise ortalama gün ışığına karşılık gelir. Gün ışığında yapılan kolorimetrik ölçümlerin tümünde D65 aydınlatıcı kullanılması önerilmektedir.⁽¹²³⁾

Rengi algılayan kişinin tecrübesi ve rengi algılama yeteneğinin öneminin vurgulandığı çalışmalar da vardır.⁽¹²⁴⁾ Renk algısı, kişilerin beyin fonksiyonlarına göre farklılık gösterebilir ve bu da kişilerin rengi farklı şekilde algılamasına neden olabilir. Bu karmaşayı gidermek ve renkleri daha doğru tanımlamak amacıyla, belirli renk sistemleri geliştirilmiştir. Diş hekimliğinde genellikle Munsell ve CIELab sistemleri kullanılmaktadır.⁽¹²⁵⁾

Munsell Sistemi

Munsell Renk Sistemi, Amerikalı ressam A.H. Munsell tarafından 1905 yılında geliştirilen ve uzun yıllar boyunca güvenilirliği, uygulama kolaylığı ve esnekliği sayesinde yaygın olarak kullanılan bir renk belirleme sistemidir.⁽¹²⁶⁾ Diş hekimliğinde renk seçimi için uygun bir sistem olarak kabul edilir. Munsell Renk Sistemi, renkleri üç boyutlu olarak tanımlar: hue (renk tonu), value (parlaklık) ve chroma (yoğunluk).^(123,127)(Şekil 2.4.1.)



Şekil 2.4.1. Munsell renk sistemi

Hue (Renk Tonu):

Hue, bir cismin ana rengini temsil eder ve retina tarafından algılanan spesifik bir dalga boyuna bağlıdır. Munsell renk sistemi, 5 ana renk (mor, mavi, yeşil, sarı, kırmızı) ve 5 ara renk (mor-mavi, mavi-yeşil, yeşil-sarı, sarı-kırmızı, kırmızı-mor) olmak üzere toplamda 10 renkle ifade edilir. Hue, bir rengi diğerinden ayıran temel renk bileşenidir ve eksenin dairesel yatay düzlemi etrafında düzenlenmiştir.⁽¹²⁸⁾

Value (Parlaklık):

Value, bir cismin geri yansıttığı ışık miktarını, yani parlaklığı tanımlar. Munsell sisteminde parlaklık, 0 ile 100 arasında değişen bir skala üzerinde tanımlanmıştır. Bu sistemde, saf siyah (0) ve saf beyaz (100) teorik uç noktalar olarak kabul edilse de pratikte sadece 9 value seviyesi kullanılır.⁽¹²⁸⁾ Düşük value koyu renkleri, yüksek value ise açık renkleri ifade eder ve renk seçiminde en önemli bileşen olarak kabul edilir.⁽¹²⁹⁾

Chroma (Yoğunluk/Doygunluk):

Chroma, rengin saflığını ve yoğunluğunu ifade eder. Bir rengin griden ne kadar farklı olduğunu gösterir ve parlaklıkla ters orantılıdır. Chroma arttıkça parlaklık azalır. Munsell sisteminde chroma, value eksenine dik açıyla uzanır ve renklerin yoğunluğunu belirler.^(130,131)

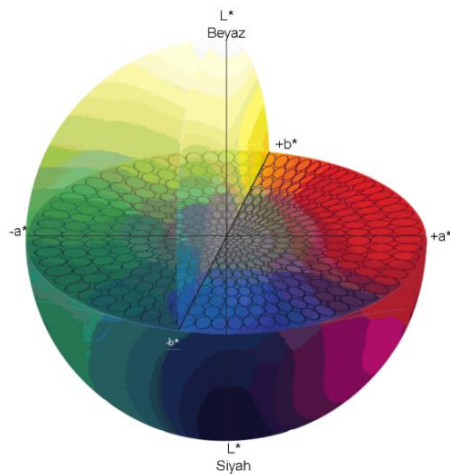
Munsell sisteminde renk değişikliği, şu formül ile hesaplanır:

$$\Delta E_m = \Delta H/5 + 7\Delta V + 4\Delta C$$

Burada ΔH hue'daki, ΔV value'daki, ΔC ise chroma'daki değişiklikleri ifade eder. Bu sistem, diş hekimliğinde restorasyon ve protezlerin renk uyumunu belirlemek için sıklıkla kullanılır.

CIELab Renk sistemi

CIELab Renk Sistemi, 1976 yılında CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından geliştirilmiş ve renk algısının insan gözündeki kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç ayrı renk reseptörüne dayandığı teorisini temel almıştır.⁽¹²³⁾ CIELab sistemi, diş hekimliğinde renk ölçümünde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir ve üç ana eksen vardır: L^* , a^* ve b^* . Bu eksenler, rengin koordinatlarını belirler ve bu koordinatların kesişim noktası, ölçülen rengin değerini verir.⁽¹³²⁾(Şekil 2.4.2.)



Şekil 2.4.2. CIE Lab Renk sistemi

L*: Bu eksen, rengin açıklık ve koyuluk koordinatlarını belirler. Yüksek L* değeri, rengin daha açık olduğunu, düşük L* değeri ise rengin daha koyu olduğunu gösterir. Saf beyaz L* = 100, saf siyah L* = 0 ile temsil edilir. Munsell Renk Sistemindeki value değerine karşılık gelir.⁽¹³³⁾

a*: a* eksen, rengin kırmızı (+) ile yeşil (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer arttıkça renk kırmızıya, azaldıkça yeşile yaklaşır.

b*: b* eksen, rengin sarı (+) ile mavi (-) arasındaki kroma koordinatlarını gösterir. Değer arttıkça renk sarıya, azaldıkça maviye yaklaşır.^(122,128)

CIELab sistemi ile renk farkları ΔE değeri ile ölçülür ve iki renk arasındaki farkı sayısal olarak ifade eder. ΔE formülü şu şekilde hesaplanır:^(123,134,135)

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2}$$

Bu formülde, L0*, a0* ve b0* ilk renk ölçüm değerlerini, L1*, a1* ve b1* ise ikinci renk ölçüm değerlerini temsil eder. İki renk arasındaki fark 0 olduğunda renkler arasında hiçbir fark olmadığı kabul edilir.⁽¹³⁶⁾

CIELab sistemi, zamanla geliştirilen bir renk farkı ölçüm yöntemi olup, 2001 yılında tanıtılan CIEDE2000 formülü, CIELab ile karşılaştırıldığında renk uzayının bazı bölgelerinde daha yüksek güvenilirlik sunmuştur. CIEDE2000, renk farklarını daha hassas bir şekilde ölçmek amacıyla parlaklık (lightness), hue ve kroma farklarını daha doğru yansıtan bir katsayı sistemi içerir. Bu formül, gözün renk farklarını algılama yeteneğini daha doğru bir şekilde değerlendirerek, klinik çalışmalarda renk değişikliklerini daha hassas bir şekilde tespit etme olanağı sağlamaktadır.

Algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik seviyeleri değerlendirilirken, CIEDE2000 formülünün, CIELab formülüne kıyasla daha iyi uyum sağladığı bildirilmektedir. Ghinea ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptıkları çalışmada, algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{00} = 1,25$; kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{00} = 2,23$ olarak belirlenmiş ve bu eşik değerler birçok çalışmada referans alınmıştır.⁽¹³⁷⁾ Perez ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada kabul edilebilirlik eşik değerlerini $\Delta E_{00} = 1,87$, $\Delta L = 2,92$, $\Delta C = 2,52$, $\Delta H = 1,9$ olarak belirlemişlerdir. Paravina ve arkadaşlarının 2015 yılında yürüttükleri çalışmanın sonucunda ise, algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{00} = 0,8$ iken kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{00} = 1,8$ olarak bildirilmiştir. ⁽¹³⁸⁾ Bu tez

çalışmasında ise daha güncel ve güvenilir olması nedeniyle Paravina ve arkadaşlarının bildirdikleri eşik değerler esas alınmıştır.

Sonuç olarak, aşağıdaki CIEDE2000 formülüne göre hesaplanan ΔE , renk farklarının klinik olarak algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik seviyelerini daha doğru bir şekilde ölçmektedir ve bu eşik değerler klinik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.(139)

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

2.4.2. Dişlerin Renklerinin Ölçülmesi

Renk ölçüm araçları ve sistemleri diş hekimliğinde, renklerin eşiklerinin değerlendirilmesi, görsel değerlendirmeler arasındaki farklılıkların ve benzerliklerinin karşılaştırılması, renklerin uyumluluğu ve stabilliği, diş beyazlatma çalışmaları ve gerçek dişler ile restoratif materyallerin renk etkileşimlerinin değerlendirilmesi gibi amaçlarla artarak daha fazla kullanılmaktadır.(140) Dişlerin rengini ölçmek için pek çok yöntem vardır. Renk skalalarını kullanarak görsel karşılaştırmalardan, spektrofotometrelere, kolorimetrelere, spektoradyometrelere ve dijital görüntü analiz tekniklerine kadar renk ölçümünde kullanılan araçlar mevcuttur.(121)

2.4.3. Renk Skalaları

Diş renginin klinik olarak değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olup, hastanın doğal diş rengi ile renk skalasındaki blokları karşılaştırarak en uygun rengin belirlenmesine dayanan bir yöntemdir. Hızlı ve pratik bir yöntem olmasının yanında subjektif bir değerlendirme olduğu için gözlemciye bağlı olarak farklılıklar oluşabilir.(128) Bu yüzden sonuçlar tutarsızlık gösterebilir.(141) Aynı üreticinin yaptığı renk skalaları bile biraz farklı olabilmektedir. Işık, yaş, cinsiyet, göz yorgunluğu ve renk görme eksiklikleri gibi faktörler görsel renk seçimini etkileyebilir. (121,142)

2.4.4. Spektrofotometre

Spektrofotometreler, diş yüzeyinden yansıyan ışığın farklı dalga boylarını ölçerek diş rengini objektif olarak belirleyen cihazlardır. Görünür spektrum boyunca 1-25 nm aralıklarla ışık enerjisini ölçer ve bu ölçümleri renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB, CIELCH) veya çeşitli diş rengi değerlerine dönüştürebilir.(140)

Spektrofotometreler, diş yüzeyinde tek bir rengi belirleyebildiği gibi, diş yüzeyindeki ince renk farklılıklarını da haritalayabilir. Görsel ve enstrümantal renk eşleştirme yeteneği üzerine yapılan sistematik bir incelemede, çoğu çalışmada spektrofotometre kullanılan çoğu çalışmada daha hassas sonuçlar elde edildiği rapor edilmiştir.(142) Spektrofotometrelerin diş hekimliğinde geniş uygulama alanları vardır; seramik kronların renk stabilitesini ölçmek(143), mine gelişim kusurlarını incelemek(144), diş rengi yaygınlığını belirlemek(145) ve diş beyazlatma çalışmalarını izlemek bu alanlar arasında yer alır.(146) Ancak bu cihazları kullanırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Ortam aydınlatması ve ölçüm yapılan arka plan, renk eşleştirme tekrarlanabilirliğini etkileyebilir.(147) Ayrıca, in vivo ölçüm sırasında optik lensin buğulanması, hatalı ölçümlere yol açabilir. Bu cihazlar temaslı ölçüm cihazları olduğu için, hastalarda küçük rahatsızlıklar ortaya çıkabilir.(146)

2.4.5. Kolorimetre

Kolorimetreler, yansıyan ışığı kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerden geçirerek tristimulus değerlerini (CIEXYZ) ölçen cihazlardır. Bu cihazlar, ışık kaynağı ve CIE renk karşılıklarına ya da bunların lineer bir kombinasyonuna yakın üç filtreden oluşan bir dedektör içerir. Kolorimetreler, güvenilirliği ve tekrarlanabilirliği yüksek sonuçlar vermesiyle bilinir ve renk farkı ölçümlerinde doğruluğu kanıtlanmıştır.(121) Kolorimetrede; Munsell renk sistemindeki 3 niteliğe karşılık shade, value ve hue terimleri kullanılır. Renk çarkında shade; x ekseninde, value; y ekseninde, hue ise z ekseninde bulunur.

Diş hekimliğinde, dişlerin, restoratif materyallerin ve yumuşak dokuların rengini ölçmek için kolorimetreler yaygın olarak kullanılmaktadır.(148) Bu cihazların en önemli avantajları arasında kullanım kolaylığı ve benzer renkler arasındaki küçük farkları tespit etmedeki hassasiyetleri bulunmaktadır.(149) Kolorimetreler, düz yüzeyler için tasarlanmış olsa da diş yüzeylerinin genellikle düz olmaması ve yüzey anomalilerine sahip olabilmesi, renk ölçümlerinde hatalara neden olabilir. Dişlerin yarı saydam yapısı da ışığın kenarlarda kaybolmasına ve yanlış renk değerlerinin elde edilmesine yol açabilir. Ayrıca, farklı kolorimetre cihazları arasında sonuçların tutarlılığı zayıf olabilir.(150)

Kolorimetreler, dişlerin renklenmeleri, çürükler ve cihazın pozisyonu gibi faktörlerden etkilenebilir.⁽¹²⁵⁾ Buna rağmen, renk farkı ölçümlerinde güvenilir ve doğru sonuçlar sağladığı gösterilmiştir.⁽¹²³⁾ Spektrofotometrelere kıyasla daha ekonomik olmalarına rağmen, renk skalalarına göre daha pahalıdırlar.

Sonuç olarak, kolorimetreler, diş hekimliği alanında renk ölçümleri için sıkça tercih edilen cihazlardır. Bununla birlikte, dişlerin yarı saydam yapısı ve yüzey pürüzlülüğü nedeniyle spektoradyometreler gibi alternatif cihazlarla birlikte kullanılması, daha kesin sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir.

2.4.6. Spektoradyometre

Spektoradyometreler, ışık kaynaklarının spektral güç dağılımlarını ölçen, dört ana bileşenden (okuyucu, dedektör, monokromatör ve toplayıcı optikler) oluşan cihazlardır.⁽¹²⁵⁾ Bu cihazlar, görünür spektrum boyunca nesnelerden yayılan veya yansıyan radyometrik büyüklükleri, yani ışınım şiddeti ve parlaklık gibi değerleri ölçer.⁽¹²¹⁾ Yansıma değerlerinin bu farklılığı nesnenin renk, parlaklık, görünüş ve doku gibi birçok özelliklerinden kaynaklanmaktadır.⁽¹²⁷⁾ Elde edilen radyometrik değerler, renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELAB ve CIECLH) dönüştürülebilir.⁽¹⁵¹⁾ Spektoradyometreler, sabit ışık kaynaklarına sahip olmayan ve temas gerektirmeyen ölçüm cihazlarıdır. Bu yönleriyle, sabit ışık kaynaklarına sahip olan spektrofotometrelerden ayrılırlar.

Diş hekimliğinde, spektoradyometreler, dişlerin yüzey yapılarının düz olmaması ve translusent yapıları nedeniyle renk ölçümünde diğer cihazlara göre daha fazla tercih edilir. Temassız ölçüm yapabilmeleri, özellikle yarı saydam diş materyallerinde kenar kaybı etkisini ortadan kaldırarak daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar.⁽¹⁵²⁾ Ancak nispeten yüksek maliyetli oluşu ve ölçüm için dikkatli aydınlatma veya izleme koşulları gerektirme ihtiyaçları dezavantajlarındandır. Diş hekimliği dışında, adli tıpta da spektoradyometreler diş rengine dayalı yaş tespitinde kullanılmaktadır.⁽¹²⁵⁾

2.4.7. Dijital Kameralar ve Görüntüleme Cihazları

Dijital görüntüleme, temassız renk ölçüm yöntemlerinden biri olup, diş hekimliğinde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Tipik bir diş görüntüleme sistemi, bir dijital kamera ve bir ışık kaynağından oluşur. Dijital kameralar, sahneyi ışık algılayıcı bir

materyal üzerine kaydeder ve her piksel için kırmızı, yeşil ve mavi değerleri ile temsil edilir.(153) Dijital görüntüleme sistemleri, doğrudan renk ölçüm cihazı olmasa da, teknisyenle renk konusunda iletişim için kullanılabilir.⁽¹²⁵⁾ Temassız ölçüm yapması, tüm diş yüzeyini değerlendirme ve saydamlık ile yüzey eğriliğinden kaynaklanan sistematik hatayı en aza indirme yeteneği avantajları arasında sayılabilir.(154) Ayrıca, daha sonraki bir tarihte analiz edilebilecek kalıcı bir görüntü veri tabanı sağlar ve hızlı, basit bir eğitimle klinisyen müdahalesi olmadan da incelenebilir.(155)

Dijital görüntüleme, doğru nesne-kamera mesafesi, uygun kamera ayarları ve aydınlatma ile kullanıldığında diş hekimliğinde kolorimetrelerin yerine alternatif olarak kullanılabilir. Dijital görüntüleme, temassız renk ölçümü yapabilme, sistematik hataları en aza indirme ve veri saklama gibi avantajlara sahiptir. Ancak aydınlatma ve görüntüleme koşulları önemlidir, çünkü metamerizm riski vardır.(153,156)

2.5.Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Restoratif materyallerin in-vitro şartlarda yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için optik ve taramalı elektron mikroskobu(TEM), kontakt profilometre, lazer temassız profilometre ve atomik kuvvet mikroskobu gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir.(157,158) Bu değerlendirme metodlarından tek bir yönteme güvenmek yeterli olmayabilir. Bir yöntemle elde edilen bulguların diğeriyle karşılaştırılması daha doğru sonuçlara götürebileceği rapor edilmiştir. Bunlar; taramalı elektron mikroskobu gibi kalitatif (nitel) ve yüzey profili analizi (Profilometre) gibi kantitatif (sayısal) metodları kapsamaktadır. Bunların yanı sıra daha yeni bir teknik olan Atomik kuvvet mikroskobu (AKM) ile de yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmaktadır.(159)

2.5.1 Profilometreler

Profilometreler mekanik, optik ve lazer profilometri olmak üzere üç farklı tipte üretilmişlerdir. Her üç metod da benzer pürüzlülük parametreleri kullanarak kantitatif ölçümler yapmaktadır.(158)

Optik Profilometreler

Optik profilometreler, yüzeyin topografik yapısını üç boyutlu olarak inceleyen ve optik ışınlar kullanarak temas gerektirmeden çalışan cihazlardır.(160) Bu cihazlar,

yüzey ile belirlenen referans noktaları arasındaki mesafeyi hassas bir şekilde ölçer.(161) Optik profilometreler, yüzeyin doğal karakterini ve yapısal özelliklerini yüksek çözünürlükle ortaya koyar. Yüzeyden yansıyan ışınlar, speküler yansıma olarak bilinen düzlem dalgalarını oluşturur ve yüzeydeki yükseklik farklarına bağlı olarak ışığın farklı yönler dağılmasıyla lokal faz kaymaları meydana gelir. Bu sebeple, optik profilometreler pürüzsüz yüzeylerde daha yüksek hassasiyetle çalışır, çünkü fazla pürüzlü yüzeylerde ışık daha fazla dağılma eğiliminde olur.(162)

Cihazın optik bileşenleri, 100 μm^2 'lik bir alan üzerinde birkaç nanometrelik çözünürlük sağlayabilir, bu da son derece hassas yüzey ölçümleri yapılmasına olanak tanır.(163) Mekanik temasa dayalı sensörlere kıyasla, optik sensörler genellikle daha yüksek pürüzlülük değerleri gösterse de, özellikle R_a değerleri bakımından benzer sonuçlar sunar. Optik profilometreler, diş hekimliğinde dolgu materyalleri, diş yüzeylerinin aşınması ve pürüzlülüğü gibi incelemelerde, yüzey yapısını üç boyutlu olarak incelemek için kullanışlıdır. Bu cihazlar, özellikle yüzey kalitesinin önemli olduğu uygulamalarda yüksek çözünürlük ve doğruluk sağlar.

Mekanik (Kontak uçlu) profilometreler

Mekanik profilometreler, diş hekimliği ve malzeme bilimi alanlarında yaygın olarak kullanılan iki boyutlu ölçüm cihazlarıdır.(164–166) Bu cihazlar, yüzeyi elmas uçlu bir sensör yardımıyla tarayarak yüzeyin pürüzlülüğünü ve topografik özelliklerini incelerler. Profilometrelerin çalışma prensibi, elmas ucun yüzey üzerinde belirli bir hızda hareket etmesi ve bu sırada yüzeydeki yükseklik farklarını kaydetmesidir. Bu hareket sırasında oluşan vertikal değişiklikler, elektriksel sinyallere dönüştürülerek sayısal veya grafiksel veriler elde edilir.(167)

Mekanik profilometreler, yüzeyi yatay olarak tararken X eksenini boyunca sensör hareket eder ve dikey eksenindeki yükseklik farklarını ölçer. Çalışılan yüzeyin paralelliği ve sensörün doğru hizalanması, ölçüm doğruluğu için kritik öneme sahiptir. Elmas uçların çözünürlüğü genellikle 20-50 μm aralığında değişir ve yüzeydeki olukların ölçüm sonuçlarını etkilememesi için çeşitli açılarla ölçümler yapılması gerekebilir.(162) Bu cihazlar hem dijital hem de analog yazılım ve donanımlarla çalışabilir.(168)

Mekanik profilometrelerde çeşitli pürüzlülük parametreleri kullanılır. Ra (pürüzlülüğün aritmetik ortalaması), belirli bir mesafedeki yüzey düzensizliklerinin ortalamasını ifade eder ve yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede yaygın olarak kullanılır. Rz, ardışık beş tepe ve vadi arasındaki yükseklik farklarının ortalamasıdır, Rpm ise ardışık beş ana derinlik seviyesini tanımlar ve yüzeyin profil şekli hakkında bilgi verir. Rmax ise belirli bir mesafede en yüksek ve en düşük noktalar arasındaki mesafeyi gösterir.(167) Rpm/Rz oranı, 0,5'ten küçük olduğunda yüzeyin daha yuvarlak kenarlı olduğunu, 0,5'ten büyük olduğunda ise daha keskin kenarlı olduğunu belirtir.(169)

Sonuç olarak, mekanik profilometreler, yüzey pürüzlülüğünü ve topografik özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyebilen, diş hekimliği gibi hassas ölçüm gerektiren alanlarda sıkça kullanılan cihazlardır. Ra, Rz ve Rmax gibi parametrelerle yüzeyin genel yapısı, pürüzlülük derecesi ve profil yapısı hakkında değerli bilgiler sağlar.

Lazer Profilometreleri

Lazer profilometresi, mekanik profilometrelerin bazı dezavantajlarını ortadan kaldırarak, yüzeye temas etmeden hassas ölçümler yapma imkânı sunar. Bu yöntemde, genellikle yüzeye yaklaşık 100 µm çapında bir ışık spotu yönlendirilir. Yüzey taraması, lazer ışınının sapması veya beyaz ışık ile konfokal yöntem kullanılarak yapılır. Bu teknik, yüzey özelliklerini yüksek hassasiyetle ve temassız bir şekilde ölçmeye olanak tanır.(159,170) Lazer profilometreleri, özellikle diş hekimliğinde yüzey topografisinin üç boyutlu olarak incelenmesinde önemli bir rol oynar.

Lazer profilometre ile dişin sert dokularının topografisi tarandığında, yüzeyin rengi ve şeffaflığı sonuçları etkileyebilir.(171) Yüzey pürüzlülüğü genellikle Ra değeri ile ölçülür.(172) Ra, yüzeyin pürüzlülüğünü merkez çizgisinden dikey sapmalara dayalı olarak tanımlayan bir genlik parametresidir ve yüzey kalitesini karakterize eder.(173) Bollen ve arkadaşlarının çalışmalarına göre, plak birikimi için kritik yüzey pürüzlülüğü değeri 0,2 µm'dir.(174) Bu değer, plak birikiminin başladığı eşik olarak kabul edilirken, 0,2 µm'den düşük Ra değerlerinin bakteri adezyonunu azaltmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, Park ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, yaklaşık

0,15 μm Ra değerlerinde karyojenik streptokokların adezyonunun azaldığı gözlenmiştir.(175)

Jones ve arkadaşları, 0,25 ile 0,50 μm arasındaki pürüzlülük değerlerinin dil tarafından algılanabileceğini ve bu durumun hasta rahatsızlığına yol açabileceğini belirtmiştir. (176) Bu, lazer profilometrelerin diş restorasyonlarında ideal pürüzlülük seviyelerini belirlemekte önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Pürüzsüz bir yüzey sağlanması, hasta konforu ve bakteri adezyonunu minimize etme açısından kritik öneme sahiptir. Lazer profilometreleri, diş yüzeylerinin detaylı bir şekilde incelenmesinde ve restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde büyük avantajlar sunar. Temassız yapısı sayesinde yüzeye zarar vermeden yüksek hassasiyetli ölçümler yapar ve diş hekimliğinde restorasyonların etkinliğini değerlendirme sürecinde önemli bir araç haline gelir.

2.5.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AKM)

Atomik Kuvvet Mikroskobu (AKM), diş hekimliği araştırmalarında yüzeylerin nanometre düzeyinde incelenmesini sağlayan bir cihazdır.(160) AKM, yüksek çözünürlükle yüzey profilleri ve yapıların topografisini elde etmek için kullanılır. AKM'nin temel prensibi, keskin bir uca sahip bir probun yüzeye temas etmesi veya çok yakından geçmesiyle yüzey morfolojisini incelemektir.(177) Bu teknik, yüzeydeki atomik kuvvetleri algılayarak detaylı bir yüzey haritası oluşturur. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AKM) yöntemi yalıtkan yapıdaki numunelerin özelliklerini bozmaksızın incelenmesini sağlayan tek yöntemdir. AKM'nin sıvı da çalışabilmesi biyolojik dokuların kendi ortamlarında incelenmesine imkan sağlar.(178) AKM yaklaşımında, elde edilebilecek en iyi çözünürlük moleküler ölçeğe ulaşabilirken, asıl mesele çözünürlük ve kapsam arasındaki dengedir; ikincisi tarama boyutu olan yüzeydir(S). Aslında, optik ve elektron mikroskobundan farklı olarak, AKM görüntüleri ölçülen miktarın (dirsek sapma veya salınım genliği) ayrı uzamsal konumlarda nokta nokta seri olarak örneklendiği dijital haritalardır. Geri besleme yanıt süresi (tipik olarak 4 ve 40 $\mu\text{m/s}$ arasında) nedeniyle tarama hızı nispeten düşük olduğundan, genel görüntü elde etme süresini kabul edilebilir değerlerde (tipik olarak 2 ila 40 $\mu\text{m/s}$ arasında) tutmak için sınırlı sayıda veri noktası ayarlanır. Bu nedenle, belirli bir S değerinin ayarlanması, elde edilebilir çözünürlüğün alt sınırını $S/\sqrt{N}$ değerine ayarlamak anlamına gelir; burada N, elde edilen veri noktalarının (yani

görüntü piksellerinin) sayısıdır. $S/\sqrt{N}$ piksel doğrusal boyutundan daha küçük ayrıntılar, uzaysal frekans alanında düşük geçişlidir ve dikkate alınan konumda ölçülen değerin ortalaması alınır.(179)

AKM, diş minesindeki erozyonu değerlendirmek için kullanılmış; mine demineralizasyonunun erken safhalarını ölçmek için uygun bir araç olduğunu kanıtlamıştır.(180) Ayrıca bu yöntemle diş yüzeyinden artık kompozit rezin parçalarının uzaklaştırılması sonrası mine yüzey pürüzlülüğü başarılı bir şekilde incelenmiştir.(171) Yüzey morfolojisini, pürüzlülüğünü ve nanometrik düzeydeki değişiklikleri hassas bir şekilde incelemesi, diş hekimliği araştırmalarında AFM'nin vazgeçilmez bir araç haline gelmesini sağlamıştır.

2.5.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskopu diş hekimliği araştırmalarında sıkça kullanılan bir cihazdır ve yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için elektron ışınlarını kullanarak yüzeylerin mikroskobik yapısını inceleme imkânı sunar. Nanometreden(nm) mikrometreye (μm) kadar olan ölçekte organik ve inorganik malzemelerin analizinde kullanılan bir yöntemdir.(181) SEM, özellikle diş ve restoratif malzemelerin yüzey özelliklerini, mikro yapısını ve morfolojisini detaylı bir şekilde analiz etmek için kullanılır. Diş hekimliğinde SEM kullanımı, diş çürükleri, erozyonlar, restoratif materyallerin aşınması, implant yüzeylerinin analizi ve biyomateriyallerin değerlendirilmesi gibi birçok alanda önemli bilgiler sağlar.

Taramalı elektron mikroskobu 300.000x'e ve hatta 1000.000'e ulaşan yüksek bir büyütmede çalışır. Taramalı elektron mikroskobu; yüksek enerjili elektronlar üreten bir kaynak, elektronları iki veya daha fazla elektromanyetik mercekten geçirmek için bir sütun, saptırma sistemi için tarama bobinleri, geri saçılan ve ikincil elektron için elektron detektörü, numune için bir oda ve taranan görüntüleri görüntülemek için görüntüleme ekranı ve klavyeden oluşur.(182) Taramalı elektron mikroskobu, bir yüzeyde oluşan çiziklerin ve defektlerin incelenmesini sağlayan en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak üç-boyutlu yüzey yapısını görüntüleyememesi, vakum veya örnekler için özel bir işlem (kaplama vb.) gerektirmesi gibi bazı sınırlamaları vardır.(160) Odak derinliği taramalı elektron mikroskobunu diğer mikroskoplardan üstün kılan en önemli özelliğidir. Gerek ayırım gücü gerek odak derinliği ve gerek görüntü ve analizi birleştirme özelliği taramalı elektron mikroskobunu araştırma ve

incelemelerde geniş ölçüde kullanılan bir yöntem haline getirmiştir. Ayrıca mikro işlemci ve bilgisayarların mikroskopla birlikte kullanılmalarının cihaza kullanım kolaylığı sağlamasıyla diğer yöntemlerle çok uzun sürebilecek ayrıntılı veri toplama ve istatistiksel değerlendirmeler otomatik olarak, çok kısa zamanda tamamlanabilir hale gelmiştir.(183)



3.GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu in vitro çalışmamızda; dişlerdeki renklenmelerin giderilmesi amacıyla kullanılan beyazlatıcı özellikli diş macunlarının dişlerin rengine ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul'u tarafından 19.07.2023 tarihli ve KAEK-574 karar no'lu onay alınarak başlanmıştır. Çalışmamızın tüm aşamaları Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında gerçekleştirilmiştir.

3.1.Çalışmada Kullanılan Materyaller

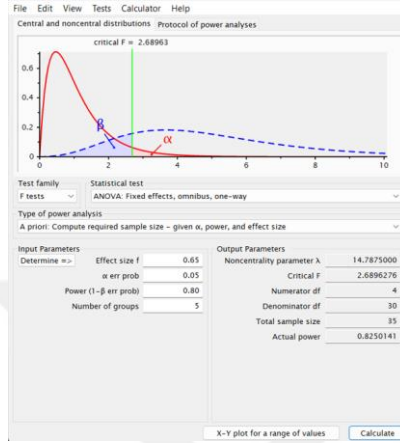
Çalışmamızda farklı beyazlatma mekanizmalarına sahip dört beyazlatıcı diş macunu (ROCS Sensation Whitening, Signal White Now Gold, Colgate Optic White Charcoal, Opalescence Whitening) ve kontrol grubu (distile su) olmak üzere beş grup vardır. Kullanılan diş macunlarının ayrıntıları Tablo 3.1 de gösterilmektedir.

Tablo 3.1.Çalışmada kullanılan diş macunları

BEYAZLATICI DİŞ MACUNU	FİRMA ADI	İÇERİK	BEYAZLATMA MEKANİZMASI
ROCS Sensation Whitening	EuroCosMed, Rusya	Sorbitol, silika, gliserin, su, ksilitol, kokamidopropil betain, aroma, ksantin sakızı, kalsiyum gliserofosfat, bromelain, magnezyum klorit, sodyum sakkarin, sodyum benzoat, titanyum dioksit	Bromelain (enzim)
Signal White Now Gold	Unilever Co., Fransa	Sorbitol, su, hidrate silika, sodyum lauril sülfat, selüloz sakızı, PEG-32, sodyum sakkarin, trisodyum fosfat, pvm/ma kopolimer, sodyum florid (1450 ppm), cl 74160	cl 74160 (mavi kovarin)
Colgate Optic White Charcoal	Colgate- Palmolive Company NY, ABD	Aqua, Sorbitol, Silika, PEG-12, Tetrapotasyum Pirofosfat, Sodyum Lauril Sülfat, Aroma, Potasyum Hidroksit, Selüloz sakızı, Fosforik asit, Kokamidopropil betain, Sodyum florür, Sodyum Sakkarin, Ksantan sakızı, Aktif kömür, Limonen, CI 77891.	Aktif kömür
Opalescence Whitening	Ultradent Products, Inc., ABD	Sodyum florid 0.25%, Gliserin, Su, Silika, Sorbitol ksilitol, Aroma, Polaksamer, Sodyum Lauril Sülfat, Karbomer, Sodyum Benzoat, Sodyum Hidroksit, Sükraloz, Ksantin sakızı	Abraziv partikül

3.2.Örnek Sayısının Belirlenmesi

Örnek sayısının belirlemek için Power analizi yapılmıştır (G* Power 3.1.9.7). Anlamlılık düzeyi 0.05, test gücü 0.80 ve etki büyüklüğü 0.65 olacak şekilde grup başına örnek sayısı 8 olmak üzere toplam 40 örnek olmasına karar verilmiştir. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Power analizi görüntüsü

3.3. Diş Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan dişler Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim dalına başvuran hastalardan periodontal nedenlerle çekilmiş, sağlam, çürüksüz, boyutları birbirine yakın 40 adet maksiller kesici dişler kullanıldı. Dişlerin üzerinde kalan doku artıkları periodontal küret ve polisaj lastiği ile uzaklaştırılıp, dişler %0,5 lik kloramin T solüsyonunda bekletildi. Tüm dişler su soğutması altında hassas kesme cihazı (Isomet Low-speed; Buehler, Illinois, ABD) kullanılarak mine-sement sınırından kron ve kök olmak üzere 2 parçaya ayrıldı.

Dişlerin kron kısımları bukkal yüzeyleri altta kalacak şekilde, 3 cm çapında silikon kalıp kullanılarak kendiliğinden sertleşen soğuk akriliğe gömüldü. (Şekil 3.3.a) Örneklerin yüzeylerinin cila işlemleri 600, 800, 1000, 2000 grit silisyum karbür kâğıtlar (Metkon, Bursa, Türkiye) ile minimum doku kaybına sebep olacak şekilde yapıldı. Diş örnekleri renklendirme işlemine geçmeden önce 24 saat boyunca distile su içerisinde bekletildi. (Şekil 3.3.b)



Şekil 3.3.a. Akriliğe gömülen diş örnekler **b.** Distile suda bekletilen örnekler

3.4. Örneklerin Renklendirilmesi

Distile sudan çıkarılan örnekler hava spreyi kullanılarak kurutuldu. Tüm örnekler, çözünebilir kahve (Nescafe Classic, Nestle, Vevey, İsviçre) (2 gr kahve/ 90°C 200 ml su) içeren solüsyonda 6 gün boyunca bekletildi. (Şekil 3.4) Solüsyonlar her gün yenilendi. Renklendirme sonrası örnekler kahve solüsyonundan çıkarıldı. Tüm örnekler kahve artıklarının giderilmesi amacıyla distile su ile yıkandı ve ilk ölçümler öncesi hava spreyi ile kurutuldu.



Şekil 3.4. Kahve solüsyonunda renklendirme

3.5. Örneklerin Fırçalama Prosedürü

Kullanılan beyazlatıcı özellikli diş macununa göre dişler rastgele beş gruba (n=8) ayrıldı. Kontrol grubundaki dişler distile su ile fırçalandı.

Fırçalama periyoduna başlamadan önce tüm dişlerin başlangıç yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümleri yapıldı. Fırçalama prosedürü standardizasyon sağlanabilmesi amacıyla fırçalama düzeneğiyle uygulanmıştır. Elektrikli diş fırçası (OralB Expert Precious Clean, P&G, ABD) (Şekil 3.5.a) düzeneğe yatay bir şekilde bağlanmış; fırça başının uyguladığı kuvvet düzeneğin altındaki bir vida yardımıyla kontrol edilen yaylarla ayarlanmış (Şekil 3.5.b) ve hassas terazi ile kontrol edilmiştir. (Şekil 3.5.c)



Şekil 3.5.a. Çalışmada kullanılan elektrikli diş fırçası **b.** Fırçalama düzeneği **c.** Hassas terazi ile uygulanan kuvvetin kontrolü

Diş macunları distile suyla ağırlıkça 1:2 oranında seyreltilerek her bir örnekte eşit uygulanmış ve fırçalama işlemi bu karışımın içinde yapılmıştır. Bu şekilde fırçalama süresince macunun örnekten uzaklaşmasının yaratacağı yanılginın önüne geçilmiştir.

Bir insanın günde iki kereden ikişer dakika dişini fırçaladığı kabul edildiğinde bir dişin tek yüzeyi için karşılık gelen fırçalama süresi ortalama 10 saniye olarak belirlenmiştir. ⁽¹²⁾ Bu hesaplamalar doğrultusunda 6 aylık bir fırçalama etkisini taklit etmek için elektrikli diş fırçasının bağlı olduğu bir fırçalama düzeneği ile 200 gram sabit basınçta toplam 30 dakika fırçalama yapılmıştır. ⁽¹⁸⁴⁾ Her fırçalama sonrası fırça başlığı ve piller değiştirilmiştir ve her 5 dakikada bir fırçalamaya ara verilmiş hassas terazide uygulanan kuvvet kontrol edilmiştir.

Çalışmada dört farklı diş macunu (ROCS Sensation Whitening, Signal White Now Gold, Colgate Optic White Charcoal, Opalescence Whitening) ve kontrol grubu olarak distile su olmak üzere beş grup vardır (Şekil 3.5.2.):



Şekil 3.5.2. Fırçalamada kullanılan distile su ve beyazlatıcı diş macunları

- Grup 1(Kontrol): Distile su (DS)
- Grup 2: ROCS Sensation Whitening (RSW)
- Grup 3: Signal White Now Gold (SWN)
- Grup 4: Colgate Optic White Charcoal (COW)
- Grup 5: Opalescence Whitening(OW)

Her fırçalama periyodundan sonra akan suyla yıkanan örnekler distile su dolu bir kaba yerleştirildi. Fırçalama periyodundan sonra renk ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri tekrarlanmıştır.

3.6.Renk Ölçümü

Tüm örneklerin renk analizi kahve ile renklendirme ve fırçalama işlemi bittikten sonra örneklerin dehidrate olmasını önlemek amacıyla, distile sudan çıkarıldıktan hemen sonra hava-su spreyiyle hafifçe kurutularak 2 dakikalık bir süre içerisinde yapıldı. Ölçümler VITA Easysshade Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) Spektrofotometre cihazı ile gerçekleştirildi. (Şekil 3.6) Spektrofotometre kendi kalibrasyon aletiyle kalibre edilerek dişlerin orta üçlüsünden ölçümler yapıldı.



Şekil 3.6. Spektrofotometre cihazı

Ölçümler aynı oda ve aynı ışık ortamında, beyaz bir zemin üzerinde gerçekleştirildi. Ölçümler sırasında her 5 örnekte cihaz yeniden kalibre edildi. Her bir örnek için $L0^*$, $a0^*$ ve $b0^*$ ve $L1^*$, $a1^*$ ve $b1^*$ değerleri kaydedildi. Elde edilen $\Delta E00$ değerleri algılanabilir eşik değeri ve kabul edilebilir eşik değeri ile karşılaştırılarak değerlendirildi. CIEDE2000 renk sistemi için Paravina ve ark.'nın çalışmalarında belirttiği algılanabilir eşik değeri ($\Delta E00= 0,8$) ve kabul edilebilir eşik değeri ($\Delta E00= 1,8$) referans alındı. (137)

3.7.Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Dişlerin yüzey pürüzlülüğü ölçümü için mekanik profilometre cihazı (Surftest SJ-201, Mitutoyo, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. (Şekil 3.7) Cihaz 100 mikron(μm) ölçüm menziline sahip NHT-6 tarayıcı iğneye sahiptir. Bu iğnede EN ISO 3274 standartlarına uygun 2 μm ve 60° transvers açıya sahip elmas uç bulunmaktadır. Başlangıçta ve her bir grubun ölçümünden önce cihaz kalibre edilmiştir. (λ_c : 0.8; λ_s :2.5) Dişlerin merkezinden olacak şekilde her örnekten üç ölçüm yapıp elde edilen verilerin (R_a , μm) ortalamaları alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değeri hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Profilometre cihazı

3.8.İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda renk ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri sonrası elde edilen verilerin SPSS 22.0 (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak istatistiksel analizler yapıldı. Verilerin normallik analizi Kolmogorov-Smirnov Testi ile yazılmıştır. Testlerin sonucunda normal dağılım gözlendi ve parametrik analiz yapılmasına karar verildi.

Farklı beyazlatıcı diş macunlarıyla fırçalamanın dişlerin renk ve pürüzlülük değişimlerine etkisini ve gruplar arasındaki istatistiksel farklarını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Tüm sonuçlar için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak belirlenmiştir.

4.BULGULAR

4.1.Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Tüm gruplarda fırçalama sonrası renk değişimleri Tablo 4.1.' de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Çalışma gruplarının $\Delta E00$ değerleri

	DS (Kontrol)	RSW	SWN	COW	OW
$\Delta E00$	$2,67 \pm 1,15^a$	$8,03 \pm 3,12^b$	$3,86 \pm 2,18^a$	$5,36 \pm 2,76^{ab}$	$3,78 \pm 1,51^a$

(Farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılığı ifade etmektedir. ($p < 0,05$))

(DS: Distile Su, RSW: ROCS Sensation Whitening, SWN: Signal White Now Gold, COW: Colgate Optic White Charcoal, OW: Opalescence Whitening)

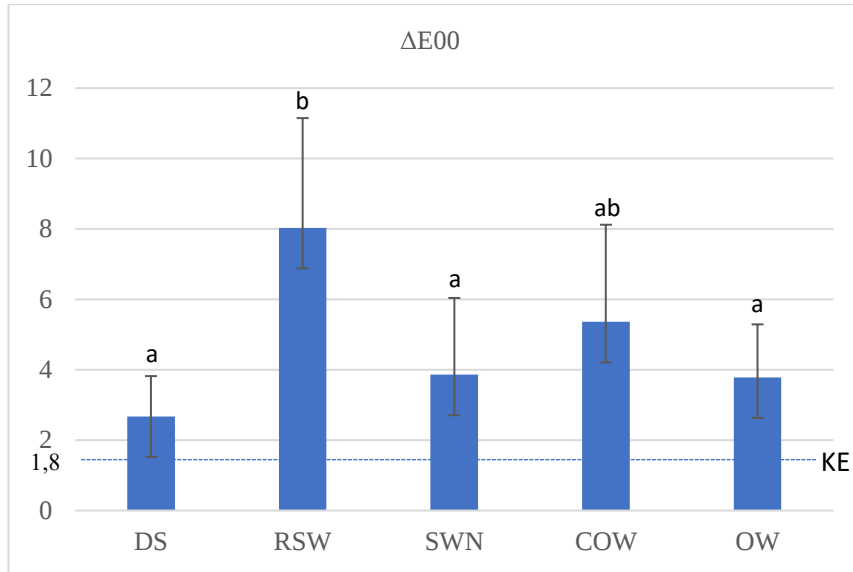
$\Delta E00$ değerleri, farklı gruplardaki renk değişimlerini gösterir. $\Delta E00$ değerinin 1,8'den büyük olması, renk değişiminin klinik olarak gözle farkedilebilir olduğunu gösterir.

Bromelain enzimi içeren RSW grubu ($8,03 \pm 3,12^b$) en yüksek $\Delta E00$ değerine sahiptir ve COW grubu ($5,36 \pm 2,76^{ab}$) onu takip etmiştir. İkisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. ($p > 0,05$)(Tablo 4.1)

Tüm gruplarda kabul edilebilir eşik değerin üstünde ($\Delta E00 = 1,8$) renk değişimi gözlenmiştir. En az renk değişimi sadece distile suyla fırçalama yapılan kontrol grubunda gözlenmiştir ($2,67 \pm 1,15^a$). Bu durum diş macunlarının dışında fırçalamanın da renk değişimi üzerinde etkisi olduğunun bir göstergesidir.

SWN ve OW gruplarındaki $\Delta E00$ değerleri, sırasıyla $3,86 \pm 2,18^a$ ve $3,78 \pm 1,51^a$ olarak verilmiştir. Bu gruplardaki renk değişimi kontrol grubundan daha fazla gözlenmiştir. Ancak aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. ($p > 0,05$)

ROCS Sensation Whitening ile fırçalanan grubun (Colgate Optic White Charcoal grubu hariç) diğer gruplara göre renklenmiş dişlerde istatistiksel olarak daha fazla rengin değişimine neden olduğu görülmektedir. ($p < 0,05$) Diğer gruplar arasında renk değişiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. ($p > 0,05$) (Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. Deney gruplarının renk değişimlerini gösteren sütun grafiği (Farklı harfler, gruplar arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$)) (KE: Kabul edilebilirlik eşik değeri)

4.2. Pürüzlülük Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

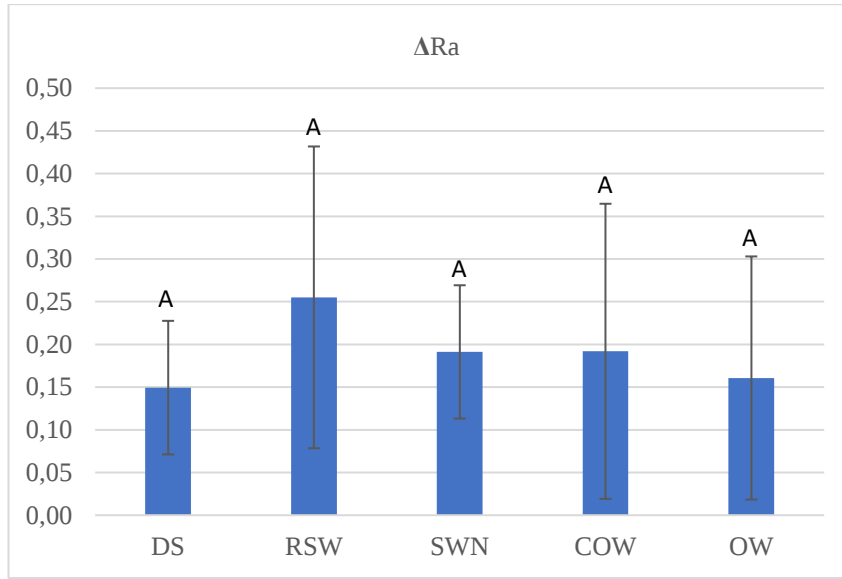
Fırçalama sonrası pürüzlülük değişimini ifade eden ΔRa değerleri Tablo 4.2.'de gösterilmektedir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde tüm gruplardaki pürüzlülük değişikliklerinin benzer olduğu görülmektedir. ($0,14 \pm 0,07$ ile $0,25 \pm 0,17$ arasında) İstatistiksel olarak bu gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur. ($p > 0,05$)

Tablo 4.2. Çalışma gruplarının ΔRa değerleri

	DS (Kontrol)	RSW	SWN	COW	OW
ΔRa	$0,14 \pm 0,07^A$	$0,25 \pm 0,17^A$	$0,19 \pm 0,07^A$	$0,19 \pm 0,17^A$	$0,16 \pm 0,14^A$

(Farklı harfler gruplar arasındaki istatistiksel farklılığı ifade etmektedir. ($p < 0,05$))

(DS: Distile Su, RSW: ROCS Sensation Whitening, SWN: Signal White Now Gold, COW: Colgate Optic White Charcoal, OW: Opalescence Whitening)



Şekil 4.2. Deney gruplarının pürüzlülük değişimlerini gösteren sütun grafiği (Farklı harfler, gruplar arasında istatistiksel fark olduğunu göstermektedir($p < 0,05$))

5.TARTIŞMA

Diş beyazlatma ürünlerinin etkinliğinin in-vitro yöntemlerle değerlendirilmesi, hem klinik uygulamalar açısından güvenilir sonuçlar elde etmek hem de bu ürünlerin güvenliğini ve etkinliğini önceden test etmek açısından büyük önem taşır. Diş hekimliğinde kullanılan beyazlatıcı ürünlerin diş minesine, dentine ve genel ağız sağlığına olan etkilerini belirlemek, hastaların diş sağlığını korurken istenilen estetik sonuçları elde edebilmek için önemli bir süreçtir. Literatürde, diş beyazlatma ürünlerinin etkilerini incelemek amacıyla çok sayıda in-vitro çalışma yapılmış olsa da güvenilir ve gerçeğe en yakın sonuçlar çekilmiş insan dişlerinin kullanımı ile elde edilmektedir.(3,185) Çalışmamızda da çekilmiş insan dişleri kullanılarak farklı diş beyazlatma ürünlerinin etkileri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Bu araştırma, beyazlatıcı diş macunlarında kullanılan farklı teknolojileri ve bu teknolojilerin dişler üzerindeki renk ve yüzey pürüzlülüğü değişimine etkilerini analiz etmeyi hedeflemiştir.

Beyazlatıcı diş macunları reçetesiz olarak kolayca temin edilebilir. Bir beyazlatıcı macunun içeriği hidratlı silika, kalsiyum karbonat gibi aşındırıcılardan perlit, peroksitler, aktif kömür, mavi kovanin, hidrojen peroksit ve mikro tanecikler gibi beyazlatıcı ajanlara kadar çeşitlilik gösterir. ⁽³⁾ İdeal olarak, beyazlatıcı diş macunları renklemeleri gidermeli ve diş rengini iyileştirmelidir. Ancak, çalışmalar (186–188) beyazlatıcı diş macunlarının minenin mineral içeriği üzerinde de zararlı etkileri olduğunu, bunun da yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olduğunu göstermiştir.

Diş macunlarında bulunan aşındırıcı maddelerin, diş yüzeyinde herhangi bir yapısal hasara veya aşınmaya neden olmadan etkin bir şekilde renklemeleri gidermesi ideal kabul edilmektedir. Bu aşındırıcılar, diş minesine zarar vermeksizin yüzeyde biriken dış kaynaklı pigmentasyonları uzaklaştırarak estetik açıdan arzu edilen bir temizlik sağlamalıdır. Lima ve ark., diş macunlarının neden olduğu mine aşınmasının rutin kullanım için önerilmeden önce değerlendirilmesi gerektiğini bildirmiştir ⁽⁸⁷⁾

Dişler, ağız ortamında sürekli olarak çeşitli yiyecek ve içeceklere maruz kalmakta olup, bu durum zamanla dişlerde renk değişikliklerine yol açabilmektedir. Bu renk değişiklikleri, hastaların estetik beklentilerini olumsuz etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, hastaların beyaz ve parlak dişlere sahip olma

isteği, diş renginde meydana gelen bu değişikliklerin daha belirgin hale gelmesine neden olmaktadır. Literatürde yapılan araştırmalara göre, dişlerin renk stabilitesini ve beyazlık derecesini değerlendirmek amacıyla en sık kullanılan renklendirme solüsyonları arasında kahve, çay, kırmızı şarap ve kola gibi yaygın tüketilen içecekler yer almaktadır.(189–191) Bu içecekler, yüksek pigment içerikleri ve asidik yapıları nedeniyle diş yüzeyinde birikim yaparak zamanla renk değişikliklerine sebep olabilmektedir. Bu tür solüsyonlarla yapılan in-vitro çalışmalar, dişlerin beyazlatıcı ürünlere ve diğer estetik tedavilere nasıl tepki verdiğini anlamak açısından oldukça önemlidir.(192) Çalışmamızda, günlük yaşamda oldukça sık tüketilen ve yaygın olarak dişlerde renk değişikliğine yol açtığı bilinen kahveyi renklendirici solüsyon olarak tercih ettik. Kahve, diş yüzeyinde meydana gelen adsorbsiyon ve absorbsiyon süreçleri sonucunda, özellikle sararma şeklinde belirgin bir renk değişimine sebep olmaktadır. Bu sararma, kahvenin içerdiği yoğun pigmentler ve asidik yapısının diş minesine etki etmesiyle ortaya çıkmaktadır. (193)

Renklendirici solüsyonların kullanımıyla ilgili, literatürde çeşitli yaklaşımlar bulunsa da bu solüsyonların sıcaklığı, materyallerin solüsyonlarda bekletilme süresi ve solüsyonların değiştirilme sıklığı gibi konulara dair standart bir uygulama prosedürü henüz oluşturulmamıştır. Bu durum, farklı araştırmacıların, deneylerinde farklı protokoller izlemesine neden olmakta ve sonuçlar arasında kıyaslama yapmayı zorlaştırmaktadır. Mevcut literatüre baktığımızda, renklendirici solüsyonun 37°C'de (vücut sıcaklığında) veya oda sıcaklığında kullanıldığı çalışmaların yanı sıra, kahve gibi yaygın tüketilen içeceklerin genellikle önerilen tüketim sıcaklıklarında da kullanıldığı çeşitli araştırmalar bulunmaktadır.(194,195) Bu farklı sıcaklık uygulamaları, renklenme sürecinin hızını ve şiddetini etkileyebileceğinden(192), çalışmamızda bu faktörleri göz önünde bulundurarak ve standardizasyon sağlayarak deney prosedürümüzü oluşturduk. Bu sayede, elde edilen verilerin diş beyazlatma ürünlerinin etkinliği açısından daha doğru ve güvenilir olmasını hedefledik. Mevcut çalışmada örnekler oda sıcaklığındaki kahve solüsyonlarında bekletildi.

Literatürde, materyallerin renklendirici solüsyonlarda bekletilme süresi konusunda da çeşitli farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle, dişlerin renk stabilitesini araştıran bir çalışmada bu sürelerin ve prosedürlerin büyük ölçüde değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir.(192) Bu çeşitlilik, çalışmaların sonuçları arasında

kıyaslama yapılmasını zorlaştırmakta ve standart bir prosedür belirlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Bazı araştırmacılar, renklendirme süresini belirlerken günlük ortalama içecek tüketim miktarını temel almışlardır.(196,197) Örneğin, literatürde, ortalama günlük içecek alım miktarının yaklaşık 3,2 bardak olduğu ve bir bardak içeceğin tüketilme süresinin ortalama 15 dakika sürdüğü bildirilmiştir.(198) Bu hesaplamalara dayanarak, çalışmalarında kullanılan solüsyonlarda materyallerin 24 saat boyunca bekletilmesinin, yaklaşık olarak bir aylık gerçek içecek tüketimini simüle ettiği ifade edilmiştir.(199) Bu yaklaşım, diş yüzeyinde meydana gelen renk değişikliklerini gerçekçi bir şekilde modelleyebilmemiz açısından önemlidir. Dolayısıyla, çalışmamızda da bu tür simülasyonların doğruluğunu ve klinik anlamda geçerliliğini sağlayabilmek adına benzer bir protokol izlenmiştir. Kahve ile renklendirme yaptıkları çalışmalarında 8 yıllık klinik yaşlanmayı taklit edebilmek için 99 gün örnekleri solüsyonda bekleten Ardu ve ark. (197) ve farklı kompozit rezin restoratif materyalin farklı içeceklere maruz bırakıldıktan sonra renk değişimini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada Ertaş ve ark. (196), ortalama 1 günlük daldırmanın 1 aylık kliniği taklit ettiğini söylemişlerdir. Benzer şekilde Hafez ve ark.'da (200) yaptıkları çalışmada 24 saatlik kahvede bekletme süresinin 1 aylık kahve kullanımını simüle ettiğini belirtmişlerdir. Biz çalışmamızda 6 aylık bir renklendirme simüle etmek için örnekleri 6 gün kahve solüsyonunda beklettik ve solüsyonu her gün yeniledik.

Çalışmamızda kullanacağımız diş macunlarının seçiminde, her bir etken madde grubunu temsilen birer ürün seçmeye özen gösterilmiştir. Seçim sürecinde, hekim tavsiyesi, marka bilinirliği, ürünlerin ulaşılabilirliği gibi çeşitli faktörleri dikkate alınmıştır. Kullanılan diş macunlarından bazıları, genellikle hekimler tarafından önerilen ve reçetesiz olarak eczanelerden temin edilebilen ürünlerdir. Diğer bir kısmı ise, marketlerde bile kolayca bulunabilmesi ve ekonomik olması nedeniyle hastaların ulaşılabilirliğinin daha yüksek olduğu ürünlerdir.

Bu çeşitlilikle geniş bir ürün yelpazesi seçilmesinin amacı, beyazlatıcı diş macunu kategorileri arasında değerlendirme yaparak, bu ürünlerin etkinliklerini kıyaslamak ve sonuçların daha önce yapılmış çalışmaların bulgularıyla karşılaştırarak literatüre katkı sağlamaktır. Böylece, farklı beyazlatıcı macun türlerinin etkinlikleri üzerinde daha

kapsamlı bir analiz yapılabilir ve bu alandaki bilimsel bilgi birikimine genel bir perspektif kazandırılabilir.

Diş fırçalama sırasında diş macunu tükürük tarafından seyreltilir. Bu durumu simüle etmek amacıyla, bu çalışmada diş macunu distile su ile seyreltilmiştir.(201,202) Yazkan ve ark.'da beyazlatıcı diş macunlarıyla yaptıkları çalışmada distile su kullanmışlardır.(203)

Addy ve ark. yaptıkları çalışmada fırçalama süresini, günde 2 kez ve 2 dakikalık fırçalama yapıldığını göz önüne alarak hesaplamışlardır. Bu bağlamda, ağızda toplam 28 diş olduğu dikkate alınarak, her bir dişe düşen fırçalama süresi günde yaklaşık 10 saniye olarak belirlenmiştir.(204) Bu yaklaşım doğrultusunda, örnekler iki aylık fırçalama süresine denk gelecek şekilde 10 dakika boyunca fırçalanmıştır. Biz çalışmamızda 6 aylık bir fırçalama simülasyonu hedeflediğimiz için fırçalama süresini 30 dakika olarak belirledik. Fırçalamaya tabi tutulan materyallerle ilgili bir çalışma, ISO standartlarına uygun olarak fırçalama testlerinde 0,5-2,5 N'luk bir yükün uygulanması gerektiği sonucuna varmıştır.(184) Bu hesaplamalar doğrultusunda çalışmamızda, 6 aylık bir fırçalama etkisini taklit etmek için elektrikli diş fırçasının (OralB Expert Precious Clean, P&G, ABD) bağlı olduğu bir fırçalama düzeneği ile 200 gram (1,96 N) sabit basınçta toplam 30 dakika fırçalama yapılmıştır. Her fırçalama sonrası fırça başlığı ve piller değiştirilmiştir ve her 5 dakikada bir fırçalamaya ara verilmiş hassas terazide uygulanan kuvvet kontrol edilmiştir. Fırçalama simülasyonu gruplar arasında standardize edilmiştir fakat hala çalışmamızın bazı sınırlamaları vardır. Ağız içi pH döngüsü ve tamponlama modellerinin kullanılmaması, karmaşık ağız ortamının tam olarak taklit edilememesi bu çalışmanın sınırlamalarıdır.

Bizim çalışmamıza da temel oluşturan ve Vaz ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, sıgır kesici dişleri üzerinde aktif kömür, mikro partiküller ve hidrojen peroksit (HP) içeren farklı beyazlatıcı diş macunlarının renklenme üzerindeki etkileri incelenmiştir. Vaz ve arkadaşları, aktif kömür içeren bir diş macununu değerlendiren ilk araştırmacılar olmuş ve çalışmalarında mikro partikül aşındırıcılar, hidrojen peroksit ve mavi kovanin içeren diş macunlarının beyazlatma etkinliğinin in vitro olarak daha üstün olduğunu göstermişlerdir.⁽³⁾ Çalışmamızdaki renk ölçümlerini değerlendirdiğimizde Rocs Sensation Whitening (bromelain) ile fırçalanan grup (Colgate Optic White Charcoal grubu hariç) diğer gruplara göre renklenmiş dişlerde

istatistiksel olarak daha fazla rengin değişimine neden olduğu görülmektedir. ($p < 0,05$) Diğer gruplar arasında renk değişiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. ($p > 0,05$) Bulgulardaki farklılığın sebepleri kullanılan diş örneklerinin (sığır ve insan) yapısal farklılığı yada kullanılan macunların farklılığından kaynaklanabilir.

Brooks ve arkadaşlarının yaptığı literatür taramasında⁽¹¹⁷⁾, incelenen kömür bazlı diş ürünlerinin %96'sının beyazlatma etkisi sunduğunu ifade edilmiştir. Aktif kömürün aşındırıcı özelliği, yüzey lekelerini fiziksel olarak çıkarabilse de diş minesi ve diş eti üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceği kaydedilmiştir. Aktif kömür içeren diş macunlarının beyazlatıcı etkisi, kömürün renk pigmentlerini ve kromoforları yüksek adsorpsiyon kapasitesine dayanmaktadır.⁽¹¹⁷⁾ Aktif kömürün yüksek gözenekliliği ve geniş yüzey alanı, diş yüzeyindeki lekeleri etkili bir şekilde temizleme yeteneğini artırmaktadır. Ancak, bu etkiler geçici nitelikte olup, kömür bazlı diş macunlarının uzun vadede güvenliği ve etkinliği ile ilgili daha fazla bilimsel çalışmaya ihtiyaç vardır. Güngör ve ark. yaptığı çalışmada her ne kadar beyazlatıcı etkiye sahip macunlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmese de aktif kömür içeren diş macununun en yüksek beyazlatma etkisine sahip olduğunu gözlemlemiştir.⁽⁸⁹⁾ Bizim yaptığımız çalışmada ise aktif kömür içeren Colgate Optic White Charcoal ile fırçalanan grupta diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu farklılığın nedeni, Güngör ve arkadaşlarının çalışmasında kahve solüsyonunda bekletme süresi ile fırçalama süresinin, bizim çalışmamızdan belirgin şekilde daha kısa tutulmuş olması olabilir. Ayrıca, bu çalışmada insan dişi yerine sığır dişi kullanılması, diş yapılarındaki farklılıklar nedeniyle sonuçların farklı çıkmasına yol açmış olabilir. Demir ve ark. da rezin kompozit örnekler ile yaptıkları çalışmada, çalışmamızın bulgularıyla uyumlu olarak kömür bazlı diş macunlarının diğer beyazlatıcı diş macunlarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir renk iyileştirmesi gözlemlemiştir.⁽²⁰⁵⁾ Bunun aksine yine aynı çalışmada kullanılan enzim içeren diş macunu grubu (R.O.C.S. Sensation Whitening), diğer gruplara kıyasla renk iyileştirilmesi açısından önemli bir üstünlük göstermemiştir. Beyazlatıcı diş macunlarının enzim bileşeni, diş renklenmenin ilk başladığı pelikül (biyolojik film) tabakasındaki organik molekülleri parçalayarak ve renklenmiş film tabakasını kaldırarak etki eder.⁽¹⁰⁶⁾ Bizim çalışmamızda diğer gruplarla arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan tek grup bromelain enzimi içeren ROCS Sensational

Whitening'dir. Her ne kadar geniş kapsamlı bir beyazlatıcı diş macunu karşılaştırması yapmış olsalar da kompozit örnek kullanmaları nedeniyle, bu çalışmanın bulgularını bizim çalışmamızdaki sonuçlarla kıyaslamak çok doğru olmayacaktır. Materyal farklılıkları, bulgular arasında anlamlı bir karşılaştırma yapılmasını sınırlamaktadır.

Patil ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada, farklı mekanizmalara sahip iki beyazlatıcı diş macununun (enzimatik ve aşındırıcı) etkinlikleri karşılaştırılmıştır.(206) Çalışmada, enzimatik beyazlatıcı diş macununun proteolitik enzimler olan papain ve bromelain içerdiği, aşındırıcı beyazlatıcı diş macununun ise temel olarak hidratlı silika içerdiği ifade edilmiştir. Bu araştırma, mevcut diş renklenmelerinin giderilmesi ve yeni renklenmelerin önlenmesi üzerine odaklanmıştır. Beyazlatıcı diş macunlarının etkinliği, lekelerin giderilmesi, lekelerin oluşumunun engellenmesi ve doğal leke birikiminin önlenmesi gibi faktörler doğrultusunda değerlendirilebilir. (207) Çalışmada, enzimatik ve aşındırıcı özelliklere sahip iki beyazlatıcı diş macununun, lekelerin giderilmesi ve leke birikiminin önlenmesi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Enzimatik beyazlatma etkisi proteolitik enzimler (papain ve bromelain) aracılığıyla sağlanırken, aşındırıcı beyazlatıcı etki hidratlı silika yoluyla elde edilmiştir.(207) Çalışma sonuçları, enzimatik diş macununun doğal lekelenmeleri aşındırıcı macuna göre daha etkili bir şekilde azalttığını göstermiştir, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Aşındırıcı etkili beyazlatıcı diş macunu, fırça kıllarının ulaşabildiği yüzeylerde dış lekeleri temizlemesine rağmen dişlerin rengini değiştirmemektedir. Bu durum, aşındırıcı maddelerin sadece diş fırçasının ulaşabildiği bölgelerde etkili olması nedeniyle, özellikle diş arası yüzeylerde, diş eti çizgisi yakınında, sıkışık ve çapraşık dişlerde etkisinin sınırlı olmasına yol açmaktadır.⁽¹⁰⁶⁾ Ayrıca, aşındırıcı diş macunlarının uzun süreli kullanımı, diş dokularında aşınmaya neden olabileceğinden, genellikle 4 haftadan uzun süre kullanılmaması önerilmektedir.(208,209) Mishra ve ark.'nın da yaptıkları bir çalışmada papain ve bromelain içeren diş macunu, kontrol grubuna göre daha iyi leke çıkarma ve renk stabilitesi göstermiştir.(210) Bizim çalışmamızda da RSW grubu(bromelain), OW(abraziv partikül) grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı daha fazla renk iyileşmesi göstermiştir.($p<0,05$) Papain ve bromelain enzimleri, pelikülü parçalayarak yüzey lekelerinin oluşmasını engellemektedir. Ayrıca, papain kimyasal bir debridman ajanı olarak kabul edilmekte ve ağız dokularıyla biyouyumlu olup, iyileşme sürecine yardımcı olarak anti-enflamatuar bir etki göstermektedir.(211)

Enzimatik beyazlatıcı diş macunları, fırça kıllarının ulaşmakta zorlandığı ara yüzeyler ve diş eti çizgisi gibi bölgelerde de etkili olabilmektedir.(212) Enzimatik diş macunları, dentinal hassasiyet gibi aşındırıcı etkili diş macunlarının kullanılmadığı durumlarda güvenli bir alternatif olarak önerilmektedir. Ayrıca, bu diş macunlarının mine ve dentin aşınması riski taşımaması da önemli bir avantajdır.(213)

Beyazlatıcı diş macunlarında mavi kovarın ve FD&C Blue No. 1 gibi diğer optik etkili pigmentlerin kullanımı, diş minesini üzerinde ince, yarı şeffaf mavi bir tabaka bırakarak dişlerdeki sarımsı renk değişikliği algısını değiştirir. Mavi, renk spektrumunda sarıya zıttır ve net rengi beyaza doğru kaydırarak daha beyaz ve daha parlak dişlerin görsel görünümünü yaratır.(214–216) Literatürde mavi kovarın içeren beyazlatıcı diş macunlarının sağladığı etkinlik konusunda hala tartışmalar vardır. Bergesch ve ark ve Tao ve ark yaptıkları klinik ve in vitro çalışmalarda tek bir diş fırçalamadan sonra anında beyazlatma etkisi olduğunu gözlemlemiştir.(217,218) Ancak Torres, ve ark.(219) Horn, ve ark.(220) tarafından yapılan çalışmalar bu bileşiklerin beyazlatma etkisi olmadığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda ise Signal White Now Gold grubunda renkte iyileşme gözlenmiş ama diğer gruplarla arasında istatistiksel anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. ($p>0,05$) Benzer şekilde Yılmaz ve ark. yaptıkları çalışmada, mavi kovarın ve hidratlı silika içeren Signal White Now beyazlatıcı diş macunu ile fırçalanmış örneklerde beyazlatma etkili olsa da diğer beyazlatıcı diş macunları ve beyazlatıcı olmayan diş macunu ile fırçalanan gruplar arasında önemli bir fark görülmemiştir. (199)

Üstünde durulması gereken bir nokta da fırçalamanın renk değişimi üzerine etkisidir. Çalışmamızın bulgularında sadece distile suyla fırçalanan kontrol grubunda da renk değişimi olduğu; hatta DS grubunda SWN ve OW gruplarıyla istatistiksel olarak benzer bir renk iyileşmesi görüldüğü gözlemlenmektedir. ($p>0,05$)

Tüm bunların ışığında ‘Farklı beyazlatıcı özelliklere sahip diş macunları diş yüzeyinde oluşan renklenmelerin giderilmesinde etkili değildir’ şeklindeki birinci sıfır hipotez reddedilmiştir. Çünkü RSW diş macununun, diğer gruplara göre renklenmiş dişlerde çok daha fazla renk değişikliği sağladığı açıktır. Bu da beyazlatıcı diş macunlarının renklenmeleri giderme konusunda etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü, beyazlatıcı diş macunlarının istenmeyen etkisini göstermek için kullanılabilecek, diş yapısındaki mineral içeriğinin kaybı veya kazancının önemli

göstergeleridir. Literatürde birçok çalışma minenin yüzey pürüzlülüğünde artış olduğunu bildirmiştir. (186–188) Ancak Alpan ve ark.'nın (221) çalışmasında incelenen 6 beyazlatıcı diş macunu arasında iki beyazlatıcı diş macunu, yani Splat Special Blackwood ve Colgate Optic White, mine pürüzlülüğünü azaltmıştır. Shamel ve ark. (185) tarafından yapılan çalışma da mavi kovarin içeren beyazlatıcı diş macunlarının diğer beyazlatıcı diş macunlarına kıyasla daha az yüzey pürüzlülüğü oluşturduğunu göstermiştir.

Pürüzlü bir mine yüzeyi, pigmentlerin emilimine daha uygun bir yüzey oluşturduğundan bu yüzeylerde daha çok dışsal renklenmeye rastlanmaktadır.(162) Palandi ve ark. aktif kömür içeren diş macunlarının diş minesinin yüzey pürüzlülüğünü artırdığını bildirmişlerdir.(222)Bu çalışmada ise aktif kömür içeren Colgate Optic White Charcoal ile fırçalanen grupta yüzey pürüzlülüğünde artış görülmekle birlikte diğer macunlarla fırçalanen gruplardan istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Yüzey pürüzlülüğü, beyazlatıcı diş macunlarının diş yapısında neden olabileceği mineral kaybının önemli bir göstergesidir. Literatürde birçok çalışma, beyazlatıcı diş macunlarının mine yüzeyinde pürüzlülük artışına yol açtığını bildirmiştir.(186,188) Ancak, Alpan ve arkadaşlarının çalışmasında Splat Special Blackwood ve Colgate Optic White gibi bazı beyazlatıcı diş macunlarının mine pürüzlülüğünü azalttığı belirlenmiştir.(221)

Jamwal ve arkadaşlarının (223) çalışmalarında ise 5 macun grubu arasından sadece Colgate Charcoal Clean grubunun Ra değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiş, Diğer beyazlatıcı macun gruplarında anlamlı bir fark görülmemiştir. Bizim çalışmamızda ise aktif kömür içeren Colgate Optic White Charcoal ile fırçalanen grupta yüzey pürüzlülüğünde artış görülmekle birlikte diğer macunlarla fırçalanen gruplardan istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Palandi ve ark. (222) aktif kömür içeren diş macunlarının diş minesinin yüzey pürüzlülüğünü artırdığını bildirmişlerdir. Vural ve ark. (224) insan minesinin rengi, yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliği üzerine yaptıkları çalışmalarında üç farklı kömür bazlı beyazlatıcı macunu karşılaştırmış ve iki grupta yüzey pürüzlülüğünün istatistiksel olarak arttığını gözlemlemişlerdir. Palandi ve arkadaşları çalışmalarında sığır dişi kullanmıştır. Vural ve arkadaşlarının çalışmalarında ise 3 aylık bir fırçalama

simülasyonu yapılmıştır. Farklı bulguların sebebi deney prosedüründeki bu farklılıklar olabilir.

Roselino ve ark.(225) 90 gün boyunca beyazlatıcı diş macunlarıyla fırçalamanın klinik olarak değerlendirilmesini yapmıştır. Sonuçlar bu ürünlerin diş minesinin yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir artış sağlamadığını göstermiştir.

Beyazlatıcı diş macunundaki beyazlatıcı maddenin içeriği ve türünün mine yüzeyinin pürüzlülüğüne etkisine ek olarak diş fırçalama simülasyonu, uygulama süresi ve sıklığı da sonuçları etkileyebilir. Bunun en büyük kanıtı sadece distile su ile fırçalama yapılan kontrol grubunda da diğer gruplarla istatistiksel olarak benzer bir pürüzlülük artışı görülmesidir. ($p>0,05$) Yaptığımız çalışmada distile su grubu da dahil olmak üzere tüm gruplarda pürüzlülükte istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edilmemiştir. ($p>0,05$) Bu yüzden ikinci sıfır hipotezimiz kabul edilmiştir.

Bu çalışmada renk ölçümleri D65 aydınlatma standartları ve ölçüm öncesi cihaz kalibrasyonuna dikkat edilerek yapıldı. D65 ışık kaynağı yaygın olarak kabul gören bir standarttır. International Commission on Illumination Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE), D tipi aydınlatıcıları (D65 ve D50) aydınlatma amacıyla en sık kullanılan ışık kaynakları olarak tanımlamıştır. D65 tipi aydınlatıcılar 6500° K renk ısısına sahiptir ve yaklaşık olarak bulutlu fakat açık bir günde öğle vakti doğal gün ışığına yakındır.⁽²²⁶⁾ Güler ve ark. da farklı içeceklerin kompozit rezinlerin renk stabilitelerine etkilerini inceledikleri çalışmada D65 aydınlatma şartlarında yaptıklarını belirtmişlerdir. ⁽²²⁷⁾

Diş dokularıyla ilgili yapılan renk analizlerinde, dehidratasyondan kaçınmak en kritik ve zorlu konuların başında gelmektedir. Diş dokuları dehidratasyon sırasında önemli miktarda su kaybeder ve bu süreçte mine prizmaları arasındaki boşluklar su yerine hava ile dolmaktadır. Bu durum, dental dokuların optik özelliklerini değiştirerek, value (parlaklık) değerlerinin yükselmesine ve dişlerin daha opak ve beyaz görünmesine yol açar. Ruiz-Lopez ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, 2 dakikalık bir dehidratasyon süresinden sonra istatistiksel olarak anlamlı ve algılanabilir düzeyde dehidratasyon meydana geldiği, 4 dakikalık sürenin ardından ise bu renk değişikliğinin klinik olarak gözle görülür bir seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir.⁽²²⁸⁾ Suliman ve arkadaşlarının çalışmasında ise, dehidratasyon kaynaklı renk değişikliğinin yalnızca 1

dakika içinde başladığı, ancak bu süreç kısa süre içinde sonlandırılırsa rehidrasyonun 15 dakika içerisinde tam anlamıyla gerçekleşebileceği bildirilmiştir.⁽²²⁹⁾ Buna karşılık, Hatırlı ve ark.'nın yaptığı bir başka çalışmada, dehidratasyon süresinin 30 dakikayı aşması durumunda tam rehidrasyonun 24 saat gibi uzun bir süreyi bulabileceği ifade edilmiştir.⁽²³⁰⁾ Bu bulgular ışığında, çalışmamızda diş dokularında dehidratasyonun önüne geçebilmek için, tüm renk ölçümleri sırasında büyük bir özen gösterilmiş ve bu konuda gerekli önlemler alınmıştır. Dehidratasyonun önlenmesi, doğru ve güvenilir renk analizleri için en önemli adımlardan biridir ve bu hassasiyet çalışmamızın sonuçlarına doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu sebeple ölçümlemizi yaparken ilk olarak renk ölçümü sonrasında pürüzlülük ölçümü yapılmıştır.

Beyaz zemin, ışığı tüm dalga boylarında maksimum düzeyde yansıtır. Bu yansıtma, ölçülen rengin tam olarak görünmesini ve doğru bir şekilde analiz edilmesini sağlar. Böylece daha standart, güvenilir ve tekrarlanabilir ölçüm sonuçları elde edilir. Marufu ve ark.⁽²³¹⁾ ile Güler ve ark.⁽²²⁷⁾ rezin kompozitlerin renk stabilitelerini araştırdıkları çalışmalarında renk ölçümünde beyaz zemin kullanılmasını önermişlerdir. Biz de çalışmamızda örneklerin renk ölçümünü beyaz renkli zemin üzerinde yaptık.

Araştırmamızda renk ölçüm işlemleri, nesnel bir ölçüm yapabilmek için bir VITA Easyshade spektrofotometresi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bir dizi çalışma, VITAEasyshade'in diş tonu ve renk ölçümü için mükemmel tekrarlanabilirliğe sahip olduğunu göstermiştir. (232–234) Örneğin, VITAEasyshade'in ticari ton kılavuzlarını ölçme yeteneğini ölçen bir çalışmada, cihazın güvenilirliği ve doğruluğu sırasıyla %96,4 ve %92,6 olarak bulunmuştur.⁽²³⁵⁾ İn vitro bir çalışma yaptığımız için de in vivo ölçüm sırasında optik lensin buğulanması veya temas kaynaklı hasta rahatsızlığı gibi dezavantajları çalışmamızı etkilememiştir.⁽¹⁴⁶⁾

Literatür taraması yapıldığında, dental materyallerin renklendirici solüsyonlarda bekletilmesi sonrası renk değişimlerinin değerlendirilmesinde genellikle CIELab formülasyonundan yararlanıldığı gözlenmektedir. Ancak Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE, Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından, tüm değişkenlerin eşit değerlendirildiği CIELab (ΔE^*_{ab}) sistemindeki eksiklikleri gidermek için gözün algısını daha baskın biçimde etkileyen faktörlerde modifikasyonlara gidilerek, kabul edilebilir ve algılanabilir renk değişimini daha uygun ve doğru biçimde saptayabilmek amacıyla CIEDE2000 formülü

geliştirilmiştir.(236) Çalışmalarda da bu güncel renk formülünün (CIEDE2000), renk değişimlerinin değerlendirilmesinde algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik noktasında CIELab formülünden daha iyi bir uyum sağladığı kanıtlanmıştır(137,237) Paravina ve arkadaşlarının 2015 yılında yürüttükleri çalışmada, algılanabilirlik eşik değeri $\Delta E_{00} = 0.8$, kabul edilebilirlik eşik değeri ise $\Delta E_{00} = 1.8$ olarak bildirilmiştir. Yürüttüğümüz çalışmada da, daha güncel ve güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla, Paravina ve arkadaşlarının belirlediği bu eşik değerler esas alınarak renk değişimleri CIEDE2000 formülüyle tespit edilmiştir.(137)

Yüzey pürüzlülük değeri ile ilgili yapılan araştırmalar, diş yüzeylerinin pürüzlülüğünün hem bakteri plağı tutulumu hem de hasta konforu açısından önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır. Mormon ve arkadaşları(238,239) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, diş fırçalama ile yüzey pürüzlülüğü (Ra değeri) arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı bildirilmiştir. Bollen ve arkadaşları (174) tarafından yapılan başka bir çalışmada, yüzey pürüzlülüğü Ra değerinin $0,2 \mu\text{m}$ 'nin üzerinde olduğu durumlarda bakteri plağının bu yüzeylerde daha kolay tutulduğu ve plak birikiminin arttığı tespit edilmiştir. Çehreli ve arkadaşlarının (240) yaptığı çalışmada ise, yüzey pürüzlülüğünün hasta tarafından dil ile hissedilebilen seviyeye ulaşması için Ra değerinin $0,3 \mu\text{m}$ ve üzerinde olması gerektiği belirtilmiştir. Daha pürüzsüz ve parlak diş yüzeylerinin hem estetik açıdan hem de hasta konforu bakımından önemli olduğu ve bu tür yüzeylerin hastalar tarafından daha fazla tercih edildiği vurgulanmıştır. (165,166) Sasahara ve ark.(241) yaptığı bir başka çalışmada ise yüzey pürüzlülüğünün $0,7-1,4 \mu\text{m}$ arasında değişen Ra değerlerine sahip yüzeylerde plak birikim oranlarının karşılaştırıldığı ve bu aralıkta pürüzlülük gösteren yüzeyler arasında plak birikimi açısından anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgular, diş yüzeylerinin pürüzlülük düzeyinin bakteri plağı birikimi ve hasta memnuniyeti üzerindeki etkilerini anlamak açısından önem taşımaktadır.

Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için mekanik profilometre (Mitutoyo, SurfTest SJ-301, Japonya) tercih edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün analizinde, nicel yöntemler arasında mekanik (iki boyutlu) ve optik (üç boyutlu) profilometreler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, nitel değerlendirmeler için Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) gibi teknikler tercih edilebilmektedir.(229–231) Mekanik profilometrelerin en büyük avantajları arasında,

örneklerin herhangi bir ön hazırlık işlemine tabi tutulma gereksinimi olmadan doğrudan analiz edilebilmesi ve aynı örnekler üzerinde çoklu ölçümlerin tekrar edilebilir olması bulunmaktadır.(234)

Ortalama yüzey pürüzlülüğü değerini (Ra) rakamsal olarak vermesi, etkili ve doğru bir şekilde yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapabilmesi, istatistiksel analize elverişliliği, kullanım kolaylığı, ölçüm ekipmanlarının ucuz oluşu ve sık kullanılan, geleneksel yöntemlerden biri olması nedenleriyle çalışmamızda, yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla profilometre cihazı kullanılmıştır. Yüzey yapısının ve yüzey pürüzlülüğünün her bölgede eşit ve homojen olmayacağı düşünüldüğünden, her bir örneğin üç farklı bölgeden ölçüm yapılarak bu üç ölçümün ortalaması hesaplanmış; o örnek için tek bir pürüzlülük değeri elde edilmiştir.

6.SONUÇ

Bu in vitro çalışmada, dört farklı diş macununun kahve ile renklendirilmiş insan dişi minesinde zamanla yüzey pürüzlülüğünde distile suya kıyasla bir değişiklik yapmadığı sonucuna varılmıştır. Tüm diş macunları diş rengini iyileştirirken, bromelain içeren RSW grubu en yüksek etkiyi göstermiştir. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, bromelain içeren beyazlatıcı diş macunlarının hasta kullanımı için etkili bir seçenek olduğu sonucuna varılmıştır.



KAYNAKÇA

1. Oktay EK. Farklı vital beyazlatma sistemlerinin diş rengi üzerine etkilerinin klinik olarak karşılaştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006. 2006;
2. Türkün LŞ, Türkün M. Effect of Bleaching and Repolishing Procedures on Coffee and Tea Stain Removal from Three Anterior Composite Veneering Materials. J Esthet Restor Dent. Eylül 2004;16(5):290-301.
3. Vaz VTP, Jubilato DP, Oliveira MRM de, Bortolatto JF, Floros MC, Dantas AAR, vd. Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: which one is the most effective? Journal of Applied Oral Science. 2019;27:e20180051.
4. Demarco FF, Meireles SS, Masotti AS. Over-the-counter whitening agents: a concise review. Brazilian oral research. 2009;23:64-70.
5. Yalcin F, Gürkan S. Effect of two different bleaching regimens on the gloss of tooth colored restorative materials. Dental Materials. 2005;21(5):464-8.
6. Yıldırım DM. Estetik Restoratif Materyallerin Cila İşlemlerinden Sonra Yüzey Yapısının Sem İle İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2012;2012(3):277-86.
7. Manuel ST, Abhishek P, Kundabala M. Etiology of tooth discoloration-a review. Nigerian Dental Journal. 2010;18(2):56-63.
8. Alali J, Alanazi H, Alyousef HK, Alali OF, Alzwayyid SA. Teeth discoloration removal and management: a review. Int J Med Dev Ctries. 2020;4(7):1070-4.
9. Alazmah A. Primary Teeth Stains and Discoloration: A Review. Journal of Child Science. Ocak 2021;11(01):e20-7.
10. Dayan D, Heifferman A, Gorski M, Begleiter A. Tooth discoloration—extrinsic and intrinsic factors. Quintessence International [İnternet]. 1983 [a.yer 25 Haziran 2024];14(2).
11. BURKE S, EFES BG. Diş Renklenmeleri ve Güncel Tedavileri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2022;(43):55-68.
12. Addy M, Moran J. Mechanisms of Stain Formation on Teeth, in Particular Associated with Metal Ions and Antiseptics. Adv Dent Res. Aralık 1995;9(4):450-6.
13. Mirbod SM, Ahing SI. Tobacco-associated lesions of the oral cavity: Part I. Nonmalignant lesions. Journal (Canadian Dental Association). 2000;66(5):252-6.
14. Murchison DF, Charlton DG, Moore BK. Carbamide peroxide bleaching: effects on enamel surface hardness and bonding. Operative Dentistry. 1992;17(5):181-5.

15. Newbrun E. Current Regulations and Recommendations Concerning Water Fluoridation, Fluoride Supplements, and Topical Fluoride Agents. *J Dent Res.* Mayıs 1992;71(5):1255-65.
16. Child GP, Hall WK. Alcaptonuria. *Genetics.* Ocak 1948;33(1):101.
17. Fayle SA, Pollard MA. Congenital erythropoietic porphyria—oral manifestations and dental treatment in childhood: a case report. *Quintessence International* . 1994;25(8).
18. MK Ç. Endodontide tanı ve tedaviler. *Baskı İstanbul.* 2006;57-9.
19. Watanabe K, Shibata T, Kurosawa T, Morisaki I, Kinehara M, Igarashi S, vd. Bilirubin pigmentation of human teeth caused by hyperbilirubinemia. *J Oral Pathology Medicine.* Mart 1999;28(3):128-30.
20. Sundell S, Koch G. Hereditary amelogenesis imperfecta. I. Epidemiology and clinical classification in a Swedish child population. *Swedish dental journal.* 1985;9(4):157-69.
21. Wright JT, Robinson C, Shore R. Characterization of the enamel ultrastructure and mineral content in hypoplastic amelogenesis imperfecta. *Oral Surgery, oral medicine, oral pathology.* 1991;72(5):594-601.
22. WINTER, G. B. Anomalies of tooth formation and eruption. *Paediatric dentistry,* 1997.
23. Hu JCC, Chun YHP, Al Hazzazzi T, Simmer JP. Enamel formation and amelogenesis imperfecta. *Cells Tissues Organs.* 2007;186(1):78-85.
24. Sclare R. Hereditary opalescent dentine. *British Dental Journal.* 1948;84(8):164-6.
25. Koenig MM, Taylor DT. Hereditary opalescent dentin. *ASDC J Dent Child.* 1973;40(6):461-6.
26. Shields ED. A new classification of heritable human enamel defects and a discussion of dentin defects. *Birth Defects Orig Artic Ser.* 1983;19(1):107-27.
27. Witkop CJ. Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *J Oral Pathol.* Kasım 1988;17(9-10):547-53.
28. Barron MJ, McDonnell ST, MacKie I, Dixon MJ. Hereditary dentine disorders: dentinogenesis imperfecta and dentine dysplasia. *Orphanet J Rare Dis.* 20 Kasım 2008;3(1):31.
29. Türker SB, Biskin T. The effect of bleaching agents on the microhardness of dental aesthetic restorative materials. *J of Oral Rehabilitation.* Temmuz 2002;29(7):657-61.

30. Watts AM, Addy M. Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British dental journal*. 2001;190(6).
31. Sapir S, Shapira J. Clinical solutions for developmental defects of enamel and dentin in children. *Pediatr Dent*. 2007;29(4):330-6.
32. Chiappinelli JA, Walton RE. Tooth discoloration resulting from long-term tetracycline therapy: a case report. *Quintessence International* . 1992;23(8).
33. Parkins FM, Furnish G, Bernstein M. Minocycline use discolors teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 1992;123(10):87-9.
34. Patel K, Cheshire D, Vance A. Oral and systemic effects of prolonged minocycline therapy. *British dental journal*. 1998;185(11):560-2.
35. Den Besten PK. Dental Fluorosis: Its Use as a Biomarker. *Adv Dent Res*. Haziran 1994;8(1):105-10.
36. Burt BA. The Changing Patterns of Systemic Fluoride Intake. *J Dent Res*. May1s 1992;71(5):1228-37.
37. Alvarez JA, Celiberti P, Ciamponi AL. Dental fluorosis: Exposure, prevention and management. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009;
38. Nikiforuk G, Fraser D. The etiology of enamel hypoplasia: a unifying concept. *The Journal of pediatrics*. 1981;98(6):888-93.
39. Fearn JM, Bryan EM, Elliman AM, Brook AH, Williams DM. Enamel defects in the primary dentition of children born weighing less than 2000 g. *British dental journal*. 1990;168(11):433-7.
40. Miller EK, Lee JY, Tawil PZ, Teixeira FB, Vann WF. Emerging therapies for the management of traumatized immature permanent incisors. *Pediatric dentistry*. 2012;34(1):66-9.
41. Andreasen FM. Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. *Dental Traumatology*. Şubat 1986;2(1):9-19.
42. Kielbassa AM, Wrbas KT, Gurkmann S, Schulte-Mönting J. An in situ study on the comparison of fluoride uptake and bond strength of composite resin on fluoridated enamel. *The Journal of Clinical Dentistry*. 2000;11(1):4-9.
43. ZIMMERLI, Brigitte, et al. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. *Schweizer Monatsschrift fur Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*, 2010, 120.11: 972-986.
44. KWON, So Ran. The evolution of tooth whitening. *The journal of contemporary dental practice*, 2013, 14.4: i. 45. Truman J. Bleaching of non-vital discoloured anterior teeth. *Dent Times*. 1864;1(1):69-72.

46. Abbot CH. Bleaching discolored teeth by means of 30% perhydrol and the electric light rays. J Allied Dent Soc. 1918;13:259.
47. Prinz H. Recent improvements in tooth bleaching. A clinical syllabus. Philadelphia:: SS White Dental Manufacturing Company; 1924.
48. Pearson HH. Bleaching of the discolored pulpless tooth. The Journal of the American Dental Association. 1958;56(1):64-8.
49. Spasser HF. A simple bleaching technique using sodium perborate. NY State Dent J. 1961;27:332-4.
50. Nutting EB. A new combination for bleaching teeth. J south Calif St Dent J. 1963;31:289-91.
51. Stewart GG. Bleaching Discolored Pulpless Teeth. The Journal of the American Dental Association. 01 Şubat 1965;70(2):325-8.
52. Baumgartner JC, Reid DE, Pickett AB. Human pulpal reaction to the Modified McInnes Bleaching Technique. Journal of Endodontics. 1983;9(12):527-9.
53. Vb H. Nightguard vital bleaching, a history and product update. Part 1. Esthet Dent Update. 1991;2:63-6.
54. Sulieman M, Addy M, Macdonald E, Rees JS. The bleaching depth of a 35% hydrogen peroxide based in-office product: a study in vitro. Journal of Dentistry. 2005;33(1):33-40.
55. Croll TP. Enamel microabrasion: the technique. Quintessence Int. Haziran 1989;20(6):395-400.
56. Garber DA, Goldstein RE, Goldstein GE, Schwartz CG. Dentist monitored bleaching: a combined approach. Pract Periodontics Aesthet Dent. 01 Mart 1991;3(2):22-6.
57. A.M. Sulieman M. An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. Periodontology 2000. Ekim 2008;48(1):148-69.
58. Tessier J, Rodriguez PN, Lifshitz F, Friedman SM, Lanata EJ. The use of ozone to lighten teeth: An experimental study. Acta Odontológica Latinoamericana. Eylül 2010;23(2):84-9.
59. Grundlingh AA, Grossman ES, Witcomb MJ. Tooth colour change with Ozicure Oxygen Activator : a comparative in vitro tooth bleaching study : research. South African Dental Journal. Ağustos 2012;67(7):332-7.
60. Atalayın Ç, Pamir T, Tezel H. Beyazlatma Ajanlarının Diş Yapısında Oluşturduğu Değişiklikler. 29(1):13-20.

61. DAHL, J. E.; PALLESEN, U. Tooth bleaching—a critical review of the biological aspects. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 2003, 14.4: 292-304.
62. Zantner C, Beheim-Schwarzbach N, Neumann K, Kielbassa AM. Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures. *Dental Materials*. 2007;23(2):243-50.
63. Fasanaro TS. Bleaching Teeth: History, Chemicals, and Methods Used for Common Tooth Discolorations. *J Esthet Restor Dent*. Mayıs 1992;4(3):71-8.
64. Karadaş M, Seven N. Vital dişlerde beyazlatma. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2014;24(3):126-35.
65. GOLDSTEIN, Ronald E.; GARBER, David A. Complete dental bleaching. , 1995.
66. Greenwall L. Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide. CRC Press; 2001.
67. GOLDSTEIN RE. In-office bleaching: where we came from, where we are today. *The Journal of the American Dental Association*. 1997;128:11S-15S.
68. Jones AH, Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Cobb DS. Colorimetric Assessment of Laser and Home Bleaching Techniques. *J Esthet Restor Dent*. Mart 1999;11(2):87-94.
69. Tezel H, Ertaş ÖS, Özata F, Dalgat H, Korkut ZO. Effect of bleaching agents on calcium loss from the enamel surface. *Quintessence International*. Nisan 2007;38(4):339-47.
70. Number of in-office light-activated bleaching treatments needed to achieve patient satisfaction. | *Quintessence International* | EBSCOhost [Internet]. C. 37. 2006 [a.yer 01 Temmuz 2024]. s. 115.
71. Kwon SR, Wertz PW. Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of esthetic and restorative dentistry*. 2015;27(5):240-57.
72. Ontiveros JC, Paravina RD. Color change of vital teeth exposed to bleaching performed with and without supplementary light. *Journal of dentistry*. 2009;37(11):840-7.
73. Freedman GA, McLaughlin G, Greenwall L. Power bleaching and in-office techniques. *Bleaching techniques in restorative dentistry* New York: Martin Dunitz Ltd. 2001;132-42.
74. Claiborne D, McCombs G, Lemaster M, Akman MA, Laroussi M. Low-temperature atmospheric pressure plasma enhanced tooth whitening: the next-generation technology. *International journal of dental hygiene*. 2014;12(2):108-14.
75. Haywood VB. Number of in-office light-activated bleaching treatments needed to achieve patient satisfaction. *Quintessence Int*. 2006;37:115-20.

76. Parreiras SO, Vianna P, Kossatz S, Loguercio AD, Reis A. Effects of light activated in-office bleaching on permeability, microhardness, and mineral content of enamel. *Operative dentistry*. 2014;39(5):E225-30.
77. Carey CM. Tooth Whitening: What We Now Know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 01 Haziran 2014;14:70-6.
78. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int. Mart* 1989;20(3):173-6.
79. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching: how safe is it? *Quintessence International*. Temmuz 1991;22(7):515-23.
80. Gallagher A, Maggio B, Bowman J, Borden L, Mason S, Felix H. Clinical study to compare two in-office (chairside) whitening systems. *J Clin Dent*. 01 Ocak 2002;13(6):219-24.
81. Ntovas P, Masouras K, Lagouvardos P. Efficacy of non-hydrogen peroxide mouthrinses on tooth whitening: An in vitro study. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(7):1059-65.
82. Koc Vural: Effects of charcoal-based whitening toothpaste... - Google Akademik [Internet]. [a.yer 20 Ağustos 2024].
83. Epple M, Meyer F, Enax J. A Critical Review of Modern Concepts for Teeth Whitening. *Dentistry Journal*. 01 Ağustos 2019;7(3):79.
84. Meireles SS, de Sousa JP, Lins RBE, Sampaio FC. Efficacy of whitening toothpaste containing blue covarine: A double-blind controlled randomized clinical trial. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Mart 2021;33(2):341-50.
85. Joiner A. The bleaching of teeth: A review of the literature. *Journal of Dentistry*. 01 Ağustos 2006;34(7):412-9.
86. Walsh TF, Rawlinson A, Wildgoose D, Marlow I, Haywood J, Ward JM. Clinical evaluation of the stain removing ability of a whitening dentifrice and stain controlling system. *Journal of dentistry*. 2005;33(5):413-8.
87. Lima DANL, Aguiar FHB, Liporoni PCS, Munin E, Ambrosano GMB, Lovadino JR. In vitro assessment of the effectiveness of whitening dentifrices for the removal of extrinsic tooth stains. *Brazilian oral research*. 2008;22:106-11.
88. KAYALIDERE EE, DÖRTER C. Ofis Tipi Diş Beyazlatma. *Türkiye Klinikleri Restorative Dentistry-Special Topics*. 2020;6(1):15-21.
89. Gungor AS, Örcün ME, Dönmez N. Farklı Beyazlatıcı Diş Macunlarının Minenin Renk Değişimi ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi. *NEU Dent J*. 30 Nisan 2023;5(1):25-34.
90. Ozduman ZC, Celik C. Tooth discolorations and bleaching treatments. *Yeditepe Dental Journal*. 2017;13(1):37-44.

91. Porciani PF, Grandini S, Perra C, Grandini R. Whitening effect by stain inhibition from a chewing gum with sodium hexametaphosphate in a controlled twelve-week single-blind trial. *Journal of Clinical Dentistry*. 2006;17(1):14.
92. Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. *Operative dentistry*. 2008;33(1):15-22.
93. Donly KJ, Segura A, Henson T, Barker ML, Gerlach RW. Randomized controlled trial of professional at-home tooth whitening in teenagers. *General dentistry*. 2007;55(7):669-74.
94. Wülknitz P. Cleaning power and abrasivity of European toothpastes. *Adv Dent Res*. Kasım 1997;11(4):576-9.
95. Fischman SL. The history of oral hygiene products: how far have we come in 6000 years? *Periodontol 2000*. Ekim 1997;15:7-14.
96. Jardim JJ, Alves LS, Maltz M. The history and global market of oral home-care products. *Braz oral res*. Haziran 2009;23:17-22.
97. Hashimoto K, Inai N, Tagami J. Evaluation of the light intensity of high intensity light units. *Am J Dent*. 01 Haziran 2006;19(3):143-6.
98. Haywood VB. A Comparison of At-Home and In-Office Bleaching.
99. SANO, Hiroshi, et al. Effect of a xylitol and fluoride containing toothpaste on the remineralization of human enamel in vitro. *Journal of Oral Science*, 2007, 49.1: 67-73.
100. Hossain A, Okawa S, Miyakawa O. Effect of toothbrushing on titanium surface: An approach to understanding surface properties of brushed titanium. *Dental Materials*. 01 Nisan 2006;22(4):346-52.
101. Liebenberg W. Another White Lie? *J Esthet Restor Dent*. Haziran 2006;18(3):155-60.
102. West NX, Moran JM. Home-use preventive and therapeutic oral products. *Periodontology 2000*. Ekim 2008;48(1):7-9.
103. Forward GC, James AH, Barnett P, Jackson RJ. Gum health product formulations: what is in them and why. *Periodontol 2000*. 01 Ekim 1997;15:32-9.
104. Alshara S, Lippert F, Eckert GJ, Hara AT. Effectiveness and mode of action of whitening dentifrices on enamel extrinsic stains. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):563-9.
105. COLLINS, Luisa Z.; NAEENI, Mojgan; PLATTEN, Suzanne M. Instant tooth whitening from a silica toothpaste containing blue covarine. *Journal of dentistry*, 2008, 36: 21-25.

106. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2010;38:e17-24.
107. Clarkson JJ, McLoughlin J. Role of fluoride in oral health promotion. *International Dental Journal*. Haziran 2000;50(3):119-28.
108. Sharif N, MacDonald E, Hughes J, Newcombe RG, Addy M. The chemical stain removal properties of “whitening” toothpaste products: studies in vitro. *Br Dent J*. 10 Haziran 2000;188(11):620-4.
109. HALE, Laura P., et al. Treatment with oral bromelain decreases colonic inflammation in the IL-10-deficient murine model of inflammatory bowel disease. *Clinical Immunology*, 2005, 116.2: 135-142.
110. BUSSADORI, Sandra Kalil; CASTRO, Laura Camacho; GALVÃO, Ana Claudia. Papain gel: a new chemo-mechanical caries removal agent. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 2005, 30.2: 115-119.
111. FLINDT, M. L. H. Allergy to α -amylase and papain. *The Lancet*, 1979, 313.8131: 1407-1408.
112. Desser L, Holomanova D, Zavadova E, Pavelka K, Mohr T, Herbacek I. Oral therapy with proteolytic enzymes decreases excessive TGF- β levels in human blood. *Cancer chemotherapy and pharmacology*. 2001;47:S10-5.
113. PAMIR, Tijen, et al. Aşındırıcılık değerleri farklı beyazlatıcı diş macunlarının kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertliğine etkilerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2007, 24.2: 89-95.
114. Çakmakçıoğlu Ö, Yılmaz Atali P, Topbaşı F. Clinical evaluation of whitening effect of whitening toothpastes: A pilot study. *OHDMBSC*. 01 Aralık 2009;3:6-13.
115. Greenwall LH, Greenwall-Cohen J, Wilson NH. Charcoal-containing dentifrices. *British dental journal*. 2019;226(9):697-700.
116. Brooks JK, Bashirelahi N, Hsia R ching, Reynolds MA. Charcoal-based mouthwashes: a literature review. *British dental journal*. 2020;228(4):290-4.
117. Brooks JK, Bashirelahi N, Reynolds MA. Charcoal and charcoal-based dentifrices: A literature review. *J Am Dent Assoc*. Eylül 2017;148(9):661-70.
118. Gautam D, Palkar P, Maule K, Singh S, Sawant G, Kuvalekar C, vd. Preparation, Evaluation and Comparison of Herbal toothpaste with marketed Herbal toothpaste. *Asian Journal of Pharmacy and technology*. 2020;10(3):165-9.
119. Ragain J. A Review of Color Science in Dentistry: The Process of Color Vision. *JDODT*. 10 Mart 2015;3(1):01-4.
120. GÓMEZ-POLO, Cristina, et al. Natural tooth color estimation based on age and gender. *Journal of Prosthodontics*, 2017, 26.2: 107-114. 121. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of dentistry*. 2017;67:S3-10.

122. Cho BH, Lim YK, Lee YK. Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and Shade Vision System. dental materials. 2007;23(10):1307-12.
123. 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.
124. Bilgiç O, Türker ŞB. DIŞ HEKİMLİĞİ ÖĞRENCİLERİNİN RENK ÖLÇÜM BAŞARILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2015;25(2).
125. Önal B, Recen D, Türkün L. Shade selection in restorative dentistry. Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics. 2015;1(3):21-7.
126. Mair LH. Staining of in vivo Subsurface Degradation in Dental Composites with Silver Nitrate. J Dent Res. Mart 1991;70(3):215-20.
127. Keyf F, Uzun G, Altunsoy S. Diş hekimliğinde renk seçimi. Hacettepe Diş hekimliği Fakültesi Dergisi. 2009;33.
128. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. Journal of Dentistry. 01 Ocak 2004;32:3-12.
129. Wee AG, Monaghan P, Johnston WM. Variation in color between intended matched shade and fabricated shade of dental porcelain. J Prosthet Dent. Haziran 2002;87(6):657-66.
130. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH, vd. Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. The Kaohsiung journal of medical sciences. 2012;28(9):490-4.
131. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. Dental Clinics. 2004;48(2):341-58.
132. Kahramanoğlu E, Özkan YK. Diş hekimliğinde estetik ve renk. Cumhuriyet Dental Journal. 2013;16(4):339-47.
133. Brewer JD, Wee A, Seghi R. Advances in color matching. Dent Clin North Am. Nisan 2004;48(2):v, 341-58.
134. Seghi RR, Johnston WM, O'brien WJ. Spectrophotometric analysis of color differences between porcelain systems. The Journal of prosthetic dentistry. 1986;56(1):35-40.
135. Wozniak WT, Siew ED, Lim J, McGill SL, Sabri Z, Moser JB. Color mixing in dental porcelain. Dental Materials. 1993;9(4):229-33.
136. Johnston WM, Kao EC. Assessment of Appearance Match by Visual Observation and Clinical Colorimetry. J Dent Res. Mayıs 1989;68(5):819-22.

137. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of dentistry*. 2010;38:e57-64.
138. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, vd. Color Difference Thresholds in Dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2015;27(S1):S1-9.
139. Lee YK. Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. *Dental Materials*. 2005;21(7):678-82.
140. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*. 2010;38:e2-16.
141. Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *Journal of dentistry*. 2012;40:e3-10.
142. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, He J, Qu X, vd. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence International*. 2012;43(8):649-59.
143. Olms C, Setz JM. The repeatability of digital shade measurement—a clinical study. *Clin Oral Invest*. 01 May 2013;17(4):1161-6.
144. Guerra F, Mazur M, Corridore D, Pasqualotto D, Nardi GM, Ottolenghi L. Evaluation of the esthetic properties of developmental defects of enamel: A spectrophotometric clinical study. *Scientific World Journal*. 2015;2015.
145. Elamin HO, Abubakr NH, Ibrahim YE. Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *European Journal of Dentistry*. 2015;9(2):213-7.
146. Chu SJ. Use of a reflectance spectrophotometer in evaluating shade change resulting from tooth-whitening products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2003;15(SUPPL. 1):S42-8.
147. Yuan K, Sun X, Wang F, Wang H, Chen J. In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments. *Operative Dentistry*. 2012;37(3):219-27.
148. Joiner A. Colorimetric evaluation of tooth colour. İçinde: *Colour Measurement: Principles, Advances and Industrial Applications*. 2010. s. 343-70.
149. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 01 May 1997;77(5):464-70.
150. Westland, S., et al. "Colour assessment in dentistry." *Annals of the BMVA* 4 (2007): 1.
151. Berns, R. S. "Precision and Accuracy Measurements. Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology." (2000): 97-100.

152. Johnston WM, Hesse NS, Davis BK, Seghi RR. Analysis of Edge-losses in Reflectance Measurements of Pigmented Maxillofacial Elastomer. J Dent Res. 01 Şubat 1996;75(2):752-60.
153. Hunt: Measuring Colour - Google Akademik [İnternet]. [a.yer 04 Eylül 2024].
154. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison - GUAN - 2005 - Journal of Oral Rehabilitation - Wiley Online Library [İnternet]. [a.yer 04 Eylül 2024].
155. Brook AH, Smith RN, Lath DJ. The clinical measurement of tooth colour and stain. International Dental Journal. 01 Ekim 2007;57(5):324-30.
156. Cal E, Sonugelen M, Guneri P, Kesercioglu A, Kose T. Application of a digital technique in evaluating the reliability of shade guides. Journal of Oral Rehabilitation. 2004;31(5):483-91.
157. Oral F, Biçer AZY. Dental Seramiklerde Yüzey Pürüzlülüğü. ADO Klinik Bilimler Dergisi. 2022;11(1):103-7.
158. Yanıkoğlu ND, Sakarya RE. Test methods used in the evaluation of the structure features of the restorative materials: A literature review. Journal of Materials Research and Technology. 2020;9(5):9720-34.
159. Rodriguez JM, Curtis RV, Bartlett DW. Surface roughness of impression materials and dental stones scanned by non-contacting laser profilometry. Dental materials. 2009;25(4):500-5.
160. 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. J Mater Sci: Mater Med. Ocak 2007;18(1):155-63.
161. Müller P, Andrieu S. Les surfaces solides: concepts et méthodes. EDP Sciences. 2005;10:11-2.
162. Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. Dental materials. 2006;22(2):146-65.
163. 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.
164. Dünder A, Şengün A, Başlak C, Kuş M. Effects of citric acid modified with fluoride, nano-hydroxyapatite and casein on eroded enamel. Arch Oral Biol. Eylül 2018;93:177-86.
165. Barutçugil Ç, Tayfun D, Çetin Tuncer N, Dünder A. Bacterial adhesion and surface properties of computer-aided design-computer-aided manufacturing restorative materials. J Oral Sci. 2024;66(3):157-62.

166. Bilgili D, Dündar A, Barutçugil Ç, Tayfun D, Özyurt ÖK. Surface properties and bacterial adhesion of bulk-fill composite resins. *J Dent*. Nisan 2020;95:103317.
167. İnan H, Tamam E, Bağış B. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. *Selçuk Üniv Dişhek Fak Derg*. 2008;17(3):171-6.
168. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*. 1998;42(4):613-27.
169. Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscope, laser specular reflectance, and profilometry. *The European Journal of Orthodontics*. 1998;20(1):79-92.
170. De Groot P. Interferometric laser profilometer for rough surfaces. *Optics letters*. 1991;16(6):357-9.
171. Çökük DN. Tam Seramik Sistemlerine Uygulanan Farklı Polisaj Metotlarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2009;2009(2):98-104.
172. Babina K, Polyakova M, Sokhova I, Doroshina V, Arakelyan M, Novozhilova N. The effect of finishing and polishing sequences on the surface roughness of three different nanocomposites and composite/enamel and composite/cementum interfaces. *Nanomaterials*. 2020;10(7):1339.
173. Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dental materials journal*. 2010;29(2):213-23.
174. Bollen 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. *Dent Mater*. Temmuz 1997;13(4):258-69.
175. Park JW, An JS, Lim WH, Lim BS, Ahn SJ. Microbial changes in biofilms on composite resins with different surface roughness: An in vitro study with a multispecies biofilm model. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019;122(5):493-e1.
176. Jones CS, Billington RW, Pearson GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. *British dental journal*. 2004;196(1):42-5.
177. Gadegaard N. Atomic force microscopy in biology: technology and techniques. *Biotechnic & Histochemistry*. Ocak 2006;81(2-3):87-97.
178. Çelik Ü. Sıvıda Çalışan Atomik Çözünürlüklü Yüzeye Değmeyen Atomik Kuvvet Mikroskobu. 2011 [a.yer 16 Temmuz 2024];
179. Salerno M, Giacomelli L, Derchi G, Patra N, Diaspro A. Atomic force microscopy in vitro study of surface roughness and fractal character of a dental restoration composite after air-polishing. *BioMed Eng OnLine*. 2010;9(1):59.

180. Karan S, Kircelli BH, Tasdelen B. Enamel surface roughness after debonding: comparison of two different burs. *The Angle Orthodontist*. 2010;80(6):1081-8.
181. Francis LW, Lewis PD, Wright CJ, Conlan RS. Atomic force microscopy comes of age. *Biology of the Cell*. Şubat 2010;102(2):133-43.
182. Mohammed A, Abdullah A. Scanning electron microscopy (SEM): A review. İçinde: *Proceedings of the 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics—HERVEX, Băile Govora, Romania [İnternet]*. 2018 [a.yer 16 Temmuz 2024]. s. 7-9.
183. Bansal K, Gupta S, Nikhil V, Jaiswal S, Jain A, Aggarwal N. Effect of Different Finishing and Polishing Systems on the Surface Roughness of Resin Composite and Enamel: An: In vitro: Profilometric and Scanning Electron Microscopy Study. *International Journal of Applied and Basic Medical Research*. 2019;9(3):154-8.
184. Lee J, Park HM, Kim YW. Comparative Analysis of Plaque Removal and Wear between Electric–Mechanical and Bioelectric Toothbrushes. *Bioengineering*. 2024;11(5):474.
185. Shamel M, Al-Ankily MM, Bakr MM. Influence of different types of whitening tooth pastes on the tooth color, enamel surface roughness and enamel morphology of human teeth. *F1000Research [İnternet]*. 2019 [a.yer 11 Eylül 2024];8.
186. Rahardjo A, Gracia E, Riska G, Adiatman M, Maharani DA. Potential side effects of whitening toothpaste on enamel roughness and micro hardness. *Int J Clin Prev Dent*. 2015;11(4):239-42.
187. Maden EA, Altun C, Polat GG, Basak F. The In vitro Evaluation of the effect of xyliwhite, probiotic, and the conventional toothpastes on the enamel roughness and microhardness. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. 2018;21(3):306-11.
188. de Sousa Feitosa DA, Borges BCD, Pinheiro FH de SL, Duarte RM, de Araujo RE, Braz R, vd. Impact of toothbrushing with a dentifrice containing calcium peroxide on enamel color and roughness. *General dentistry [İnternet]*. 2015 [a.yer 10 Eylül 2024]
189. Zhao X, Pan J, Malmstrom H, Ren Y. Treatment Durations and Whitening Outcomes of Different Tooth Whitening Systems. *Medicina*. Haziran 2023;59(6):1130.
190. Almejrad L, Yang CC, Morton D, Lin WS. The Effects of Beverages and Surface Treatments on the Color Stability of 3D-Printed Interim Restorations. *J Prosthodont*. Şubat 2022;31(2):165-70.
191. Dündar A, Öcal İ, Batmaz S, Barutçugil Ç, Harorlı O, Bayraktar N. Effects Of Colorant Beverages on Surface Roughness And Discoloration of Nanohybrit And Gingiva-Colored Composite. *Clinical Dentistry and Research [İnternet]*. 2019 [a.yer 27 Ekim 2024];43.

192. Paolone G, Formiga S, De Palma F, Abbruzzese L, Chirico L, Scolavino S, vd. Color stability of resin-based composites: Staining procedures with liquids—A narrative review. *J Esthet Restor Dent*. Eylül 2022;34(6):865-87.
193. Kim S, Song JS, Yoon J, Garcia-Godoy F, Park YS. Influence of coffee characteristics on tooth discoloration. *Am J Dent*. Ağustos 2024;37(4):171-6.
194. Rajkumar K, Kumar S, Mahalaxmi S, Ragavi P, Mageshwaran TA. Colour stability of resin composites after emersing in coffee of different temperature-an in vitro study. *SRM Univ J Dent Sci*. 2011;2(2):91-5.
195. Tan BL, Yap AUJ, Ma HNT, Chew J, Tan WJ. Effect of beverages on color and translucency of new tooth-colored restoratives. *Operative dentistry*. 2015;40(2):E56-65.
196. Ertas E, Gueler AU, Yucel AC, Koepruelue H, Gueler E. Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental materials journal*. 2006;25(2):371-6.
197. Ardu S, Braut V, Gutemberg D, Krejci I, Dietschi D, Feilzer AJ. A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International* [İnternet]. 2010 [a.yer 10 Eylül 2024];41(8).
198. Schmitt: Effect of the polishing procedures on color... - Google Scholar [İnternet]. [a.yer 08 Ekim 2024].
199. Guler AU, Yilmaz F, Kulunk T, Guler E, Kurt S. Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;94(2):118-24.
200. Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect of In-Office Bleaching on Color and Surface Roughness of Composite Restoratives. *Eur J Dent*. Nisan 2010;04(02):118-27.
201. Heintze SD, Forjanic M. Surface roughness of different dental materials before and after simulated toothbrushing in vitro. *OPERATIVE DENTISTRY-UNIVERSITY OF WASHINGTON*-. 2005;30(5):617.
202. Heintze Sd, Forjanic M, Ohmiti K, Rousson V. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. *Dental materials*. 2010;26(4):306-19.
203. Yazkan B, Yilmaz E, Yenidünya ÖG, Akgül N. Effects of different toothpastes on the color and whiteness of stained anterior composite resin. *J Oral Sci*. 2023;65(4):246-50.
204. Addy M, Hughes J, Pickles MJ, Joiner A, Huntington E. Development of a method *in situ* to study toothpaste abrasion of dentine: Comparison of 2 products. *J Clinic Periodontology*. Ekim 2002;29(10):896-900.
205. Demir F, Oktay EA, Karaoğlanoğlu S, Topçu FT, Bilgeç E, Aydın N. Examining the effect of in vitro toothbrushing and the effect of different whitening

- toothpaste usages on the color change of a nanofilled composite. 2021 [a.yer 11 Eylül 2024];
206. Patil P, Ankola A, Hebbal M, Patil A. Comparison of effectiveness of abrasive and enzymatic action of whitening toothpastes in removal of extrinsic stains – a clinical trial. *Int J Dental Hygiene*. Şubat 2015;13(1):25-9.
 207. Johannsen G, Tellefsen G, Johannsen A, Liljeborg A. The importance of measuring toothpaste abrasivity in both a quantitative and qualitative way. *Acta Odontol Scand*. 2013;71(3-4):508-17.
 208. Collins LZ, Naeeni M, Schäfer F, Brignoli C, Schiavi A, Roberts J, vd. The effect of a calcium carbonate/perlite toothpaste on the removal of extrinsic tooth stain in two weeks. *Int Dent J*. 2005;55(3 Suppl 1):179-82.
 209. Koertge TE, Brooks CN, Sarbin AG, Powers D, Gunsolley JC. A longitudinal comparison of tooth whitening resulting from dentifrice use. *J Clin Dent*. 1998;9(3):67-71.
 210. Ahmed H, Singh G, Amin R, Singh DK, Renugalakshmi A, Mishra D, vd. Evaluation of Stain Removal Efficacy and Color Stability of Three Different Dentifrices on Artificially Stained Enamel Surface—An In Vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 17 Şubat 2024;25(1):68-71.
 211. Flindt ML. Allergy to alpha-amylase and papain. *Lancet*. 30 Haziran 1979;1(8131):1407-8.
 212. Kalyana P, Shashidhar A, Meghashyam B, Sreevidya KR, Sweta S. Stain removal efficacy of a novel dentifrice containing papain and Bromelain extracts--an in vitro study. *Int J Dent Hyg*. Ağustos 2011;9(3):229-33.
 213. Bussadori SK, Castro LC, Galvão AC. Papain gel: a new chemo-mechanical caries removal agent. *J Clin Pediatr Dent*. 2005;30(2):115-9.
 214. Kleber CJ, Putt MS, Nelson BJ. In vitro tooth whitening by a sodium bicarbonate/peroxide dentifrice. *The Journal of clinical dentistry*. 1998;9(1):16-21.
 215. Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA. A randomized clinical trial comparing a novel 5.3% hydrogen peroxide whitening strip to 10%, 15%, and 20% carbamide peroxide tray-based bleaching systems. *Compendium of continuing education in dentistry(Jamesburg, NJ: 1995) Supplement*. 2000;(29):S22-8.
 216. Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. Objective and subjective whitening response of two self-directed bleaching systems. *American Journal of Dentistry*. 2002;15:7A-12A.
 217. Bergesch V, Baggio Aguiar FH, Turssi CP, Gomes França FM, Basting RT, Botelho Amaral FL. Shade changing effectiveness of plasdone and blue covarine-based whitening toothpaste on teeth stained with chlorhexidine and black tea. *Eur J Dent*. Ekim 2017;11(04):432-7.

218. Tao D, Smith RN, Zhang Q, Sun JN, Philpotts CJ, Ricketts SR, vd. Tooth whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes. *Journal of dentistry*. 2017;67:S20-4.
219. Torres CRG, Perote L, Gutierrez NC, Pucci CR, Borges AB. Efficacy of mouth rinses and toothpaste on tooth whitening. *Operative dentistry*. 2013;38(1):57-62.
220. Horn BA, Bittencourt BF, Gomes OMM, Farhat PA. Clinical evaluation of the whitening effect of over-the-counter dentifrices on vital teeth. *Brazilian dental journal*. 2014;25:203-6.
221. Alpan AL, Özdede M. Investigation of the effects of whitening toothpastes on enamel and cementum surfaces. *Journal of Stomatology*. 2020;73(2):55-64.
222. Palandi SDS, Kury M, Picolo MZD, Coelho CSS, Cavalli V. Effects of activated charcoal powder combined with toothpastes on enamel color change and surface properties. *J Esthet Restor Dent*. Aralık 2020;32(8):783-90.
223. Jamwal N, Rao A, Mc GS, K RS, Bh MP, Jodalli P, vd. Effect of whitening toothpastes on the surface roughness and microhardness of human teeth—an in vitro study. *Clin Oral Invest*. 15 Kasım 2023;27(12):7889-97.
224. Koc Vural U, Bagdatli Z, Yilmaz AE, Yalçın Çakır F, Altundaşar E, Gurgan S. Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: an in vitro study. *Clin Oral Invest*. Ekim 2021;25(10):5977-85.
225. de Moraes Rego Roselino L, Tirapelli C, de Carvalho Panzeri Pires-de-Souza F. Randomized clinical study of alterations in the color and surface roughness of dental enamel brushed with whitening toothpaste. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(5):383-9.
226. Kj A. Phillips' science of dental materials. St Louis: WB Saunders. 2003;596:41-3.
227. Güler E, Gönülol N, Yücel AÇ, Yılmaz F, Ersöz E. Farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezinlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2013;23(1):24-9.
228. Ruiz-López J, Pulgar R, Lucena C, Pelaez-Cruz P, Cardona JC, Perez MM, vd. Impact of short-term dental dehydration on in-vivo dental color and whiteness. *Journal of Dentistry*. 2021;105:103560.
229. Suliman S, Sulaiman TA, Olafsson VG, Delgado AJ, Donovan TE, Heymann HO. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. *J Esthet Restor Dent*. Mart 2019;31(2):118-23.
230. Hatırlı H, Karaarslan EŞ, Yaşa B, Kılıç E, Yaylacı A. Clinical effects of dehydration on tooth color: How much and how long? *J Esthet Restor Dent*. Mart 2021;33(2):364-70.

231. Marufu C, Kisumbi BK, Osiro OA, Otieno FO. Effect of finishing protocols and staining solutions on color stability of dental resin composites. *Clinical & Exp Dental Res*. Nisan 2022;8(2):561-70.
232. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Weyhrauch M, Schmidtman I, Wentaschek S, vd. Are dental color measuring devices CIE compliant? *European Journal of Esthetic Dentistry* [Internet]. 2012 [a.yer 10 Eylül 2024];7(3).
233. Llena C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *The journal of contemporary dental practice*. 2011;12(1):19-23.
234. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of dentistry*. 2010;38:e65-70.
235. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(3):193-9.
236. Herrera LJ, Pulgar R, Santana J, Cardona JC, Guillén A, Rojas I, vd. Prediction of color change after tooth bleaching using fuzzy logic for Vita Classical shades identification. *Applied Optics*. 2010;49(3):422-9.
237. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-74.
238. Cavalli V, Arrais CAG, Giannini M, Ambrosano GMB. High-concentrated carbamide peroxide bleaching agents effects on enamel surface. *J of Oral Rehabilitation*. Şubat 2004;31(2):155-9.
239. Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2013;20:113-25.
240. Cehreli ZC, Lakshmipathy M, Yazici R. Effect of different splint removal techniques on the surface roughness of human enamel: a three-dimensional optical profilometry analysis. *Dental Traumatology*. Nisan 2008;24(2):177-82.
241. Sasahara RMC, Ribeiro F da C, Cesar PF, Yoshimura HN. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Operative dentistry*. 2006;31(5):577-83.